



الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
المعهد العالي لإدارة الأعمال

نظرية القرارات

DECISION THEORY

الأستاذ الدكتور طلال عبّود

أستاذ الأساليب العلمية في الإدارة لدى المعهد العالي لإدارة الأعمال

منشورات المعهد العالي لإدارة الأعمال - ٢٠١٧

ما قبل البدء ...

لماذا هذا الكتاب؟

هنالك عدة إجابات ممكنة يأتي في مقدمتها عدم توفر -على حد علمنا- كتاب مرجعي باللغة العربية يُعالج الأساليب العلمية الحديثة المساعدة على صناعة القرارات، ومن جهة أخرى، لاحظنا أن معالجة أساليب اتخاذ القرارات تتم إما بأدوات رياضية وإحصائية بحتة، أو بشكل وصفي في مجال العلوم الاجتماعية، وهدفنا من هذا الكتاب هو محاولة الدمج بين الأسلوبين، مع إسقاطات مباشرة على إدارة التنظيمات من خلال الأمثلة والحالات العملية، ومن خلال تبسيط المفاهيم والأدوات الرياضية دون أن تفقد قيمتها العلمية.

من المبررات المهمة أيضاً لإنجاز هذا الكتاب، هو أن الواقع الفعلي في التنظيمات هو متعدد المعايير، فلماذا نختزل هذا الواقع في معيار واحد على غرار البرمجة الرياضية؛ بالتأكيد هناك جاذبية خاصة للنماذج الرياضية، لكن الجهل بأساليب أخرى يؤدي إلى إفقار التفكير الإداري وإلى شيء من القمع الذاتي، والتفوق على ما نملكه، أو ما ندعي معرفته فقط دون البحث عن أدوات جديدة، أو استكشاف نماذج أخرى على مبدأ إن الإنسان عدو ما يجهل؛ في جميع الأحوال، لا يمكننا تجاهل أن القرارات ليست إلا حلولاً توافقية بين وجهات نظر عديدة، وكلما رغبتنا في التطور والتقدم كلما واجهنا حالات أكثر فأكثر تعقيداً تُعبر عن تعقيد الواقع الفعلي، أي كلما حاولنا الاقتراب من الواقع كلما زادت الحاجة إلى أدوات أكثر تعقيداً، فبساطة الأدوات غالباً ما تؤدي إلى حلول بسيطة.

وبحسب تصورنا لهذا الكتاب، نأمل أن يكون عوناً حقيقياً في دراسة، وتحليل القرارات سواء على مستوى المفاهيم وتركيزها، أو على مستوى الأدوات والطرق المعروضة دون تعقيدات الرياضية، أو حتى على مستوى الأمثلة والحالات العملية التوضيحية.

لمن موجه هذا الكتاب؟

يُعتبر هذا الكتاب مرجعاً لكافة المهتمين بعملية صنع القرارات سواء على الصعيد الشخصي، أو على صعيد التنظيمات الإنتاجية والخدمية؛ لذلك يمكن النظر على أنه:

- ✓ مرجع للطالب للتعلم والتدرب على استخدام الأساليب العلمية.
- ✓ مرجع لمدرسي الاختصاصات الإدارية وعلى وجه الخصوص مدرسي الأساليب الكمية.
- ✓ مُعين لمديري الشركات والمؤسسات العامة والخاصة، وجميع الوحدات التنظيمية.
- ✓ دليل عمل مستشاري الوزراء والمديرين.
- ✓ ويفتح مجالات جديدة للباحثين في مجال العلوم الإدارية والتطبيقات الرياضية.

قد يبدو تقنياً بالنسبة للبعض، ووصفياً للبعض الآخر، لكن أردنا أن تكون نماذج صناعة القرارات المعروضة واضحة قدر الإمكان عند التطبيق، لذلك يمكن أن تختلف باختلاف اهتمام القارئ ومجالات عمله، فمثلاً بالنسبة للمدرس والمستشار يمكن أن تكون قراءة منهجية حسب تسلسل الفصول، وبالنسبة للمديرين يمكنهم تجاوز التعقيدات الرياضية، لكن يُنصح بالتركيز على المفاهيم وفرضيات وحدود النماذج المعروضة، والتمكن من قراءة وتفسير نتائج النماذج.

وبالنسبة للطلبة، عليهم قراءة واستيعاب قيود النماذج، ومتطلبات تطبيقها، وفهم النتائج وتبريرها، إضافة إلى محاولة حلّ الأمثلة التوضيحية، والتمارين بشكل مستقل ومقارنتها مع الحلول المطروحة في الكتاب.

إلى شهداء الجيش العربي السوري ...

إلى الروح التي حانقت روعي ...

إلى القلب الذي سكب أسرارَه في قلبي ...

إلى اليد التي أوقدت شعله مواطني ...

أرفع هذا الكتاب ..

"الأرواح المتمردة"، جبران خليل جبران

شكر وتقدير

لا بد من شكر كل من ساعد في إنجاز هذا الكتاب ... في مقدمتهم طلاب المعهد العالي لإدارة الأعمال HIBA عبر أفكارهم ومناقشاتهم الخلاقة خلال المحاضرات والتي سلطت الضوء على العديد من القضايا العملية مما سمح بتحسين عرض بعض أفكار الكتاب، والشكر أيضاً للزملاء الذين قاموا بمراجعة جديّة لفصول الكتاب ...

مخطط المحتويات

٢	..... ما قبل البدء
٤	..... شكر وتقدير
٥	..... مخطط المحتويات
١٣	..... قائمة الجداول
١٦	..... قائمة الأشكال
٢٠	..... الأساليب العلمية المساعدة على صناعة القرارات
٢٣	..... الفصل الأول: القرارات متعددة المعايير
٢٥	..... ١-١ التحليل متعدد المعايير للقرارات
٢٥	..... ١-١-١ ما هو المقصود بخيار أو قرار متعدد المعايير؟
٢٧	..... ٢-١-١ مثال توضيحي
٣١	..... ٢-١ القليل من التاريخ
٣١	..... ١-٢-١ ما قبل الحرب العالمية الثانية
٣٣	..... ٢-٢-١ ما بعد الحرب العالمية الثانية
٣٦	..... ٣-١ الكثير من الإشكاليات
٣٧	..... ١-٣-١ هل فكرت يوماً كيف تُفكر؟
٣٨	..... ٢-٣-١ تصور مختلف لنفس الحقيقة
٣٨	..... ٣-٣-١ تمثيل المشكلة
٣٩	..... ٤-٣-١ المشكلة في الطريقة
٤١	..... ٥-٣-١ درجة تعقيد مشكلة القرار
٤٢	..... ٦-٣-١ مشكلة منطقية (Condorcet ١٧٨٥)
٤٣	..... ٧-٣-١ القيمة المتوقعة للربح
٤٤	..... ٤-١ المشكلة <i>The Problem</i>
٤٤	..... ١-٤-١ مفهوم المشكلة <i>Problem Concept</i>
٤٦	..... ٢-٤-١ تمييز المشكلة <i>Problem Identification</i>
٤٧	..... ٣-٤-١ دورة حياة المشكلة <i>Problem Life Cycle</i>
٤٨	..... ٥-١ تقدير المخاطر <i>Risk Evaluation</i>
٥٢	..... اختبارات وأسئلة الفصل الأول <i>Tests</i>
٥٥	..... ملحق: القرار الإداري <i>Administrative Decision</i>
٥٧	..... الفصل الثاني: نظام القرارات في المؤسسة

٥٩	١-٢ المسلمات <i>Assymptions</i>
٥٩	١-٢-١ الحقيقة من الدرجة الأولى
٦٠	٢-١-٢ كل قرار هو من صنع متخذ القرار
٦٠	٢-١-٣ مسلمة الأمثلية
٦١	٢-٢ المساعدة على اتخاذ القرار <i>Decision Aid</i>
٦١	٢-٢-١ مفهوم المساعدة على اتخاذ القرار
٦٣	٢-٢-٢ المساعدة والحيادية <i>Neutrality</i>
٦٣	٢-٢-٣ المساعدة والموضوعية <i>Objectivity</i>
٦٤	٢-٣ إشكالية النظم <i>System Problematic</i>
٦٦	٢-٣-١ مفهوم المنظومة <i>System Concept</i>
٦٨	٢-٣-٢ العلاقة بين نظم المعلومات ونظم القرارات
٧٠	٢-٤ النمذجة والواقع <i>Modeling & Reality</i>
٧٠	٢-٤-١ مفهوم النموذج <i>Model Concepts</i>
٧٣	٢-٤-٢ تصنيف النماذج حسب الشكل
٧٥	٢-٥ العقلانية المحدودة ونموذج <i>Simon</i>
٧٥	٢-٥-١ مبدأ العقلانية المحدودة <i>Bounded Rationality</i>
٧٧	٢-٥-٢ نموذج حال المسائل العام <i>GPS</i>
٨٠	اختبارات وأسئلة الفصل الثاني <i>Tests</i>
٨٣	ملحق: القرارات الاستراتيجية <i>Strategic Decision</i>
٨٧	الفصل الثالث: عملية صناعة القرار
٨٩	٣-١ عملية صناعة القرار
٨٩	٣-١-١ سيرورة القرار <i>Decision Process</i>
٩٠	٣-١-٢ مراحل عملية صناعة القرار
٩٣	٣-٢ مسألة القرار <i>Decision Problem</i>
٩٦	٣-٣ البدائل <i>Alternatives</i>
٩٦	٣-٣-١ الفعل أو البديل <i>Action, Alternative</i>
٩٧	٣-٣-٢ مجموعة البدائل الكامنة
٩٩	٣-٤ المعايير <i>Criteria</i>
٩٩	٣-٤-١ النتائج الممكنة
١٠٠	٣-٤-٢ المقياس وأبعاد التفضيل
١٠٢	٣-٤-٣ تقييم البديل <i>Alternative Performance</i>
١٠٥	٣-٥ الأهمية النسبية للمعايير
١٠٥	٣-٥-١ طرق الإسناد المباشر
١٠٥	٣-٥-٢ طرق مقارنة المعايير
١٠٧	٣-٥-٣ طرق مقارنة البدائل
١٠٨	اختبارات وأسئلة الفصل الثالث <i>Tests</i>
١١٢	ملحق: ملخص دليل وزارة الطاقة الأمريكية لاتخاذ قرارات التعاقد لديها

١١٥	الفصل الرابع: نمذجة التفضيلات والبحث عن الحل
١١٧	٤-١ نمذجة التفضيلات الإجمالية
١١٧	٤-١-١ مفاهيم أساسية
١١٩	٤-١-٢ علاقات التفضيل الأساسية
١٢٢	٤-٢ أهم نماذج التفضيل المتعارف عليها
١٢٢	٤-٢-١ نموذج تفضيلات من علاقة واحدة
١٢٣	٤-٢-٢ نموذج تفضيل من علاقتين
١٢٤	٤-٣ تصنيف مشكلات القرار أو إشكاليات القرار
١٢٤	٤-٣-١ إشكالية الاختيار <i>Choice Problem</i>
١٢٥	٤-٣-٢ إشكالية التصنيف <i>Classification Problem</i>
١٢٧	٤-٣-٣ إشكالية الترتيب <i>Ranking Problem</i>
١٢٩	٤-٣-٤ اختيار الإشكالية
١٣٠	٤-٤ فئات نماذج البحث عن الحل
١٣٠	٤-٤-١ نماذج وحيدة المعيار <i>Mono-criterion Models</i>
١٣١	٤-٤-٢ نماذج متعددة المعايير <i>Multiple Criteria Models</i>
١٣٢	٤-٤-٣ نظم دعم القرار <i>Decision Support Systems</i>
١٣٣	اختبارات وأسئلة الفصل الرابع <i>Tests</i>
١٣٨	الفصل الخامس: نماذج بحوث العمليات
١٤٠	٥-١ مدخل إلى بحوث العمليات
١٤٨	٥-٢ مسألة التاويج <i>Optimization Problem</i>
١٥١	٥-٣ البرمجة الخطية (حالة تعليمية)
١٥١	٥-٣-١ نص ونموذج المشكلة
١٥٣	٥-٣-٢ الدراسة الاقتصادية
١٥٥	٥-٣-٣ الدراسة البيانية
١٥٨	٥-٣-٤ الحل الجبري
١٦١	٥-٤ خوارزمية <i>Simplex</i> لحل برنامج خطي
١٦١	٥-٤-١ شرح الخوارزمية
١٦٦	٥-٤-٢ تمرين على خوارزمية <i>Simplex</i>
١٦٧	٥-٤-٣ ملاحظات حول استخدام خوارزمية <i>Simplex</i>
١٧٠	٥-٥ مسألة الترتيب باستخدام <i>PERT</i>
١٧٠	٥-٥-١ مفاهيم المخطط الشبكي والمسار الحرج
١٧٥	٥-٥-٢ خوارزمية <i>Ford</i> للبحث عن المسار الحرج
١٧٩	اختبارات وأسئلة الفصل الخامس <i>Tests</i>
١٨٧	الفصل السادس: النماذج البسيطة في صناعة القرارات
١٨٩	٦-١ نموذج الأرجحية <i>Equal Likelihood</i>

١٩١	٢-٦ النموذج التشاؤمي <i>MaxiMin</i>
١٩٢	٣-٦ النموذج التفاؤلي <i>MaxiMax</i>
١٩٣	٤-٦ نموذج تجنب الندم على الفرص الضائعة <i>MiniMax</i>
١٩٥	٥-٦ نموذج تحليل الحسنات والمساوئ <i>Pros & Cons</i>
١٩٧	٦-٦ نموذج القاموس <i>Lexicographic</i>
١٩٨	٧-٦ نماذج الحذف والإضافة <i>Conjunctive & Disjunctive</i>
٢٠٠	٨-٦ نماذج القيمة المتوقعة <i>Expected Value</i>
٢٠٠	٨-٦-١ نموذج الربح المتوقع الأكبر.....
٢٠١	٨-٦-٢ القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة <i>EVPI</i>
٢٠٣	٩-٦ تطبيقات.....
٢٠٣	٩-٦-١ مقارنة النماذج.....
٢٠٥	٩-٦-٢ حجر النرد والقيمة المتوقعة.....
٢٠٨	١٠-٦ إجرائية التحليل الهرمي <i>AHP</i>
٢١١	١١-٦ النماذج المالية في المفاضلة بين الاستثمارات.....
٢١٤	١١-٦-١ القيمة الحالية الصافية <i>NPV</i>
٢١٩	١١-٦-٢ معيار العائد على الاستثمار <i>ROI</i>
٢٢٠	١١-٦-٣ معيار مدة استرداد رأس المال <i>PBP</i>
٢٢١	١١-٦-٤ ملاحظات على المعايير المالية في اختيار الاستثمارات.....
٢٢٣	اختبارات وأسئلة الفصل السادس <i>Tests</i>
٢٢٨	الفصل السابع: شجرات القرار.....
٢٣٠	٧-١ مفاهيم شجرة القرار.....
٢٣٠	٧-١-١ تعريف وبناء شجرة القرار.....
٢٣٣	٧-١-٢ حل الشجرة.....
٢٣٥	٧-٢ الاحتمالات الشرطية ونظرية بايز.....
٢٣٨	٧-٣ حالة عملية: امتياز ماركة عالمية.....
٢٣٨	٧-٣-١ الحالة البسيطة.....
٢٤٠	٧-٣-٢ أثر المعلومات الجديدة ومراجعة الاحتمالات.....
٢٤٤	٧-٣-٣ حساب ثمن المعلومة.....
٢٤٤	٧-٤ بعض النصائح لتطبيق شجرة القرار.....
٢٤٧	اختبارات وأسئلة الفصل السابع <i>Tests</i>
٢٥٢	الفصل الثامن: نظرية المنفعة.....
٢٥٤	٨-١ طبيعة المشكلة التي تعالجها نظرية المنفعة.....

٢٥٥	٢-٨ الفرضيات الأساسية لنظرية المنفعة <i>Assymptions</i>
٢٥٥	١-٢-٨ الفرضية الأولى: الوضوح التام
٢٥٦	٢-٢-٨ الفرضية الثانية: التعدي
٢٥٧	٣-٢-٨ الفرضية الثالثة: الاستمرارية
٢٥٨	٤-٢-٨ الفرضية الرابعة: الاستقلال والإبدال
٢٦٠	٣-٨ تابع المنفعة <i>Utility Function</i>
٢٦٠	١-٣-٨ طريقة بناء التابع
٢٦٣	٢-٣-٨ أشكال تابع المنفعة والمنفعة الهامشية
٢٦٦	٣-٣-٨ أهمية وتطبيقات تابع المنفعة
٢٦٧	٤-٨ حالة عملية: اختيار موقع مفاعل نووي لتوليد الطاقة
٢٦٧	١-٤-٨ الدراسة الأولية
٢٦٨	٢-٤-٨ تحديد الأبعاد والمعايير
٢٧٠	٣-٤-٨ تقييم المواقع وفق الأبعاد
٢٧٢	٤-٤-٨ توابع المنفعة
٢٧٥	٥-٤-٨ حساب أوزان المعايير وثابت التابع
٢٧٧	٦-٤-٨ التقييم الإجمالي واختيار الموقع
٢٧٩	اختبارات وأسئلة الفصل الثامن <i>Tests</i>
٢٨٤	الفصل التاسع: انتقادات الطرق وحيدة المعيار
٢٨٦	١-٩ حول التجميع بتابع عددي وحيد
٢٨٧	٢-٩ حول مقياس التفضيل وأوزان المعايير
٢٩١	٣-٩ حول مقارنة تفضيلات متخذ القرار
٢٩٢	٤-٩ حول ظاهرة التعدي
٢٩٣	٥-٩ حول دقة المعلومات
٢٩٧	٦-٩ بعض التناقضات في النماذج وحيدة المعيار
٢٩٧	١-٦-٩ نموذج الجمع المثقل
٢٩٨	٢-٦-٩ تغير الترتيب <i>Rank Reversal</i> في <i>AHP</i>
٢٩٨	٣-٦-٩ تناقض ألي <i>Allais Paradox</i>
٣٠٠	٤-٦-٩ تناقض إلسبرغ <i>Ellsberg Paradox</i>
٣٠١	٥-٦-٩ تناقض سانت بترسبرغ <i>St. Petersburg Paradox</i>
٣٠٢	٧-٩ بعض النصائح لاختيار النموذج المناسب
٣٠٥	الفصل العاشر: الأساليب الإحصائية المساعدة في صناعة القرارات
٣٠٧	١-١٠-١-١٠ عموميات
٣٠٧	١-١-١٠ الإحصاء والاحتمالات
٣٠٩	٢-١-١٠ النهج الإحصائي <i>Statistical Approach</i>
٣١٠	٣-١-١٠ صعوبات التحليل الإحصائي

٣١١	٢-١٠	تذكير بالاحتمالات	<i>Probability Concepts</i>
٣١٢	١-٢-١٠	الفضاء الاحتمالي	<i>Probabilistic Space</i>
٣١٤	٢-٢-١٠	الاحتمالات الشرطية والاستقلال	
٣١٥	٣-٢-١٠	القوانين الاحتمالية	
٣٢٠	٤-٢-١٠	دراسة زوج من المتغيرات العشوائية	
٣٢٢	٣-١٠	توصيف البيانات	<i>Data Description</i>
٣٢٣	١-٣-١٠	التمثيل البياني	<i>Graphical Representation</i>
٣٢٤	٢-٣-١٠	التلخيص العددي للبيانات	
٣٢٥	٣-٣-١٠	توصيف ثنائي البعد للبيانات العددية	
٣٣٤	٤-١٠	الاستنتاج الإحصائي	<i>Statistical Inference</i>
٣٣٥	١-٤-١٠	الاعتيان	<i>Sampling</i>
٣٣٦	٢-٤-١٠	مسألة تقدير المعدل	<i>Proportion Estimation</i>
٣٣٩	٣-٤-١٠	تقدير المتوسط	<i>Mean Estimation</i>
٣٤٠	٤-٤-١٠	أشهر مقدرات متغيرات النزعة المركزية	
٣٤٤	٥-١٠	الاختبارات الإحصائية	<i>Statistical Tests</i>
٣٤٤	١-٥-١٠	مثال أولي: طريقة جديدة لزيادة الهطولات المطرية	
٣٤٦	٢-٥-١٠	مفاهيم الاختبار الإحصائي	
٣٥٠	٣-٥-١٠	مسألة اختبار معتلين	<i>Test of Two Proportions</i>
٣٥٤	٤-٥-١٠	مسألة اختبار متوسطين	<i>Means Tests</i>
٣٥٦	٥-٥-١٠	مسألة مقارنة توزيعين	<i>Two Distributions</i>
٣٥٩	٦-٥-١٠	الاختبارات الإحصائية الأكثر انتشاراً	
٣٦٢		اختبارات وأسئلة الفصل العاشر	<i>Tests</i>
٣٦٩		الفصل الحادي عشر: نماذج متعددة المعايير	
٣٧١	١-١١	مقدمة	
٣٧٢	٢-١١	أمثلية باريتو	<i>Pareto Optimum</i>
٣٧٤	٣-١١	نماذج التعداد أو النماذج الانتخابية	
٣٧٤	١-٣-١١	الطريقة البسيطة بتعداد الأصوات	
٣٧٦	٢-٣-١١	طريقة النقاط	<i>Borda</i>
٣٧٧	٣-٣-١١	طريقة الأغلبية البسيطة	<i>Condorcet</i>
٣٧٨	٤-٣-١١	طريقة الموافقة والمعارضة	<i>Copeland</i>
٣٧٩	٤-١١	علاقة الأولوية	<i>Outranking Relation</i>
٣٨٢	٥-١١	عتبات التفضيل	<i>Preference Thresholds</i>
٣٨٤	٦-١١	التوافق والمعارضة	<i>Concordance & Discordance</i>

٣٨٨	٧-١١ طريقة <i>ELECTRE III</i>
٣٨٩	١-٧-١١ مؤشر التوافق
٣٩٠	٢-٧-١١ مؤشر المعارضة والفيثو
٣٩٠	٣-٧-١١ تعريف مؤشر المصادقية
٣٩١	٨-١١ تطبيق على النماذج متعددة المعايير
٣٩١	١-٨-١١ طريقة <i>ELECTRE III</i>
٣٩٥	٢-٨-١١ طريقة النقاط <i>Borda</i>
٣٩٦	٣-٨-١١ طريقة الأغلبية البسيطة <i>Condorcet</i>
٣٩٦	٤-٨-١١ طريقة الموافقة والمعارضة <i>Copeland</i>
٣٩٧	٥-٨-١١ مقارنة نتائج بعض النماذج
٣٩٩	اختبارات وأسئلة الفصل الحادي عشر <i>Tests</i>
٤٠٥	الفصل الثاني عشر: نظم دعم القرار
٤٠٧	١-١٢ مفاهيم نظم دعم القرار <i>DSS Concepts</i>
٤٠٧	١-١-١٢ كيف يمكن تقديم المساعدة؟
٤١٠	٢-١-١٢ تعريف <i>DSS</i>
٤١١	٣-١-١٢ نكاه الأعمال <i>Business Intelligence</i>
٤١٢	٤-١-١٢ إشكالية نظم دعم القرار <i>DSS problematic</i>
٤١٥	٥-١-١٢ خصائص وفوائد <i>DSS</i>
٤١٦	٢-١٢ عملية صناعة القرار و <i>DSS</i>
٤١٧	١-٢-١٢ مستويات المساعدة حسب صعوبة المشكلة
٤١٩	٢-٢-١٢ تصنيف <i>DSS</i>
٤٢٠	٣-١٢ مكونات نظم دعم القرار <i>DSS Components</i>
٤٢١	١-٣-١٢ قاعدة البيانات <i>Datat Base</i>
٤٢٢	٢-٣-١٢ قاعدة النماذج <i>Models Base</i>
٤٢٤	٣-٣-١٢ واجهة التخاطب <i>User Interface</i>
٤٢٥	٤-١٢ نظم الدعم التنفيذية <i>EIS</i>
٤٢٨	٥-١٢ نظم دعم القرار الجماعية <i>GDSS</i>
٤٣١	٦-١٢ التطبيقات والصعوبات
٤٣١	١-٦-١٢ تطبيقات وأمثلة
٤٣٣	٢-٦-١٢ صعوبات تطبيق نظم دعم القرار
٤٣٦	اختبارات وأسئلة الفصل الثاني عشر <i>Tests</i>
٤٤٠	الفصل الثالث عشر: مدخل إلى نظرية الألعاب
٤٤٢	١-١٣ مفاهيم أساسية <i>Basic Concepts</i>
٤٤٣	١-١-١٣ تعاريف
٤٤٥	٢-١-١٣ أمثلة توضيحية
٤٤٨	٣-١-١٣ تصنيف الألعاب

٤٥٠	٢-١٣ توازن ناش <i>Nash Equilibrium</i>
٤٥٠	١-٢-١٣ ما المقصود بتوازن ناش؟
٤٥٢	٢-٢-١٣ تابع الرد الأفضل <i>Best Response Function</i>
٤٥٦	٣-٢-١٣ الاستراتيجيات المهيمنة <i>Domoinated Startegies</i>
٤٥٧	٤-٢-١٣ نموذج لعبة كورنو <i>Cournot</i>
٤٦١	٥-٢-١٣ نموذج لعبة بيرتراند <i>Bertrand</i>
٤٦٤	٣-١٣ الاستراتيجية المختلطة <i>Mixed Strategy</i>
٤٦٤	١-٣-١٣ ما هو المقصود باستراتيجية مختلطة؟
٤٦٦	٢-٣-١٣ توازن ناش في الاستراتيجية المختلطة
٤٦٩	٤-١٣ الألعاب الموسعة بمعلومات كاملة
٤٦٩	١-٤-١٣ تمثيل اللعبة الموسعة بمعلومات كاملة
٤٧١	٢-٤-١٣ التوازن التام في لعبة جزئية
٤٧٣	٣-٤-١٣ مثال: لعبة الدخول-الخروج <i>Entry-Exit Game</i>
٤٧٥	٤-٤-١٣ مثال: نموذج لعبة <i>Stackelberg</i>
٤٧٧	٥-١٣ تطبيقات نظرية الألعاب والصعوبات
٤٨٠	اختبارات وأسئلة الفصل الثالث عشر <i>Tests</i>
٤٨٥	المراجع <i>References</i>
٤٨٥	المراجع باللغة العربية
٤٨٩	المراجع باللغة الأجنبية
٤٩٧	مواقع إلكترونية ودوريات علمية
٥٠٠	الملاحق <i>Annexes</i>
٥٠٠	[A] ملحق رياضي
٥٠٧	[B] ملحق المصطلحات
٥١٠	[C] : ملحق أجوبة أسئلة صح/خطأ والخيارات المتعددة

قائمة الجداول

رقم	عنوان الجدول
١-١	جدول أداء المشاريع المقترحة وفق المعايير
٢-١	جدول الأداء الكمي للمشاريع المقترحة
٣-١	جدول أداء المشاريع المتنافسة حسب أمثلية Pareto
٤-١	مشكلة الطريقة. ترتيب المرشحين
٥-١	مثال عن تناقض Condorcet
١-٢	أمثلة عن بعض المنظومات
١-٣	مثال، جدول تقييم الطلبة في المقررات
٢-٣	بعض الخصائص (النتائج الأولية) للخطة الإعلانية
١-٤	مثال، تقييم السيارات المتوفرة وفق المعايير
٢-٤	علاقات التفضيل الأربع الأساسية للمقارنة بين بديلين
١-٥	مثال، جدول التمويل
٢-٥	تمثيل المخطط الشبكي جبرياً
٣-٥	ترتيب المخطط الشبكي تنازلياً وتصاعدياً
٤-٥	جدول نهائي بمدد المهام والمسار الحرج (باللون الأحمر الغامق)
١-٦	تطبيق نموذج الأرجحية
٢-٦	نقطة الضعف الجوهرية في نموذج الأرجحية
٣-٦	تطبيق النموذج التثاؤمي
٤-٦	نقطة الضعف الجوهرية في النموذج التثاؤمي
٥-٦	تطبيق النموذج النفاولي
٦-٦	نقطة الضعف الجوهرية في النموذج النفاولي
٧-٦	تطبيق نموذج تجنب الندم على الفرص الضائعة
٨-٦	جدول تقييم السيارات لتطبيق تحليل الحسنات والمساوئ
٩-٦	جدول الحسنات والمساوئ لكل سيارة
١٠-٦	جدول تقييم السيارات لتطبيق النموذج القاموسي
١١-٦	تطبيق نموذج القيمة المتوقعة
١٢-٦	مثال، مقارنة النماذج
١٣-٦	مثال، مقارنة النماذج: الفرص الضائعة
١٤-٦	مثال، مقارنة النماذج: النتائج
١٥-٦	تطبيق حجر النرد، حجر واحد
١٦-٦	تطبيق حجر النرد، ظهور جميع الأرقام

تطبيق حجر النرد، ظهور عدد من الكرات	١٧-٦
مثال، طريقة AHP (١)	١٨-٦
مثال، طريقة AHP (٢)	١٩-٦
مثال، طريقة AHP (٣)	٢٠-٦
مثال، طريقة AHP (٤)	٢١-٦
مثال، طريقة AHP النتائج	٢٢-٦
مفهوم معدل التراكم المالي	٢٣-٦
مثال، معيار استرداد رأس المال	٢٤-٦
المتوسط المنقل للعلامات ومنفعتها	١-٨
حالة عملية، تقييم البدائل وفق المعايير	٢-٨
تقديرات المنفعة للمواقع المرشحة وفق كل من المعايير	٣-٨
حالة عملية، الترتيب النهائي للمواقع	٤-٨
أوزان المعايير = معدلات التعويض	١-٩
تأثير تغيير وحدات القياس	٢-٩
التعويض في الجمع المنقل	٣-٩
مثال، توزيعات اختصاص الطلبة حسب الفئة الاجتماعية	١-١٠
حالات اختبار فرضية	٢-١٠
مثال اختبار معدلين	٣-١٠
مثال تمهيدي، نماذج متعددة المعايير	١-١١
مثال، ترتيب المرشحين للناخبين	٢-١١
تعريف حالات التفضيل الأربعة استناداً إلى علاقة الأولوية	٣-١١
بيانات المثال التمهيدي لحساب تكتلات الموافقة والمعارضة	٤-١١
بيانات تطبيق نماذج متعددة المعايير	٥-١١
ملخص نتائج المقارنة بين نماذج متعددة المعايير	٦-١١
أهم الفروقات بين DSS و MIS	١-١٢
مستويات هيكل المشكلة و DSS	٢-١٢
مقارنة أنواع DSS حسب أسلوب المساعدة	٣-١٢
عوامل مؤثرة على نظم الدعم التنفيذية	٤-١٢
مأزق السجين، الشكل التقليدي	١-١٣
اختيار بين حرفين، الحالة (١)	٢-١٣
اختيار بين حرفين، الحالة (٢)	٣-١٣
اختيار بين حرفين، الحالة (٣)	٤-١٣
لعبة تنافس شركتين Duopoly	٥-١٣
حرب الأزواج	٦-١٣

مأزق السجين، توازن ناش	٧-١٣
حجر النقود، توازن ناش	٨-١٣
توازن ناش بطريقة الرد الأفضل	٩-١٣
مأزق السجين، الاستراتيجية المهيمنة	١٠-١٣
حجر النقود، استراتيجية مختلطة (١)	١١-١٣
حجر النقود، استراتيجية مختلطة (٢)	١٢-١٣
مأزق السجين معدلة	١٣-١٣
مأزق السجين بوجهها المتكرر	١٤-١٣

قائمة الأشكال

رقم	عنوان الشكل
١-١	تعريف مقياس وصفي للمخاطر والآثار البيئية
٢-١	تأثير تغيير شكل المشكلة
٣-١	دورة حياة المشكلة
٤-١	الواقع والنموذج
٥-١	تمثيل المجموعات الترجيحية <i>Fuzzy Sets</i>
١-٢	تكاليف إزالة التلوث
٢-٢	تطور مفهوم النظام
٣-٢	إشكالية النظم
٤-٢	مفهوم المنظومة <i>System</i>
٥-٢	منظومة القرار في المنظمة وعلاقتها ببيئتها
٦-٢	تمثيل نظامي المعلومات والقرارات
٧-٢	العلاقة بين نظم المعلومات ونمط القرارات
٨-٢	الفرق بين الواقع وإدراكه
٩-٢	نموذج على شكل مخططات بيانية
١٠-٢	مخطط الأثر والنتيجة
١١-٢	نماذج على شكل <i>Prototype</i>
١٢-٢	نموذج عقلائي، تكاليف إزالة التلوث
١٣-٢	نموذج <i>Simon</i> لحل مشكلات القرار
١-٣	صيرورة القرار <i>Decision Process</i>
٢-٣	مراحل عملية صناعة القرار
٣-٣	تمثيل مشكلة القرار
٤-٣	تحويل مقياس فيزيائي طبيعي إلى مقياس تفضيلي
٥-٣	تمثيل تقييم البدائل وفق المعايير
١-٤	تمثيل علاقات التفضيل بيانياً
٢-٤	مثال نموذج تفضيل من علاقة واحدة (التكافؤ)
٣-٤	مثال نموذج تفضيل من علاقة واحدة (التفضيل الأكيد)
٤-٤	مثال نموذج تفضيل من علاقتين \leq (التكافؤ، التفضيل الأكيد)
٥-٤	تمثيل أنماط مختلفة من الترتيب
٦-٤	تمثيل إشكاليات القرار
١-٥	تخصيص النشاطات من الموارد

إطار البرمجة الخطية	٢-٥
فئات البرمجة الرياضية	٣-٥
المخطط العام لحل مشكلة باستخدام نماذج بحوث العمليات	٤-٥
تمثيل القيد على مستوي	٥-٥
تحديد منطقة الحلول المقبولة	٦-٥
الحل البياني لمسألة برمجة خطية	٧-٥
بعض الحالات الخاصة في البرمجة الخطية	٨-٥
مثال عن مخطط شبكي <i>Graph</i>	٩-٥
الهوامش الممكنة للمهمة	١٠-٥
ترتيب المخطط الشبكي	١١-٥
الشكل العام للقيمة الحالية الصافية لتراكم دفعات متساوية في المستقبل	١-٦
تمثيل شجرة القرارات	١-٧
تمثيل قاعدة الأب الواحد	٢-٧
تمثيل قاعدة الحلقة الذاتية	٣-٧
تمثيل وحل شجرة القرار	٤-٧
تمثيل احتمال وقوع حدثين	٥-٧
تمثيل شجرة الاحتمالات	٦-٧
تمثيل شجرة القرار للحالة البسيطة	٧-٧
شجرة الاحتمالات لحالات السوق ثم المبيعات	٨-٧
شجرة الاحتمالات لحالات المبيعات ثم السوق	٩-٧
شجرة القرار بعد وصول معلومات جديدة	١٠-٧
تمثيل فرضية الاستقلال والاستبدال	١-٨
مثال فرضية الاستقلال والاستبدال	٢-٨
تكافؤ منفعتي ورقة الحظ وقيمة محددة	٣-٨
سؤال ورقة الحظ والمكافئ الأكيد	٤-٨
تمثيل تابع المنفعة	٥-٨
تفسير تابع المنفعة	٦-٨
مقارنة نزعة المجازفة لمتخذي قرار استناداً إلى تابعي المنفعة	٧-٨
بعض توابع المنفعة الجزئية	٨-٨
تكافؤ ورقتي ورقة الحظ وحساب معدل التعويض	٩-٨
معدلات التعويض بين التكلفة وكل من معياري السلامة والآثار البيولوجية	١٠-٨
فروقات التفضيل وفروقات القيم في مقياس ليكرت	١-٩
تابع المنفعة كمقياس للتفضيلات	٢-٩
تمثيل حالة عدم التعدي	٣-٩

تناقض <i>Allais</i> (الحالة ١)	٤-٩
تناقض <i>Allais</i> (الحالة ٢)	٥-٩
تناقض <i>Ellesberg</i>	٦-٩
تابعي التوزيع والكثافة لمتغير عشوائي	١-١٠
مثال عن قانون توزيع	٢-١٠
مثال عن توزيع طبيعي	٣-١٠
بعض أشكال التمثيل البياني للبيانات	٤-١٠
بعض أشكال الارتباط بين متغيرين	٥-١٠
استخدام معامل الارتباط الخطي	٦-١٠
تمثيل الارتباط بين زمن معالجة المعاملة وعدد أوراقها	٧-١٠
ارتباط الرتب بين علامات الإحصاء والبيكالوريا	٨-١٠
تمثيل مجال الثقة للمعدل	٩-١٠
مثال مجال الثقة لتقدير المعدل	١٠-١٠
مجال الثقة لتقدير المتوسط	١١-١٠
مجال الثقة للتشتت بتوزيع كاي مربع	١٢-١٠
تمثيل منطقتي قبول ورفض فرضية العدم	١٣-١٠
تمثيل منطقتي قبول ورفض الفرضيتين	١٤-١٠
اختبار χ^2 لاستقلال متغيرين وصفيين	١٥-١٠
تمثيل علاقة الهيمنة وفق معيارين فقط	١-١١
تمثيل عتبات التفضيل	٢-١١
الإطار العام للنظم الذكية	١-١٢
تطور النظم الذكية	٢-١٢
نموذج تبسيطي <i>DSS</i>	٣-١٢
مستويات تكنولوجيا <i>DSS</i>	٤-١٢
المعالجة التقليدية والمعالجة التفاعلية	٥-١٢
تطور نظم الدعم المعلوماتية	٦-١٢
مكونات نظام دعم القرار	٧-١٢
بنية قاعدة بيانات <i>DSS</i>	٨-١٢
بنية قاعدة نماذج <i>DSS</i>	٩-١٢
بنية شبكية لواجهة التخاطب	١٠-١٢
بنية مركزية لواجهة التخاطب	١١-١٢
المكونات الأساسية لنظم دعم القرار لجماعية	١٢-١٢
تصميم قاعة اجتماعات النظام على شكل حرف <i>U</i>	١٣-١٢
إحدى صالات القوى الجوية الأمريكية تستخدم <i>GDSS</i>	١٤-١٢

واجهة نظام <i>DSSAT</i>	١٥-١٢
بعض منتجات شركة <i>Palisade</i> من البرمجيات الذكية	١٦-١٢
تمثيل الرد الأفضل لكلا اللاعبين، إيجاد توازن ناش	١-١٣
توازن ناش، لعبة التعاضد	٢-١٣
مفهوم الهيمنة <i>Dominance</i>	٣-١٣
تمثيل لعبة <i>Cournot</i>	٤-١٣
تمثيل توابع الرد الأفضل في لعبة <i>Bertrand</i>	٥-١٣
توازن ناش في الاستراتيجية المختلطة	٦-١٣
القيمة المتوقعة في استراتيجية مختلطة	٧-١٣
الاستراتيجية المختلطة لمأزق السجين	٨-١٣
شجرة القرار لنموذج لعبة مأزق السجين "متكررة"	٩-١٣
شجرة القرار البسيطة للعبة الدخول_الخروج	١٠-١٣
شجرة القرار للعبة الموسعة الدخول_الخروج	١١-١٣
توازن <i>Stackelberg</i> ، ومقارنته بتوازن <i>Cournot</i>	١٢-١٣

الأساليب العلمية المساعدة على صناعة القرارات

طُوّرت خلال العقود الأخيرة نماذج رياضية ومعلوماتية عديدة بهدف تقديم المساعدة الموضوعية لصناعة القرارات ندعوها جوازاً بنماذج علمية *Scientific Models*، منها على سبيل المثال لا الحصر، نماذج إدارة الانتاج، نماذج إدارة الإمداد والتموين، نماذج توزيع الموارد، التقنيات الإحصائية، ومنها النماذج متعددة المعايير في اتخاذ القرارات، وتعدد الأطراف المساهمة في صنع القرار والمفاوضات المسماة بنظرية الألعاب الاستراتيجية؛ ركّز البعض منها على الجانب الاجتماعي والتنظيمي، وذهب بعضها للأخذ بالاعتبار للجوانب السياسية، في حين ركّز فريق آخر على الجوانب التقنية واستخدم النظم المعلوماتية الذكية ودعم القرار؛ كما ظهرت محاولات عديدة للأخذ بالاعتبار صراحةً للأطراف المساهمة في عملية صنع القرار في النماذج، وحاول البعض الذهاب أبعد من ذلك لتأطير هذه المحاولات، وصياغة منهجية عامة لصناعة القرارات، وبحيث تُصبح التفضيلات الفعلية لصانع القرار جزءاً جوهرياً من هذه النماذج.

بالرغم من هذه المحاولات النظرية، فإن استخدام النماذج ذات الطابع العلمي، والأدوات الكمية في صناعة القرارات ما زال محدوداً في الواقع، وقد يكون أحد أهم أسباب الإحجام عن استخدامها نابعاً من جهل قادة التنظيمات بهذه الأدوات أولاً، وثانياً من العقلية التقنية لمهندسي القرارات التي تشدهم بالاتجاه التقني، والاعتماد بشكل أساسي على الوقائع المحيطة بعملية صنع القرار، خصوصاً لناحية توفر المعطيات لتغذية النموذج في محيطه القريب، فالمشكلة كما نراها ليست تقنية بل تتعلق بمنهج العمل الإداري، وأسلوب تفكير متخذ القرار وثقافته.

غالباً ما يلجأ مهندس القرار إلى توضيح، أو تبرير خيارات، أو أفعال متخذ القرار بطريقة علمية وصارمة، وذلك باستخدام أدوات النمذجة، والحل المتعارف عليها رياضياً، حيث يسمح تأهيل المهندس في توضيح الإشكالية المطلوب معالجتها دون إدراك الحاجة للذهاب إلى بناء نموذج فعال للمساعدة في صناعة القرارات، وبما يتفق منطقياً مع الحاجة الآنية لمتخذ القرار الذي يتقاسم مع المهندس هذه

الرؤية قصيرة الأمد، وقد كُرسَت جهود كبيرة لتطوير طرق معروفة، أو لابتكار طرق جديدة للمساهمة في "توضيح" الإشكالية، أو "تبرير" القرار، ولكن النقاشات ومحاولات التطوير ما برحت تُركّز على الخواص التقنية كأهمية الأسس النظرية، وانسجامها أو لتماسك نموذج التفضيلات الذي تُنتجه.

علينا أن نعترف بالدور الجوهرى الذي تلعبه الأدوات الكمية في مساعدة الأطراف على توسيع قدراتهم الحدسية والتجريدية وعلى توضيح أفكارهم؛ ولكن لدى كلِّ منا الحق في طرح بعض التساؤلات الهامة: هل سيكتفي فعلاً متخذ القرار بتوضيح بسيط لعناصر تقنية، كتحقيق بديل على معيار ما؟ أو هل سيقوم كل طرف فعلاً بتقديم المعلومات المطلوبة لحسن عمل الطريقة؟ أم سيكون سلبياً أو إيجابياً حسب مصالحه؟ أو عندما تتعلق المشكلة بنتائج مصيرية أو سياسية هامة، فمن حقنا الاعتقاد بأن العلاقات المتبادلة بين الأطراف والنموذج ستجري بطريقة مختلفة عن الحيادية والموضوعية؟ أليس من الممكن أن يفتقد مهندس القرار للواقعية؟ ألا يمكن أن تقوده قناعاته بالأدوات العلمية إلى التماهي في تقدير قيمة الأداة وتحميلها ميزات لا تتمتع بها، أو إلى التقليل من قيمتها في حالاتٍ أخرى؟ ومن حقنا أن نتابع الكثير من التساؤلات التي ما زالت حتى تاريخه تبحث عن إجابات مُقنعة.

نعتمد بموضوعية هذه التساؤلات، ونعتقد أيضاً أن طرحها ومحاولة الإجابة عليها ستساهم في تغيير طريقة التفكير ومعالجة المشكلة سواء لدى مهندس القرار أو لدى الأطراف الأخرى وإن كانت بدرجاتٍ متفاوتة، كما نرى من الضروري استكشاف تعددية الأدوار والأوجه التي يمكن أن تلعبها النماذج المتصفة بالعلمية خلال عملية صناعة القرار، لكي نستطيع تجاوز الدور التوضيحي المذكور أعلاه، والذي يحتاج بدوره إلى الدقة والموضوعية.

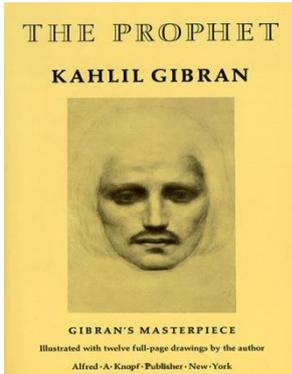
لفهم دور النماذج العلمية بشكلٍ عام، يمكن أن نتخيل النموذج كلعبة يُدعى للمساهمة فيها كافة الأطراف، وفي هذه الحالة تنتج القواعد الناظمة للقرار من النموذج_اللعبة *Model-Game*، وبالتالي يكون للنموذج دور تاهيلي أي التفكير بوظيفته التوضيحية لكافة عناصر المشكلة، ودور قراري أي توحيد المصطلحات، وتقريب وجهات النظر للوصول إلى حل مشترك بحيث يفرض طرق عمل معينة ويمنع أخرى؛ لكن غالباً ما يترك النموذج هامشاً من الحرية تستخدمه الأطراف لتوجيه اللعبة باتجاه مصالحهم، بحيث يُصبح النموذج نفسه رهاناً في التوصل إلى وجهة نظر مشتركة أو حل وحيد؛ فالنموذج العلمي لا يُقيد بشكلٍ دقيق كما يقترح شكله الرياضي، حيث تتعلق الطريقة التي يلعب بها الأطراف من بين أمورٍ أخرى بإدراكهم للمعنى المفترض للعبة الرسمية ضمن إطارها العام وكذلك

للقواعد مأخوذةً بشكلٍ منفصل، ويمكن بل يجب التوقع أن يحاول كل طرف فرض تفسيره الخاص لنفس الظاهرة، أو على القواعد المستعملة في اللعبة بالاعتماد على وسائل عديدة مثل: عبارات بمعانٍ مختلفة، تغيير حدة الصوت، لغة غير مفهومة، ممارسة لعبة السلطة، التقاط أخطاء الآخرين، ... الخ، لكن كل ذلك له حدود كما يقول (1977) M. CROZIER "تجمع اللعبة بين الحرية والتقييد، إذ يبقى اللاعب حراً، ولكن إذا رغب بالرياح عليه اعتماد استراتيجية عقلانية تحترم طبيعة وقواعد اللعبة".

إن ما نقصده بالقرارات هنا هي قرارات المستويات الإدارية العليا المتعلقة بجميع الكيانات التنظيمية، يمكن التمييز بين نمطين من القرارات: القرار في المنظمات عموماً ندعوه *Managerial Decision*، والقرار في الجهات الحكومية التي تقدم الخدمات العامة ندعوه *Administrative Decision*، لكن من الصعب التمييز منهجياً في عملية صناعة القرار أي من النمطين، فعملية صناعة القرار هي جزء أساسي، وربما يكون الأهم من بين وظائف العملية الإدارية المستوحاة من مفاهيم "الاستخدام الأمثل للموارد"، إذ يتوقف إنجاز هذه الوظائف على فاعلية القرار وما يترتب على تطبيقه من مخرجات ونتائج، فقد يؤدي الخطأ أو سوء التقدير إلى خسارات كبيرة تصيب كافة الأطراف. بالخلاصة، يُعالج القرار موقفاً، أو مشكلة محددة في سياقها الزماني والمكاني، وموجه لتنفيذ نشاطات في المستقبل مع الأخذ بالاعتبار لجاهزية المعلومات، والموارد لتصنيعه، ولتنفيذه، كما يتأثر بخصائص منظومة قيم وأحكام أطرافه، فهو نتاج عملية ذهنية معقدة لهذه الأطراف.

الفصل الأول: القرارات متعددة المعايير

Multiple Criteria Decisions



وهناك قال مُعلّم: حدثنا عن "التعليم"

فقال "لا يستطيع إنسان أن يكشف لك عن شيء إلا إذا كان غافياً في فجر معرفتك، المعلم الذي يمشي في ظل المعبد بين مرديبه لا يعطي من حكمته، بل من إيمانه ومحبه، فإذا أوتي الحكمة حقاً، فإنه لا يدعك تلج باب حكمته، بل يقودك إلى عتبة فكرك وحكمتك".

جبران خليل جبران^(١)، "النبي"

١. جبران خليل جبران (١٩٣١-١٨٨٣) أديب وفنان وفيلسوف ولد في لبنان وعاش في الولايات المتحدة، يُعتبر من أهم ثلاثة مؤلفين الأكثر مبيعاً للكاتب في التاريخ بعد شكسبير ولاوزي، أهم مؤلفاته كتاب "النبي".

ملخص الفصل

المشكلة هي نتاج تعارض جملة من القيم والأهداف سواء على صعيد فردي، أم جماعي تنظيمي، ولها أوجه عديدة، وحل المشكلات ليس وليد عصرٍ محدد، بل هو نتاج تراكمي لكافة الحضارات الإنسانية، ولكافة التطورات العلمية والتكنولوجية؛ وهناك تطابق تام بين أساليب اتخاذ القرارات وأساليب حلّ المشكلات، فالقرار في النهاية ليس إلا الانتقال بالمشكلة من حالة إلى حالة أخرى.

سنتعرف في هذا الفصل إلى مفاهيم المشكلة، وما هو المقصود بالتحليل متعدد المعايير لحل مشكلة القرار، مع استعراض موجز تاريخي لتطور أساليب صناعة القرارات، وبشكل موجز لتقدير المخاطر كونها مرتبطة مباشرةً ببيئة، وعناصر مشكلة القرار.

كلمات مفتاحية Key Words:

المشكلة *Problem*، صناعة القرار متعدد المعايير *Multiple Criteria Decision Making*، تقدير المخاطر *Risk Evaluation*

مخطط الفصل:

- ١-١ التحليل متعدد المعايير للقرارات *Multiple Criteria Analysis of Decisions*.
- ٢-١ القليل من التاريخ.
- ٣-١ والكثير من الإشكاليات.
- ٤-١ المشكلة *The Problem*.
- ٥-١ تقدير المخاطر *Risk Evaluation*.
- اختبارات وأسئلة الفصل الأول *Tests*.
- ملحق: القرار الإداري *Administrative Decision*.

١-١ التحليل متعدد المعايير للقرارات

Multiple Criteria Analysis of Decisions

١-١-١ ما هو المقصود بخيار أو قرار متعدد المعايير؟

لعلّ المدخل الأفضل للحديث عن صناعة القرارات، هو بالحديث عن القرارات متعددة المعايير، ولعلّ الأسلوب الأبسط لشرح المقصود بالقرارات متعدّدة المعايير *Multiple Criteria Decision Making* هو مناقشة بعض الأمثلة التوضيحية.

نواجه في حياتنا اليومية كما في الشركات حالات عديدة تخضع لاعتبارات مختلفة، ولمصالح متناقضة أحياناً كثيرة، ولتداخلات عديدة؛ مثلاً، عند الرغبة بشراء سلعة ما (قميص، سيارة، منزل، ...) ولدينا عدّة نماذج من نفس السلعة، يبحث كل شخص دون شك عن النّمودج الأقل سعراً والأفضل جودة؛ لكن التجارب علّمتنا أن السلعة الأرخص غالباً ما تكون أقلّ جودةً، أي أن السعر والجودة معياران لا يسيران في نفس الاتجاه فهما في نزاع شبه دائم *in Conflict*: إذا اعتمدت السعر الأرخص، فعلى الأرجح أن تشتري السلعة الأقل جودةً وإذا اعتمدت السلعة الأفضل فعلى الأرجح أن تدفع السعر الأعلى، وكما يقال بأن إرضاء الناس غاية لا تُدرَك، كذلك لا يمكن إرضاء جميع رغباتنا (المُعبر عنها بمعايير السعر، الجودة، المواصفات ...)، لذلك سيُنتج قرار الشراء، كحل وسط أو توفيق *Compromise* (وليس تلفيقي!) بين المعايير لإرضاء هذه الرغبات أي تحقيق مستوى مقبول على كلّ من المعايير.

لا تختلف كثيراً حالة المستثمر في الشركة عن حالة المشتري البسيط هنا وإن اختلفت البيئة والتأثيرات؛ لنفترض أن إدارة الشركة ترغب بالاستثمار في مجموعة من المشاريع، ومن ضمن المعايير التي يمكن أن تأخذها بالاعتبار: مردود الاستثمار، مبلغ الاستثمار، مصالحها الاستراتيجية، سمعة وصورة الشركة، عدد وكفاءة العاملين الذين يمكن تأمينهم، وربما الآثار الاجتماعية والبيئية، من الواضح أن المشروع الأفضل للبيئة ليس بالضرورة هو الأكثر مردوديةً أو الأقل تكلفةً، كما أن المشروع الذي يستخدم تكنولوجيا عالية ومعقدة، قد يحتاج إلى كفاءات نوعية قد لا تكون متوفرة ... الخ، ندخل هنا أيضاً ضمن إطار النزاع بين المعايير.

تُطرح المشكلة أيضاً في جميع التنظيمات الإنتاجية والخدمية العامة والخاصة؛ لنفترض أن بلدية إحدى المناطق ترغب بإنشاء شبكة من الطرق ضمن نطاق صلاحياتها الجغرافية، فمن النادر أن نجد الطريق الأقل تكلفةً يخدم العدد الأكبر من المواطنين أو الأفضل للبيئة، أو أن يكون طول شبكة الطرق منسجماً مع جودتها أو إمكانية صيانتها مستقبلاً، وكما نلاحظ أن معيار التكلفة يدخل دوماً في نزاع مع المعايير الأخرى، وهي المشكلة الأبدية لتوزيع الموارد المحدودة على الاحتياجات الكثيرة؛ ولا يبتعد كثيراً معيار المخاطرة أو المجازفة *Risk* عن التكلفة في نزاعه مع المعايير الأخرى، وحتى مع التكلفة نفسها، مثلاً، الموظف البسيط الذي يمتلك بعض المدخرات ويرغب باستثمارها، يمكنه شراء شهادات استثمار أو إيداعها في المصرف بفائدة قليلة، حيث المخاطر تكون شبه معدومة، لكن يمكنه أيضاً شراء بعض الأسهم في البورصة وتحقيق مردود أكبر، لكن المخاطر ستكون أكبر بشكل ملحوظ، أو توظيفها مع بعض المستثمرين، فالمردود الكبير يترافق غالباً مع مخاطرة كبيرة، أو يمكنه شراء عقار وانتظار ارتفاع الأسعار... الخ؛ فأبي الاستثمارات يختار إذا كان يعتبر أن المعيار الحاسم في قراره يعتمد على المردود الاقتصادي المباشر الذي سيحصل عليه!؟

كما يمكن الملاحظة، أن متخذ القرار يتواجد بشكلٍ شبه دائمٍ في مثل الحالات المذكورة أعلاه، ولكي نُلخص الإشكالية نقول إن متخذ القرار يتواجد في حالة الاختيار أو المفاضلة بين عدة إمكانيات تُشكل جميعها مجموعة الخيارات أو البدائل *Alternatives*، ولكي يتمكن من الاختيار عليه أن يوازن بين وجهات نظر عديدة عن تقييم البدائل غالباً ما تكون متنازعة، ندعو وجهات النظر هذه بمعايير *Criteria*.

نلاحظ في جميع الأمثلة السابقة أن متخذ القرار (فرد، إدارة الشركة، البلدية...) يسعى دوماً إلى تحقيق أعلى مستوى أداء على كل من المعايير (الأقل تكلفة، الأقل تلوثاً للبيئة، توظيف أكبر عدد من العاملين، أكبر مردود استثماري ممكن...)، ويجد نفسه مضطراً للمقايضة بين مقادير من معيار ما مقابل مقادير من معيار آخر لينتقل من حالة الأفضل على الإطلاق إلى حالة "مقبولة هنا أو مقبولة هناك" نظراً للخصائص والأوجه المتباينة التي تتسم بها المشكلة التي يواجهها، حيث يمكن تقييم حالتها وفق المعايير المُعبّرة عن هذه الأوجه أي أن المشكلة التي يسعى لحلها تتميز بطبيعتها بمعايير عديدة، وعندما يقتصر الأمر على معيار واحد كالتكلفة مثلاً، أو أكبر مردود استثماري أو أقل تلوثاً للبيئة، فإن المشكلة تصبح أكثر قابلية للمعالجة حتى وإن برزت صعوبات من طبيعة أخرى.

في الواقع، رغم إحساسنا العميق بهذه الإشكالية، فإن الأساليب العلمية في معالجتها ما زالت محدودة التطبيق في التنظيمات لأسباب عديدة، يأتي في مقدمتها أنّ هذه الأساليب ما زالت حديثة العهد نسبياً، وأنّ ارتباطها بالعلوم الإنسانية أكثر حداثة، كما سنرى ذلك بالتفصيل خلال الفقرات القادمة.

قد تكون المقدمة السابقة كافية للقارئ ليكون فكرة عن مضمون هذا الكتاب، لكنّه ربما لم يقتنع كلياً بأهمية الحديث عن تحليل أو نمذجة متعددة المعايير للقرارات في الشركات؛ عملياً، إن الحديث عن نمذجة متعددة المعايير غير مفيد إلا بالمقارنة مع النمذجة التقليدية أو الصياغة وحيدة المعايير، ونقول أحياناً تحليل وحيد المعيار *Mono-criterion Analysis*، فالهدف من النمذجة وحيدة المعيار هو الحصول على مسألة تأويج *Optimization* ضمن قيود محددة حيث يشكل الحل الأمثل للمسألة القرار الأفضل، كما سنرى في الفصل الخاص ببحوث العمليات.

لنعد إلى مثال الاستثمار مثلاً، حيث هدف متخذ القرار هو تأويج ربحه المتوقع تحت القيد التالي: مجموع المبالغ المستثمرة v_i يجب أن يكون أقل أو يساوي المبلغ الإجمالي الراغب باستثماره، وهو ما نُعبر عنه رياضياً كما يلي:

$$\sum_i v_i \leq I \quad \text{حيث } v_i: \text{ مبلغ الاستثمار رقم } i \text{ و } I: \text{ المبلغ الإجمالي الراغب باستثماره.}$$

ربما يتوجب إضافة قيود أخرى قد تتعلق بعدد المشاريع الاستثمارية التي يمكن إدارتها، أو مكان المشاريع، أو طبيعتها، أو أرباحها أو غيرها؛ لنفترض حالياً أن هناك مخاطر مختلفة لكل من المشاريع المطروحة تتعلق بالبيئة المحيطة: أحدها يؤدي إلى تلوث خطير، آخر إلى تلوث أقل، وثالث بدون تلوث، ... الخ؛ فكيف يمكن للنموذج السابق أن يأخذ بالاعتبار هذه المخاطر؟ في هذه الحالة، يتوجب تعديل تابع الربح بتقدير زيادة أو نقصان التكاليف وإعادة تقييم المخاطر على البيئة، فهناك إذاً صعوبة حقيقية للقيام بمثل هذه العملية؛ تُطرح المشكلة أيضاً بنفس المصطلحات فيما يتعلق بالآثار الاجتماعية، أو بالآثار على سمعة وصورة الشركة أو غيرها، يُشكل ترجمة هذه الاعتبارات كميّاً على شكل تكاليف تمريناً شبه مستحيل على إدارة الشركة المستثمرة نظراً لصعوبة قياسها مالياً.

١-١-٢ مثال توضيحي

سنحاول عرض بعض المفاهيم المتعلقة بإشكالية القرارات متعددة المعايير من خلال مثال أولي يتعلق

بالاستثمار بشكل عام.

ترغب شركة غذائية بالاستثمار في تنويع منتجاتها وتوسيع نشاطاتها لتشمل قطاعات جغرافية أو أسواق غذائية جديدة، هناك حالياً عدة مشاريع قيد الدراسة لدى إدارة الشركة:

P1: شراء وزراعة حقل جديد في المنطقة الشرقية،

P2: إنشاء مزرعة أبقار جديدة في المنطقة الساحلية،

P3: إنشاء مزرعة جديدة للأغنام في المنطقة الوسطى،

P4: شراء مصنع أغذية في المنطقة الشمالية،

P5: الاستثمار في تسويق اللحوم في المنطقة الجنوبية.

يبحث صانع القرار أي إدارة الشركة في تقييم المشاريع الخمسة السابقة بغية اختيار أفضلها، هناك عوامل عديدة تدخل ضمن إطار هذا التقييم وأهمها طبعاً تعريف المعايير، من المعايير التي تخطر إلى الذهن مباشرةً معيار العائد الاقتصادي المتوقع من المبالغ المُستثمرة *ROI: Return on Investment* الذي يعتمد حسابه على عوامل كثيرة يعييبها الشك وعدم التأكد بالإضافة للعديد من التقييمات الكمية لمتغيراتها^(٢)، حيث يمكن الاعتماد على العائد الوسطي للشركات المشابهة في السوق، ومن المعايير التي يمكن أخذها بالاعتبار معيار نمو وتطور سوق القطاع الذي ستستثمر فيه الشركة *Market Growth*، كذلك معيار المخاطر المتعلقة بتوسيع النشاط *Risk*؛ حيث تتعلق هذه المخاطر بعوامل سياسية واقتصادية واجتماعية وثقافية يستحيل حسابها كميًا، ومن المعايير الهامة أيضاً الآثار البيئية للمشروع *Environmental Impacts* سواء على البيئة الطبيعية المجاورة أو البيئة الاجتماعية المحيطة بالمشروع، كذلك تهتم إدارة الشركة بالفترة المثلى لاسترداد رأس المال المستثمر *Pay Back Period* مع الأخذ بالاعتبار المساعدات والتسهيلات الحكومية لمثل هذه المشاريع؛ هناك طبعاً عوامل كثيرة أخرى يمكن دمجها ضمن إطار المعايير المذكورة سابقاً.

مع الإشارة إلى أنّ الشركة يمكن أن تبقى أموالها في المصرف وتحصل على فوائد تكون عادةً نسبتها ضعيفة (أقل من ١٠%) كونها لا تتضمن أية مخاطر وهذا أيضاً خيار "استثماري" أيضاً ندعوه الخيار البديهي *PO*، ويستخدم لغايات المقارنة مع المشاريع الأخرى.

٢ . سنعود إلى هذه التقنيات لاحقاً لدى الحديث عن المعايير المالية في اختيار الاستثمارات.

نقوم بتلخيص هذه المعلومات (المعايير وتقييم المشاريع وفقها) في جدول ندعوه جدول أو مصفوفة الأداء *Performance Matrix* كما هو مبين في الجدول [١-١].

الجدول [١-١] جدول أداء المشاريع المقترحة وفق المعايير					
المشروع	المردود الاقتصادي	معدل النمو السنوي للقطاع	مخاطر القطاع/النشاط	الآثار البيئية للتوسع	فترة استرداد رأس المال
P1	١٤%	٨%	ضعيفة	مقبولة	٧ سنوات
P2	١٦%	٨%	عالية	سيئة	٢ سنة
P3	١٢%	٩%	متوسطة	سيئة جداً	٤ سنوات
P4	١٣%	١٠%	ضعيفة	متوسطة	٤ سنوات
P5	٢٠%	١٢%	متوسطة	سيئة	٥ سنوات

كما نلاحظ، لدينا نوعان من المعايير، معايير كمية مثل المردود الاقتصادي، ومعدل نمو السوق المُعبر عنهما بنسب مئوية، وفترة استرداد رأس المال المُعبر عنها بعدد السنوات؛ ومعايير وصفية بطبيعتها، مثل المخاطر والآثار البيئية، وغالباً ما يتم التعبير عن قيم هذه الأخيرة بشكل أعداد مرتبة تُعبر عن أفضلية، أو منفعة كل قيمة بالنسبة لإدارة الشركة، علماً بأن اختيار مثل هذا المقياس ليس بهذه السهولة ويؤثر بشكل كبير على نتائج القرار كما يبين الشكل [١-١].



فنحصل على مصفوفة، أو جدول القرار، وتكون جميع قيمها كمية كما يوضح الجدول [١-٢]، والمطلوب طبعاً اختيار المشروع الذي يحقق أكبر مردود اقتصادي وأكبر نمو للسوق وأكبر آثار إيجابية على البيئة وأقل مخاطر وأقل زمن لاسترداد رأس المال.

الجدول [٢-١] جدول الأداء الكمي للمشاريع المقترحة					
Min	Max	Min	Max	Max	
فترة استرداد رأس المال	الآثار البيئية للتوسع	مخاطر القطاع/النشاط	معدل النمو السنوي للقطاع	المردود الاقتصادي	
٧	٨	١	٨	١٤	المشروع P1
٢	٣	٥	٨	١٦	المشروع P2
٤	١	٣	٩	١٢	المشروع P3
٤	٥	١	١٠	١٣	المشروع P4
٥	٣	٣	١٢	٢٠	المشروع P5

بالنظر إلى الجدول السابق، نجد أن المشروع الثالث لا يمكن اختياره، لأن المشروع الرابع أفضل منه أو يكافئه على جميع المعايير، نقول في هذه الحالة أن المشروع الرابع يهيمن أو يسيطر *Dominate* على المشروع الثالث أي أفضل منه بالتأكيد، وتُدعى هذه الحالة في علوم الاقتصاد بأمثلية باريتو *Pareto Optimum*^(٣)، بينما نلاحظ أن أيًا من المشاريع *P1, P2, P4, P5* لا يسيطر عليها أي مشروع آخر، أي أنها جميعها أمثلية بحسب باريتو، وبالتالي يمكن إخراج المشروع الثالث *P3* من المنافسة والإبقاء على المشاريع الأربعة الأخرى في الجدول [٣-١].

الجدول [٣-١] جدول أداء المشاريع المتنافسة حسب أمثلية <i>Pareto</i>					
Min	Max	Min	Max	Max	
فترة استرداد رأس المال	الآثار البيئية للتوسع	مخاطر القطاع	معدل النمو السنوي للقطاع	المردود الاقتصادي	
٧	٨	١	٨	١٤	المشروع P1
٢	٣	٥	٨	١٦	المشروع P2
٤	٥	١	١٠	١٣	المشروع P4
٥	٣	٣	١٢	٢٠	المشروع P5

من الناحية العلمية، نقول في هذه المرحلة من التحليل أنه تم تعريف المشكلة كمياً، وبالتالي يمكن البحث في معالجتها بالأساليب الكمية المعروفة لدينا، أو ابتكار أساليب جديدة، بمعنى آخر أن البدائل (المشاريع هنا) معرفة بشكل واضح، وأن أسس المفاضلة بين البدائل أي المعايير، وأدوات القياس معرفة بشكل واضح، وبالتالي يبقى الإجابة على السؤال الهام الآتي:

^٣ سنعود لاحقاً لهذا المفهوم لدى الحديث عن الطرق وحيدة المعيار.

كيف يتم اختيار المشروع الأفضل من المشاريع المُتبقية؟ وما هي الخصائص المطلوبة لتابع أو لطريقة الاختيار؟

هذا ما سنحاول الإجابة عليه في كافة فصول هذا الكتاب، أي التركيز على أساليب معالجة مشكلات القرارات ذات الطبيعة متعددة المعايير، حيث هناك صعوبة واضحة في تفضيل بديل على آخر ضمن مجموعة البدائل المتوفرة، كما سنتعرض بشكل صريح إلى تعريف المشكلة، وتعريف البدائل، وتعريف المعايير، والأدوات المساعدة في النمذجة، وكافة الأساليب المساعدة على الحل وإيجاد البديل الأنسب، ومعالجة الصعوبات التي تعترض تعريفها.

قد يكون من المفيد الإشارة في نهاية هذه الفقرة، أنّ ما عرضناه في المثال السابق هو تقييم المشاريع بشكل قيم متقطعة (جيد، سيئ، ٥، ٢٠، ...) وهي الأكثر انتشاراً في الشركات، ولكن هناك فئة لا تقل



أهميةً عن السابقة هي المعايير بطبيعتها تأخذ قيمةً مستمرة مثل نسبة مئوية، أو الوزن، أو الطول، ... الخ، والتي سنتعرض لها بالتفصيل ضمن إطار بحوث العمليات.

٢-١ القليل من التاريخ

إن استخدام منهج التفكير العلمي في الإدارة قديم قدم التاريخ الإنساني، خصوصاً ما يتعلق بحل المشكلات والمفاضلة بين البدائل في ظل تنازع المعايير، إذ كان لا بد من اللجوء إلى هذه الأساليب لحل المشكلات التي يواجهها الإنسان في حياته المهنية والشخصية، لكن لم تظهر صراحةً فوائد هذا الاستخدام إلا بعد الثورة الصناعية في القرن التاسع عشر، وبشكل أوضح خلال وبعد الحرب العالمية الثانية كما سنرى في الفقرات اللاحقة.

١-٢-١ ما قبل الحرب العالمية الثانية

يقول Sun Tzu^(٤) أحد أهم الفلاسفة الصينيين من القرن الخامس قبل الميلاد في كتابه المشهور فن

^٤ Sun Tzu (٥٤٤ - ٤٩٦ قبل الميلاد)، قائد عسكري صيني مشهور له باستراتيجياته العسكرية لخصها في كتابه المعروف "فن الحرب The Art of War".

الحرب (Sun Tzu, 500BC) "إذا علمت بأنه يمكن مهاجمة العدو وبأن قواتي يمكن أن تهاجمه، دون الأخذ بالاعتبار لطبيعة الأرض التي لا تسمح بالهجوم، فإن حظي في الانتصار هو ٥٠%"، تبدو إذاً أن المحاكمة الاحتمالية لعدة خيارات ليست حديثة العهد كما نتصور!

ومن كتاب للإمام علي بن أبي طالب^(٥) كرم الله وجهه للأشتر النخعي لما ولاه على مصر حيث اضطرب أمر محمد بن أبي بكر، إذ طلب الإمام من الأشتر تحقيق عدة أهداف:

"هذا ما أمر به عبد الله علي أمير المؤمنين مالك بن الحارث الأشتر في عهده إليه:

(١) جباية خراجها، (٢) وجهاد عدوها، (٣) واستصلاح أهلها، (٤) وعمارة بلادها".

وإن كانت الرسالة لا تشير إلى كيفية الموازنة بين هذه الأهداف فقد تُركت للمحاكمة السليمة للوالي على اعتبار أن المحاكمة السليمة تقود عادةً إلى نتائج مرضية.

لم تُطرح المشكلة بشكل صريح وواضح في العلوم الاجتماعية والاقتصادية إلا في نهاية القرن التاسع عشر، ففي نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين، بدأ الاقتصاديون بالبحث عن العلاقة بين سلوكيات الأطراف منفردين وسلوكية الاقتصاد ككل، تكمن أحد العناصر الهامة في هذه السلوكيات سواء على مستوى المستهلك أو المنتج في الصياغة المعتمدة لإجراء خياراتهم، والمتمثلة في البحث عن الحل الأمثل *Optimization* لتوابع المنفعة الخاصة بهم، أي أن مفهوم استقلال المعايير وتنازعها لم تكن مطروحة في حينه، ومن أهم هؤلاء العلماء *Pareto, Cournot, Walras* حيث درس *Pareto*^(٦) الحالات التي يقوم فيها عدة عملاء بالمفاضلة بين خيارات عديدة ومتناقضة وبرهن أنه لا يمكن لجميع الأطراف أن تحصل على الرضا الكامل في نفس الوقت بسبب ندرة الموارد، وسُميت مذ حينه هذه الحالة بأمثلية باريتو؛ مثال، قاضيين متناقضين بشأن متهم، لو اجتمعوا في هيئة واحدة، فكيف يمكنهم التوصل إلى حل مشترك بشأن الحكم على المتهم؟ إنهم سيقومون بتحليل متعدد المعايير دون ريباً أن يعلموا!

^٥. علي بن أبي طالب بن عبد المطلب الهاشمي القرشي (٦٦١-٥٩٩)، الخليفة الرابع لدى المسلمين (٦٦١-٦٥٦) وأحد العشرة المبشرين بالجنة.

^٦. *Vilfredo Federico Damaso Pareto* (١٨٤٨-١٩٢٣) عالم اجتماع واقتصاد إيطالي، عمل في جامعة لوزان ونشرها في كتابه دروس في الاقتصاد السياسي عام ١٨٩٦.

وإذا كنا نعتبر أن علماء الاقتصاد السابقين هم الآباء الروحيون للتحليل متعدد المعايير، لكن يجب أن نعترف بأن دراسته في الفكر السياسي كانت قد بدأت قبل ذلك بكثير.

شغلت طويلاً هذه المشكلة بال أحد النبلاء الفرنسيين وعضو الأكاديمية الفرنسية للعلوم في حينها *Marquis de Caritat de Condorcet* عام ١٧٨٠^(٧) وعرضت على الأكاديمية الفرنسية مع الدراسات التي قام بها الفارس *Borda* (١٧٨١)^(٨) بشأن تغيير أسلوب انتخاب رئيس الأكاديمية، واعتمدت طريقة *Borda* في حينها، ولكن للأسف لم يوجد الحل المثالي حتى تاريخه! سنعود إلى تفاصيل هذه الطرق لاحقاً التي تُدرس في العلوم الاقتصادية عادةً ضمن إطار ما يُدعى بنظرية الخيارات الجماعية *Social Choice Theory*، إن ترجمة *Social* هنا ليس المقصود بها الاجتماعي بقدر ما هو مقصود إجماع أفراد مجتمع ما على خيارات محددة، لذلك فضلنا ترجمتها "الجماعية".

١-٢-٢ ما بعد الحرب العالمية الثانية

كان يجب الانتظار حتى بداية الحرب العالمية الثانية -ولم تكن طبعاً السبب!- حتى يتقارب التيارين الاقتصادي والسياسي حول نظرية الخيارات الجماعية، حيث الانتخابات والتحليل متعدد المعايير من أهم تطبيقاتها.



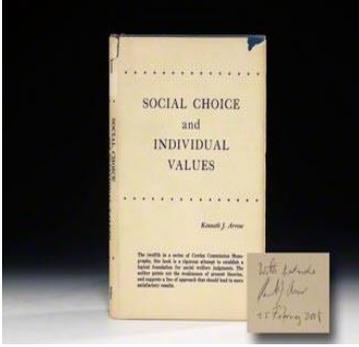
في بداية الحرب العالمية الثانية وأثناء غارات الطيران الألماني على إنكلترا، طُلب إلى العلماء الذين صمّموا نظم وتجهيزات الدفاع الاهتمام بالاستخدام الأمثل لهذه النظم والتجهيزات، وشكّلت مجموعة دعيت "مجموعة بحوث العمليات *Operations Research Group*" استندت في

أعمالها على استخدام النماذج الرياضية في حل مشكلات إدارة النظم والتجهيزات السابقة وتحركات القوات في أرض المعركة، وكانت لأعمالها نتائج هامة جداً وتطبيقات عمّمت لاحقاً على المشكلات

^٧ كان *Condorcet* أحد منتوري ذلك العصر وعضو في الأكاديمية الفرنسية عام ١٧٦٩ بعمر ٢٦ سنة وحتى وفاته، وتلميذ *Turgot* أحد آباء التفكير العلمي في العلوم الاجتماعية، نشرها عام ١٧٨٥ في كتابه "محاولات تطبيق التحليل على احتمالات القرارات المطروحة للتصويت".

^٨ *Jean Charles de Borda* (١٧٣٣-١٧٩٩) عالم رياضيات وسياسة فرنسي، فارس وعضو في الأكاديمية الفرنسية للعلوم.

التي تواجهها إدارة الشركات بشكلٍ خاص في القطاعات الصناعية.



في عام ١٩٤٤، تعرض الباحثان *Neumann & Morgenstern* إلى المشكلة مباشرةً دون حلّها إلا ضمن فرضيات قاسية جداً ودعيت بنظرية المنفعة *Utility Theory*، كما سنرى في الفصل الخاص بنظرية المنفعة.

شهدت فترة الخمسينات من القرن الماضي نقاشات حامية للمشكلة

التي بدأها *Neumann & Morgenstern* وقبلهما عالم الاقتصاد *Samuelson* عام ١٩٣٨، إذ تعرّض عدد لا بأس به من الباحثين إلى مسألة الأمثلية ضمن إطار أهداف متعددة (*Allais, 1953*)؛ وكان يُطرح الحل دوماً ضمن إطار تجميع الأهداف المتعددة المُعبّر عنها بتتابع عددية بشكل تابع وحيد.

كانت المشكلة بالنسبة لعلماء الاقتصاد هي كيفية توفيق السلوكيات الفردية لعملاء الاقتصاد والنتائج الملاحظة على المجتمع الاقتصادي بأكمله، وتعود أهم المساهمات خلال فترة الخمسينات إلى عالم الاقتصاد *K. Arrow* عام ١٩٥٣، حيث درس الخيار الجماعي بناءً على خيارات فردية، والعلاقة الجوهرية التي تربط بينهما، وخرج بنظرية الاستحالة *Impossibility Theory* التي حصل بموجبها على جائزة نوبل في الاقتصاد، دون أن ننكر فضل بعض علماء الاقتصاد الآخرين مثل *Savage* (١٩٥٤) و *Debreu* (١٩٦٠) و *Luce* (١٩٥٦) الذين كان لهم مساهمات أساسية في نظرية الخيارات الجماعية، كما ترافقت هذه الدراسات بدراسات رياضية نفسية على آلية الاختيار، والمحكمة التي تتم في ذهن الإنسان.

منذ بداية الستينات، بدأ معجم مصطلحات التحليل متعدد المعايير يتضح أكثر فأكثر، كما بدأت تظهر طرق خاصة بمعالجة هذا النمط من المشكلات؛ اختيار بديل ضمن إطار متعدد المعايير حتى في مجال البحث عن الحل الأمثل من خلال طرق البرمجة متعددة الأهداف *Goal Programming* في البرمجة الخطية.

وفي نهاية الستينات ظهرت أولى هذه الطرق ودعيت حينها *ELECTRE*^(٩) من قبل أحد علماء الرياضيات التطبيقية في العلوم الاجتماعية *Bernard ROY* (١٩٦٨، ١٩٨٥، ١٩٩٣) الذي كان مديراً علمياً في شركة *SEMA* (إحدى الشركات الرائدة في الرياضيات التطبيقية في فرنسا)، وطرح مفهوم الأولوية *Outranking* لأول مرة للمقارنة الثنائية بين البدائل، ثم قام الثلاثي *Geoffrion, Dyer, Feinberg* عام ١٩٧٢ باستخدام هذا المفهوم الجديد لاقتراح طرق جديدة، لا تعتبر هذه الطرق جوهرية في مفاهيمها الأساسية بل في آليات التجميع الإجمالي وتطور القدرة على إنجاز الحسابات، ليأتي *Hurbert SIMON* من نفس العام ليدعم هذا الاتجاه بالانتقال من مفهوم الأمثلية إلى مفهوم التراضي *Compromise* (*Newll & Simon, 1972*)، وأتى بعده *Keeny & Raiffa* (١٩٧٦) بتعميم نظرية المنفعة على معايير عديدة لتصبح نظرية المنفعة متعددة الخصائص *Multiple Attributes Utility Theory*.

الجدير بالذكر أن معظم الأبحاث السابقة كانت تستند على الأدوات الرياضية المتوفرة خصوصاً التحليل العددي والاحتمالات وعلى تجميع التوابع الجزئية بتابع عددي وحيد. لذلك كان لا بد من التفكير باتجاهات جديدة منها ابتكار أدوات رياضية جديدة مثل المجموعات الترجيحية التي اقترحها *Lotfi ZADEH* (١٩٦٥) أو العودة إلى أصل المشكلة وأبسط مفاهيمها وهنا ظهرت من جديد أساليب معالجة مختلفة عرفت تحت اسم الطرق متعددة المعايير *Multiple Criteria Decision Methods*.

عُقد أول مؤتمر علمي للتحليل متعدد المعايير عام ١٩٧٠ في لاهاي بهولندا ضمن إطار المؤتمر السابع للبرمجة الرياضية الذي خصص أعماله للتحليل متعدد المعايير، وقُدمت أبحاث غاية في الأهمية على مستوى المفاهيم والنماذج العلمية. وعُقد عام ١٩٧٢ في جامعة كولومبيا بكارولينا الجنوبية أول مؤتمر مستقل عن التحليل متعدد المعايير في صناعة القرارات تحت عنوان *Multiple Criteria Decision Making*، فكان هذا العام البداية الحقيقية للاعتراف بالتحليل متعدد المعايير في صناعة القرارات، والخروج عن سطوة بحوث العمليات التي بقيت مهيمنة لعقودٍ طويلةٍ سواء في المناهج الجامعية أو في التطبيق العملي، وهي ما زالت غير مطروحة في مناخنا الجامعية رغم القصور الفاضح لنماذج بحوث العمليات عند التطبيق العملي في بعض المجالات، ولا نقصد من ذلك أن

^٩ *ELECTRE* مختصرات كلمات باللغة الفرنسية *ELimination des Choix Traduisant la REalité*: والمقصود بها "حذف خيارات كترجمة للواقع".

الطرق متعددة المعايير تُشكل بديلاً عن نماذج بحوث العمليات، بل على العكس تماماً هي نماذج متممة وفعّالة في حالات كثيرة، حيث لا تعطي فيها بحوث العمليات نتائج مقبولة، إذ أن هذه الأخيرة ما زالت مفيدة جداً خصوصاً الحالات التي يكون تدخل الإنسان فيها ضعيفاً.

بعد التطور المتسارع لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات *Information and Communication Technology* ودخولها الكاسح على عالم الإدارة، ظهرت تطبيقات كثيرة لهذه التكنولوجيا حسب مستويات القرارات في المؤسسات، وأصبح بالإمكان توطين الطرق متعددة المعايير بسهولة وبسرعة أكبر من السابق، فقد ظهر مفهوم نظم دعم القرارات *Decision Support System* لأول مرة عام ١٩٧١، والذي يستعير مفاهيم وتقنيات الذكاء الصناعي المفترض بها محاكاة الذكاء الإنساني في حل المشكلات، وظهر منظرون كثر ضمن هذا الإطار من أهمهم *Sprague & Carlson* (١٩٨٢) و *Klein & Methlie* (١٩٩٢)، ورغم التقدم البطيء الحاصل في تقانات الذكاء الصناعي *Artificial Intelligence*، أصبح اللجوء إلى هذه التقانات أمراً جوهرياً في صناعة القرارات، إذ تستخدم نظم دعم القرارات مفاهيم وتقانات الذكاء الصناعي في البحث عن الحلول وآليات الاستنتاج المنطقي، كما أنها تستخدم الخوارزميات المعتمدة لتخفيض درجة تعقيد المشكلات، والاستفادة من السرعات العالية للحساب التي تؤمنها المعالجات الإلكترونية، وطبعاً القدرة العالية على التخزين والوصول للمعلومات، بالإضافة إلى التطورات الحديثة في مجال التنقيب عن البيانات *Data Mining* (Tuffery, 2011).

٣-١ الكثير من الإشكاليات

يكاد يستحيل الحديث عن طرق صناعة القرارات بمعزل عن طرق حل المشكلات في جميع المجالات، فالقرار في النهاية ليس إلا حلاً لمشكلة يواجهها الإنسان في حياته المهنية أو الشخصية. وحل المشكلات هو نشاط للذهن الإنساني، كما هي عملية اتخاذ القرار تماماً، يتمثل هذا النشاط باستحضار جميع المعلومات والمعارف المخزنة في الذهن بطريقة أو بأخرى، وبتطبيق آلية تفكير وتلخيص واستنتاج معينة تؤدي إلى حل للمشكلة أو إلى اتخاذ القرار؛ لذلك سنستعرض حالياً مجموعة من الأمثلة "الكاريكاتورية" كمدخل إلى تنشيط ذهن القارئ واستحضار آليات التفكير التي نعتمدها في حل المشكلات واتخاذ القرارات، وأحياناً كثيرة دون أن نعيها الكثير من الاهتمام.

١-٣-١ هل فكرت يوماً كيف تُفكر؟

قيود على الإبداع:

- ● ● بقلم رصاص، كيف تصل هذه
- ● ● النقاط التسعة بأربع قطع مستقيمة
- ● ● دون أن ترفع القلم عن الورقة؟

تذكرنا هذه "الحزورة" بقصة الملك الفرنسي لويس الرابع عشر عندما أتى إلى زنزانة أحد السجناء المحكوم عليهم بالإعدام، وقد كانت ليلته الأخيرة قبل الإعدام، فقال له الملك: سأعطيك فرصة نادرة للنجاة من الموت، وتابع قائلاً: إن هناك مخرجاً واحداً في زنزانتك، فإن تمكنت من العثور عليه تتجو، وإلا سيأتي الحراس في الصباح لإعدامك، وغادر الملك والحراس الزنزانة، فبدأ السجين بالبحث عن المخرج، وكان فيها العديد من النوافذ والسراديب والسلالم، وكلما استكشف السجين أحد هذه المخارج اصطدم بحاجز مغلق، ومرّ الليل بطوله ولم يفلح بإيجاد المخرج، وفي الصباح عاد الملك وفتح الباب بهدوء، فوجئ السجين بأن الباب لم يكن مغلقاً! إذ لم يخطر بباله أن الأمر بهذه البساطة! فالقيود قد تكون من صنع أذهاننا وليس بالضرورة أن تكون فعلاً موجودة.

مسألة حسابية بسيطة: SEND + MORE = MONEY

يمثل كل حرف عدداً بين الصفر والتسعة، كيف تجد قيم هذه الأحرف بحيث تتحقق المساواة؟

توجيه للحلّ: يمكن العودة إلى قواعد الحساب البسيطة عن عملية الجمع، حيث يُمكن تشكيل جملة من المعادلات والمتراجحات الخطية، ثم البحث عن الحل باستخدام تقريبات متتالية:

$$\begin{array}{r}
 D + 10N + 100E + 1000S \\
 + \\
 E + 10R + 1000 + 1000M \\
 = \\
 Y + 10E + 100N + 10000 + 10000M
 \end{array}
 \quad \text{معادلة [1]}$$

كذلك يمكن تشكيل معادلة ثانية من جمع الأحاد:

$$D + E = Y + 10 t_1 \quad \text{حيث قيمة المجهول } t_1 \text{ إما } 0 \text{ أو } 1 \text{ (ما ندعوه باليد 1)}$$

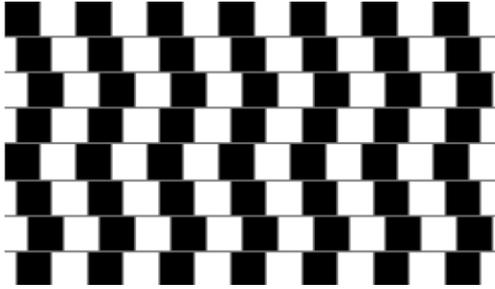
كذلك يمكن تشكيل معادلة ثالثة من جمع العشرات:

$$N + R + t_1 = E + 10 t_2 \quad \text{حيث قيمة المجهول } t_2 \text{ إما } 0 \text{ أو } 1 \text{ (أيضاً باليد 1)}$$

وهكذا ... ثم حل جملة المعادلات الناتجة بالطرق التقليدية وباستخدام المحاكاة السليمة.

ضمن هذا الإطار، طورت العديد من الخوارزميات الذكية لحل هذا النمط من المشكلات مثل خوارزمية ALICE^(١٠) (Lauriere, 1986 ؛ بونيه، ١٩٩٣).

١-٣-٢ تصور مختلف لنفس الحقيقة



يبدو للناظر أن خطوط الشبكة أنها غير متوازية، فهل هي فعلاً متوازية؟ ليس بالضرورة ما تراه العين المجردة هو كامل الحقيقة!

صدق المثل العربي القديم عندما ميّز بين البصر (الرؤية بالعين) والبصيرة (الرؤية بالعقل).



عازف المزمار:

ماذا ترى في هذه الصورة؟

عازف مزمار أم ... وجه فتاة!

هناك العديد من أمثال هذه الخدع البصرية، فقط لنقول أن الحقيقة ليس بالضرورة ما تراه العين فقط بل ما يُدركه الذهن أيضاً.

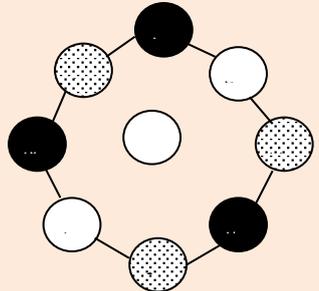
١-٣-٣ تمثيل المشكلة

تبديل مواقع الأحصنة: ليكن لديك رقعة شطرنج مؤلفة من ٩ خانات فقط، وضعنا عليها ثلاثة أحصنة لونها أسود على الخانات الثلاث الأولى وثلاثة أحصنة لونها أبيض على الخانات الثلاث الأخيرة. عليك تبديل مواقع الأحصنة: الأبيض مكان الأسود وبالعكس بأقل عدد من الحركات، علماً بأنه يمكن تحريك الحصان بالشكل التقليدي المعتمد في لعبة الشطرنج.

تخيّل تمثيل مختلف للمشكلة عبر ترقيم الخانات وتمثيل الحالات الممكنة لحركة كل حصان وفق

^{١٠}. ALICE: A Language for Intelligent Combinatory Exploration

التمثيل الجديد كما يبين الشكل [٢-١]، ومن ثم تدوير التمثيل الجديد بأقل عدد من الحركات، كل حركة تنتقل حصان إلى خانة جديدة، ويستمر التدوير حتى نصل إلى استبدال مواقع الأحصنة.



تمثيل مختلف للمشكلة (نموذج للمشكلة)

١	٢	٣
٤	٥	٦
٧	٨	٩

رقعة الشطرنج (المشكلة الفعلية)

الشكل [٢-١] تأثير تغيير شكل المشكلة

٤-٣-١ المشكلة في الطريقة

ليكن لدينا أربع مرشحين A, B, C, D لشغل منصب معين في شركة ما، تم ترتيب المرشحين الأربعة وفق معيار ٢٧ بحسب تقييم كل منهم على هذه المعايير فحصلنا على النتائج المبينة في الجدول [١-٤]. تتساءل إدارة الشركة عن الشخص الأفضل لشغل هذا المنصب، بفرض أن جميع المعايير متساوية في الأهمية؟

الجدول [١-٤] مشكلة الطريقة. ترتيب المرشحين				
عدد المعايير التي أعطت الترتيب	الأول	الثاني	الثالث	الرابع
٥	A	B	C	D
٤	A	C	B	D
٢	D	B	A	C
٦	D	B	C	A
٨	C	B	A	D
٢	D	C	B	A

يتطلب اتخاذ القرار بتعيين الشخص الأنسب إيجاد طريقة تسمح بالحكم بأن هذا المرشح أفضل من ذاك بشكل إجمالي أي بأخذ جميع المعايير بالاعتبار، لنرى ذلك بتطبيق أربع طرق مختلفة مُختارة من الواقع الفعلي في انتقاء المرشح الأنسب.

الطريقة الأولى: اعتبار أن المرشح الأكثر تكراراً في المرتبة الأولى هو المرشح الأنسب، فنرى بأن D

هو الفائز، وهذا ما نراه في طرق الانتخابات من دور واحد.

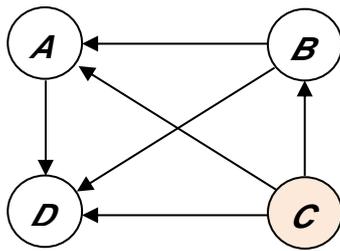
المرشح	A	B	C	D
عدد المرات	٩	-	٨	١٠

الطريقة الثانية: الاحتفاظ بالمرشحين الأول D والثاني A وإجراء مقارنة ثانية بينهما بناءً على نفس الترتيبات السابقة ومن يأتي ترتيبه أكثر في المقدمة في الجولة الثانية يحصل على المنصب، بإجراء الحسابات نرى أن A هو الفائز، ونرى تطبيق ذلك في الانتخابات من دورين كما في الانتخابات الرئاسية الفرنسية، بفرض أن الناخبين لن يُغيروا تفضيلاتهم في الدور الثاني.

المرشح	A	D
عدد المرات	١٧	١٠

الطريقة الثالثة: توزيع نقاط على المرشحين بحسب الترتيب (الأول: ٤ نقاط، الثاني: ٣ نقاط، الثالث: نقطتين، الرابع: نقطة واحدة) ومن ثم جمع نقاط كل مرشح ومن يحصل على أكبر عدد من النقاط يستحوذ على المنصب؛ بإجراء الحسابات نرى بأن B يحصل على أكبر عدد من النقاط وبالتالي هو الفائز، وهي الأكثر انتشاراً سواء في جمع علامات الطلاب في الجامعات والمدارس أو في جمع نقاط العروض في المناقصات ...

المرشح	A	B	C	D
عدد النقاط	٦٣	٧٤	٧٣	٥٦



الطريقة الرابعة: إجراء مقارنات ثنائية بين كل مرشحين ومن ثم ترتيبهم إجمالياً ومن يأتي في المقدمة يحصل على المنصب. فنجد بأن C هو الفائز^(١١).

فماذا سيكون رأي الإدارة إذا قدمنا لها هذه النتائج؟ وماذا سيكون الموقف إذا استبدلنا المرشحين بمشاريع استثمارية ضخمة (بمئات الملايين من الليرات)؟!^(١٢)

^{١١}. تتطلب هذه الطريقة مفاهيم أكثر تعقيداً من السابقة، وسنعود إلى تفاصيلها عند الحديث عن الطرق متعدد المعايير.

^{١٢}. هناك الكثير من الطرق الأخرى ويمكن دوماً تخيل طرق تتناقض نتائج كل طريقة مع نتائج الأخرى.

١-٣-٥ درجة تعقيد مشكلة القرار

لنفترض بأنه لدينا ١٠ عمليات (خياطة قميص مثلاً) نود تنفيذها باستخدام آلة واحدة أو آلتين أو أكثر حسب المتوفر علماً بأن كل آلة يمكنها أن تقوم بجميع العمليات دون شروط أخرى. هذه المشكلة معروفة خصوصاً في إدارة الإنتاج: كيف يمكن ترتيب مجموعة من عمليات تصنيع منتج ما بأقل زمن ممكن وبأقل تكلفة ممكنة؟ فما هو عدد الحلول الممكنة في حال كان لدينا آلة واحدة، آلتين، ثلاث آلات، ...؟

على آلة واحدة: يمكن مثلاً تنفيذ العملية الأولى فالثانية فالثالثة وهكذا، أو بترتيب مختلف: الثانية فالأولى فالثالثة وهكذا، أو بترتيب ثالث: الثالثة فالأولى فالثانية ... الخ. لدينا كما نلاحظ عدد كبير من الحلول:

اختيار أول عملية: ١٠ حلول ممكنة، اختيار العملية الثانية: ٩ حلول ممكنة بعد اختيار العملية الأولى وبالتالي يُصبح عدد الحلول الكلية الممكنة لاختيار العمليتين الأولى والثانية $9 \times 10 = 90$ حل. وبالنسبة للعملية الثالثة: $8 \times 9 \times 10 = 720$ حل ممكن، ... الخ. أي أن عدد الحلول الكلية الممكنة هو: $1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7 \times 8 \times 9 \times 10 = 3,628,800$ حل ممكن أي ١٠! (يُقرأ ١٠ عاملي).

على آلتين: $10! \times 10! = 3,628,800 \times 3,628,800 = 13,168,189,440,000$ حل

على ٣ آلات: $10! \times 10! \times 10! =$ عدد من ٢٠ خانة!

على ٤ آلات: $10! \times 10! \times 10! \times 10! =$ عدد من ٢٧ خانة!!

لنفترض حالياً بأنه لدينا حاسوب يقوم بحساب مليار حل في الثانية. فما هو الزمن الوصول إلى معرفة الحل باستخدام الحاسوب؟

على آلة واحدة: ٤ بالألف من الثانية تقريباً،

على آلتين: ٣ ساعات و ٣٦ دقيقة،

على ٣ آلات: ١٥٠٠ سنة،

على ٤ آلات: ٥٤ مليون قرن !!

فماذا لو كان المنتج يحتوي على ١٠٠ عملية، ونرغب بمعرفة ترتيبها الأمثل!

نتذكر جميعاً مشكلة مبتكر لعبة الشطرنج عندما طلب الملك أن يكافئه، فكان طلبه بسيط للغاية: حبتي



قمح عن الخلية الأولى، ضعفا أي ٤ حبات قمح عن الخلية الثانية، ضعفا أي ٨ حبات عن الخلية الثالثة، ... وهكذا كل خلية ضعف الخلية التي قبلها!

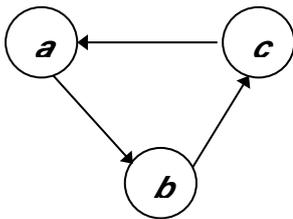
فاستهان الملك بالطلب وأمر بتلبيته على الفور، وعندما بدأ السعاة بجمع

القمح، تبين لهم بسرعة استحالة جمع العدد المطلوب من القمح عن الخلية الأخيرة الذي يبلغ 2^{64} وهو عدد مؤلف من ٢٠ خانة، وللمولعين بتقدير وزن هذه الكمية من القمح بفرض أن وزن الحبة هو غرام واحد فقط، فإن وزنها الإجمالي يساوي تقريباً ١٨,٤٤٦,٧٤٤ بليون طن! فإذا علمنا أن إنتاج جميع دول العالم من القمح لعام ٢٠٠٦ يبلغ حوالي ٢ بليون طن^(١٣)، فلو تابع السعاة جمع القمح لما ينتهوا بعد!!

في الواقع الفعلي، لا يمكن اللجوء إلى هذا التعداد أي تعداد جميع الحلول الممكنة، بل نعلم إلى استخدام أدوات ونماذج رياضية أو منطقية توصلنا إلى الحل بسرعة أكبر بكثير من الطريقة البدائية المتمثلة بتعداد جميع الحلول الممكنة.

١-٣-٦ مشكلة منطقية (Condorcet ١٧٨٥)

لنأخذ ثلاثة مرشحين a, b, c وثلاثة ناخبين، بتطبيق قاعدة الأغلبية البسيطة المعتمدة في الانتخابات، فمن الممكن الحصول على النتائج التالية:



ناخب (١): a أفضل من b أفضل من c

ناخب (٢): b أفضل من c أفضل من a

ناخب (٣): c أفضل من a أفضل من b

نلاحظ بأننا لم نتوصل إلى نتيجة، فكل مرشح هو أفضل من الآخر! وهذه النتيجة معروفة تاريخياً باسم دارسها تحت مسمى تناقض Condorcet منذ عام ١٧٨٥.

وبإجراء التقابل مع عملية اتخاذ القرارات، نأخذ ثلاثة بدائل وثلاثة معايير متساويين في الأهمية وجدول

^{١٣}. تقرير منظمة الغذاء والزراعة العالمية UN-FAO نيسان ٢٠٠٧.

التقييم الآتي [٥-١].

الجدول [٥-١] مثال عن تناقض Condorcet			
المجموع	معيار ٣	معيار ٢	معيار ١
١	٣/١	٣/١	٣/١ وزن المعيار
٢١٢	٧٠	٧٠	٧٢ بديل ١
٢١٢	٧١	٧١	٧٠ بديل ٢
٢١٢	٧٢	٧٢	٦٨ بديل ٣

لنفترض بأن الطريقة المُعتمدة في اتخاذ القرار هي الآتية:

- ✓ فرق علامة واحدة على معيار ما لا تسمح بتمييز بديلين وفق هذه المعيار أي أن البديلين متكافآن،
- ✓ طريقة الاختيار الإجمالية: عدد المعايير التي يكون فيها بديل ما أفضل من الآخر.

بتطبيق هذه الطريقة، نحصل على نفس الإشكالية السابقة: لدى مقارنة البديلين الأول والثاني: نجد الأول أفضل من الثاني على المعيار الأول (الفرق أكثر من علامة واحدة) ومتكافئين على المعيارين الثاني والثالث (الفرق يساوي علامة واحدة) وبالتالي البديل الأول أفضل من الثاني. كذلك بمقارنة البديلين الثاني والثالث بنفس الطريقة: نجد الثاني أفضل من الثالث، ولدى مقارنة الأول والثالث: نجد الثالث أفضل من الأول.

١-٣-٧ القيمة المتوقعة للربح

حيث أن القرار هو فعل تقع أحداثه في المستقبل، فنحن مضطرون دوماً لتقييم الربح المتوقع من هذا القرار، ومع ذلك فقد لا نقبل دوماً النتيجة التي نحصل عليها، ونتخذ قراراً آخر؛ كمثال على ذلك: قذف قطعة نقود n مرة متتالية، إذا حصلت على وجه في الـ n مرة تحصل على 2^n ليرة، أجرة اللعبة ليرتان مهما كانت n ؛ من خلال تجاربنا الكثيرة لهذه اللعبة، لاحظنا بأنه لا أحد يتجرأ للعب في حين أن الربح المتوقع يساوي دوماً n ، والمعروفة بلعبة Bernouilli^(١٤) منذ القرن السابع عشر.

^{١٤} Daniel Bernoulli (١٧٠٠-١٧٨٢) عالم رياضيات سويسري، عرف بتطبيق الرياضيات على ميكانيك السوائل وفي الإحصاء والاحتمالات.

لنفترض $n = 1000$ مرة، تدفع ٢ ل.س فقط أجور اللعبة. في حين أن الربح المتوقع هو:

$$G = \frac{1}{2} * 2 + \frac{1}{2^2} * 2^2 + \dots + \frac{1}{2^{1000}} * 2^{1000} = 1000$$

فهذه المشكلة في منظومة أحكامنا، أم في الطرق الموضوعية المستخدمة؟

كما نلاحظ أن مصطلح "مشكلة" يرد كثيراً في الأدبيات المتخصصة وغير المتخصصة، وكأن هذا المفهوم بديهي وواضح ومتفق عليه، لكن البديهي الأكثر أن ما تراه أنت مشكلة قد لا أراه أنا والعكس صحيح! إذاً ليس متفقاً على ما يعبر عنه هذا المصطلح، لذلك من الضروري توضيحه بشكل صريح فيما يتعلق بمشكلات القرار على الأقل.

١-٤ المشكلة *The Problem*

يُستخدم مصطلح "مشكلة *Problem*" يومياً عشرات المرات، فما هو المقصود به؟ وكيف يتم التعامل مع هذه الظواهر في المنظمات، ونمذجتها؟ هذا ما سنراه في الفقرات اللاحقة.

١-٤-١ مفهوم المشكلة *Problem Concept*

المشكلة بالتعريف هو الفرق بين الحالة المرصودة للظاهرة المدروسة ومرجعيتها محددة، فقد يبدو الفرق بين الظاهرة والمرجعيتها، كإشارة من أحد أطراف القرار بالقياس إلى أهدافه ومرجعياته، أو كقيمة موضوعية تم حسابها؛ وتتجلى المشكلة في قصور النظام عن أداء وظائفه وتحقيق أهدافه، ويُقصد بالحالة المرصودة للمشكلة القيم التي تأخذها متغيرات المشكلة، أو مجموعة الظروف والشروط الداخلية والخارجية، التي يكون عليها النظام في لحظة معينة؛ وقد يكون الفرق من نمط موضوعي قابل للقياس مثل؛ رفض المورد التسليم في الوقت المحدد، تناقص المبيعات، تعطل الآلة، تزايد شكاوى الزبون، ... الخ، أو يعبر عن اختلاف في المرجعيات، مثلاً بين مالك الشركة الذي يهتم بزيادة الأرباح، ومدير التسويق الذي يهتم بتقديم الخدمة الأفضل للزبون ... الخ.

تمر المشكلة بعدد من المراحل الأساسية (Bouyssou et. Al., 2006, pp. 56):

(١) تشخيص المشكلة *Diagnosis*: تتلخص في تعريف المشكلة وتحديد حالتها في بداية إدراكها،

والتمييز بين أعراض المشكلة وأسبابها وعزلها من بيئتها.

(٢) تحليل المشكلة *Analysis*: تتلخص في تحديد الأهداف المرجو تحقيقها عند تطبيق حل ما للمشكلة، وتحديد متغيراتها، ودراسة الأسباب، ومن ثم صياغتها كنموذج قابل للمعالجة والحل للمشكلة.

(٣) حل المشكلة *Solution*: نقل المشكلة من حالة غير مقبولة إلى حالة مقبولة، أي أنها عملية تتضمن مجموعة من الإجراءات والأفعال، تهدف إلى تحقيق أهداف محددة، ومن أهم هذه الأهداف اختيار البديل الأفضل.

مثال (١-١) حجز غرف في فندق.

قامت الشركة بدعوة عدد من الأشخاص لصالحها وتم حجز عدد من الغرف في الفندق، ولكن كان عدد الواصلين إلى الفندق أكبر من العدد المتفق عليه مع الفندق.

مرحلة المشكلة	الحالة
١ رصد الفارق عن المرجعية	يتلقى مدير الشركة هاتفاً من عامل الفندق مشيراً أن عدد ضيوف الشركة لم يكن العدد المتفق عليه سابقاً
٢ إذا كانت المشكلة معروفة سابقاً، تطبيق آلية حل مناسبة	يتصل المدير بمسؤول العلاقات العامة لاعتقاده أن هناك خطأ
٣ أما إذا كانت غير معروفة، وضع آلية حل جديدة	يحاول هذا الأخير تذكر لمصلحة من تم استدعاء الضيوف إلى الفندق ليجد أنهم لمصلحة مديرية الإنتاج
٤ الوصول إلى حل "موجود" للمشكلة	يتصل به لتأكيد عدد الضيوف فيتم التأكيد إلى عامل الفندق
٥ استخدام حد أدنى من الموارد	عبر مدير الإنتاج مباشرة
٦ إمكانية التعديل والإصلاح إذا تضررت آلية الحل	ويؤكد ذلك مسؤول العلاقات العامة
٧ عدم ظهور مشاكل أخرى التي قد تكون أكثر تعقيداً عند حل المشكلة الراهنة	يصدر المدير العام تعميماً جديداً لآلية دعوة الضيوف إلى الشركة وتأمين إقامتهم كي لا تتكرر المشكلة

من المؤكد أن اتخاذ القرار يعني حل مشكلة، وحل المشكلة يعني الانتقال بها من حالة غير مقبولة إلى حالة مقبولة، لكن هذا الانتقال قد يكون عبر طرق عديدة توّطرها منظومة القرار.

١-٤-٢ تمييز المشكلة *Problem Identification*

قد يستطيع متخذ القرار من خلال خبراته والمؤشرات الموضوعية ملاحظة وجود فارق عن الحالة الطبيعية أو المرجعية، لكن ذلك يتعلق بعاملين مهمين:

١. يعود الأول إلى مستوى الضغط النفسي (البيئة الداخلية) لمتخذ القرار مما يجعله يبحث عن مؤشرات موضوعية تثبت أو تنفي هذا الإحساس بالضغط.

٢. ويتعلق الثاني بقدرة متخذ القرار على إدراك المشكلة خصوصاً في الحالات الجديدة أو غير المعروفة له سابقاً، وذلك عبر المعلومات المتوفرة والمؤشرات الموضوعية عن حالة المشكلة (البيئة الخارجية لمتخذ القرار).

لكن الإحساس بالضغط النفسي ووجود مؤشرات على انحراف عن الوضع الطبيعي لا يعني بالضرورة القدرة على تعريف المشكلة بشكل سليم، إذ أن تعريف المشكلة الحقيقية لا يقل أهمية عن معالجتها؛ ومن الضروري جداً التأكد من أن المشكلة التي سنحلها هي فعلاً المشكلة المطلوب حلها أم أننا نحل المشكلة الخاطئة أو مشكلة وهمية، مما لا يؤدي إلى تصحيح المسار إلى الوضع الطبيعي، وقد يستحيل العودة بهذا المسار إلى الوراء والتصحيح لأن الزمن حاسم وغير عكوس *Irreversible*، ويحتم ذلك على متخذ القرار الانتقال في التعامل مع المشكلة من حالة انفعالية إلى حالة عقلانية فاعلة (علي، ٢٠٠١).

مثال (٢-١) أسطول النقل.

لدى إحدى المؤسسات مؤشرات عن عدم تلبية الزبائن بسبب ضعف أداء أسطول النقل في المؤسسة، فذهب مدير النقل إلى تعريف المشكلة مباشرة على أن عدد السيارات غير كافٍ وبالتالي يجب شراء سيارة كبيرة أو سيارتين صغيرتين، في حين يرى مدير التسويق أن المشكلة تتعلق بسوء إدارة أسطول السيارات المتوفرة، لذلك يجب الاتفاق على تعريف المشكلة قبل طرح خيار الشراء، فهل فعلاً يجب الشراء أم إعادة تنظيم أسطول السيارات الموجودة فعلياً؟

هناك عدة مستويات لتمثيل المشكلة لكي تُصبح قابلة للحل:

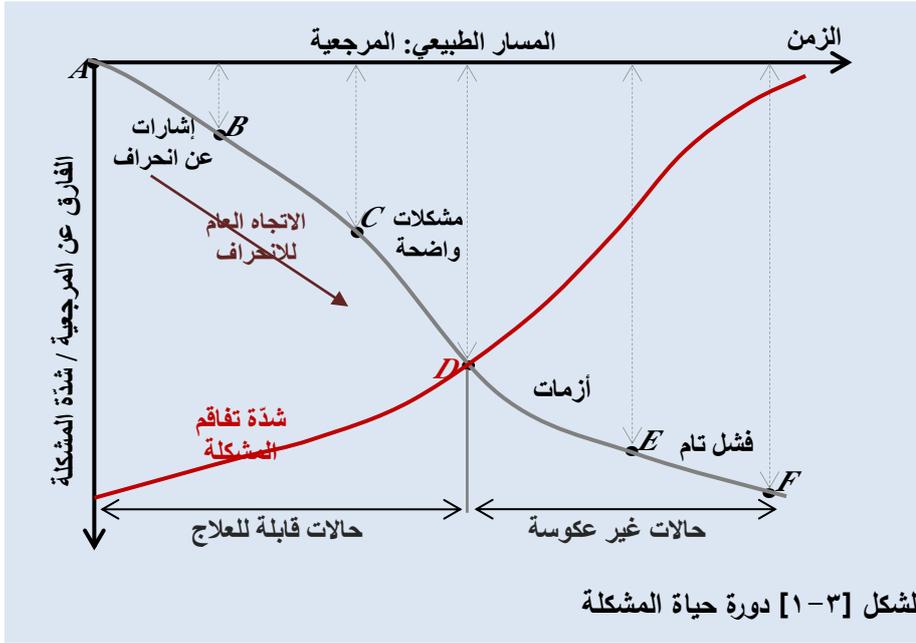
١. بروز المشكلة وملاحظتها من خلال المنظومة الثقافية والنفسية والتنظيمية لمتخذ القرار، فإذا لم يُدرك متخذ القرار المشكلة فليس لدينا مشكلة.

٢. تعريف المشكلة والتي تتضمن حكماً اختيار الإطار العام لأسلوب ومنطق الحل.
 ٣. نمذجة المشكلة بشكل صارم ضمن إطار الأسلوب الذي تقبله طريقه الحل، فلا يمكننا مثلاً صياغة المشكلة بشكل توابع رياضية واستخدام أسلوب وصفي أو شبكي في الحل.
 ٤. وأخيراً، تطبيق طريقة الحل، أو بناء طريقة جديدة للحل، وإجراء حساسية لمتغيرات المشكلة، ودراسة درجة ثباتها في مواجهة تعديل هذه المتغيرات.
- قد لا تتم هذه المراحل بالشكل الخطي، بل هناك نشاط تجريبي يأخذ بالاعتبار تعقيد الواقع، والسلوكية العقلانية لمتخذ القرار ضمن القيود المفروضة، وهذا ما قاد إلى طرح النظرية السلوكية في صناعة القرارات (Newell & Simon, 1972) التي سنعود إليها لاحقاً.

٣-٤-١ دورة حياة المشكلة *Problem Life Cycle*

يُظهر الشكل الآتي [٣-١] تطور المشكلة عبر الزمن في حال عدم التدخل لتصحيح المسار في الوقت المناسب، حيث يمكن النظر إلى النقاط $F E D C B A$ كنقاط مرجعية للوقوف على حالة تطور المشكلة، وفي معظم الحالات عندما نصل إلى حدّ معين من الفرق عن المرجعية ولتكن النقطة D مثلاً تعتبر العودة إلى الحالة الطبيعية شبه مستحيلة بالأدوات التقليدية أي ندخل في آليات ومنطق مختلف للمعالجة، فنقول في هذه الحالة إنّ المشكلة دخلت في منطق الأزمة، وإعادتها إلى الوضع الطبيعي غير ممكن، فالأزمة عبارة عن خلل يؤثر جوهرياً على افتراضات النظام، ويؤدي إلى تغيير في البيئة يخرج عن الإطار المعتاد (الحملوي، ١٩٩٣).

تختلف كثيراً حساسية الكوادر البشرية في الشركات تجاه قراءة أو تفسير الإشارات التي تبثّها متغيرات المشكلة، كما يستخدم ذهن متخذ القرار الكثير من المعلومات والمعارف، وأيضاً الاستنتاجات عند البحث عن حلّ للمشكلة، والاستنتاج هو تلك العملية المنطقية التي يقوم من خلالها الذهن بمقارنة إشارة معينة (وصول معلومات أو أحداث) للظاهرة المدروسة، مع إشارات أخرى مثبتة سابقاً أنها صحيحة، أو خاطئة ليحكم على الإشارة الجديدة بصحتها أو لا.



قد يتطلب تحديد المرجعيات التي سيتم المقارنة معها الكثير من الجهد الذهني والموارد، خصوصاً عند استخدام آليات مراقبة الإشارات ذات الطابع الميكانيكي أو المؤتمت أو قد نضطر إلى تعريف المصطلحات التي نستخدمها في اللغة الدارجة، لنأخذ المثال المبين في الشكل [٤-١] لتوضيح ما نقصده بالمرجعية والمصطلحات التي نستخدمها وكيفية التحقق من معيار المراقبة.

التحليل: طرحنا مشكلة بسيطة، تلقيت إشارة/معلومة بصرية فأعطيت الجواب.

التحقق من الجواب: ما هو المعيار الذي يسمح لنا بالتحقق من الجواب "منزل"؟

معيار التحقق: المنزل هو مكان ثلاثي الأبعاد يمكن الإقامة فيه؟ فهل يمكن الإقامة في الشكل المرسوم أعلاه، فيتم تصحيح الجواب ليصبح "صورة منزل" أو "شكلاً لمنزل" فمصطلح صورة أو شكل يُعبّر عن مرحلة الإدراك الواعي، في حين أن مصطلح منزل تأتي كمرحلة تقييم ذهني للمقصود من الشكل.



سؤال: ما هذا؟

جواب: منزل

الشكل [٤-١] الواقع والنموذج

١-٥ تقدير المخاطر Risk Evaluation

عادةً ما يكون إدراك مخاطر وقوع حدث جسيم مرتفعاً بقدر ما يكون هذا الحدث صعب التنبؤ به، أي

عدم توفر معلومات كافية لتوقع حدوثه، وعدم توفر الأدوات المعرفية الكافية لتوقع مثل هذه الأحداث، لذلك نلجأ قدر الإمكان إلى إدارة المعلومات المتوفرة لسدّ النقص سواء من حيث الدقة في تقييمها أو مصداقيتها أو الشك فيها أو حتى عدم توفر جزء هام منها أحياناً، إذ أنّ الفجوة في المعلومات والمعارف هو ما يؤدي إلى الخطر، إذ لو توفرت المعلومات الكاملة والدقيقة سيكون من الأسهل بكثير معالجة المشكلات (الكاشف & عبد المنعم، ٢٠٠٨).

ما يُقصد بعجز أو نقص المعلومات لدى مواجهة مشكلة ما هو التواجد في حالة عدم القدرة على اتخاذ قرار في ظروف "مقبولة أو طبيعية"، ويمكن الإحساس بها عندما يشعر متخذ القرار بأنه في وضع عاجز عن اتخاذ القرار دون اللجوء إلى شيء من المجازفة، أو السلوك غير العقلاني؛ مثلاً، أن يكون متخذ القرار في حالة اتخاذ القرار بشأن الدخول إلى أحد الأسواق الأجنبية دون أن تكون لديه المعلومات الكافية، ولديه فقط مؤشرات عامة عن أسواق كامنّة، وبالتالي قد تكون المخاطر كبيرة؛ يمكن مثل مواجهة هذه الحالة بكثرة في حالات الأزمات والكوارث بسبب ضغط الزمن وتسارع الأحداث، لذلك يكون لدينا نزعة لعدم الثقة بالمعلومات التي تنتشر في وسائل الإعلام التي تسعى إلى زيادة مشاهديها، أو قراءها عبر أساليب تضخيم أو تقزيم المعلومات الحقيقية، وقد تكون في بعض الأحيان السياسة العامة المعتمدة كما كان يقول وزير إعلام هنتر "الكذب، الكذب، الكذب، فسوف يصدقون".

نقول عن خطر ما بأنه "جيد" إذا كان التحدي يبرر المجازفة فالخطر المجاني هو بالتأكيد "سيئ". مثلاً، تجاوز الإشارة الحمراء للوصول باكراً لاحتماء فنان من الشاي هو خطر "سيئ"، لكن تجاوز الإشارة الحمراء لإنقاذ طفل أو لإنقاذ صفقة تجارية بملايين الدولارات هو خطر "جيد"، فأى فعل ناتج عن القرار يتضمن شيئاً من المجازفة، فالمشكلة تتمثل إذاً في تقدير حجم التحدي مقابل المجازفة، أو حجم الريح مقابل الخسارة، وعادة ما تكون المجازفة الكبيرة مترافقة مع ربح كبير!

من المفيد لتقدير حجم المخاطر التي نواجهها أن نتساءل عن تعريف المنافسين/الخصم (من هم؟، قدراتهم..)، ما هي التحديات التي نواجهها؟ ما هي الخيارات المتاحة؟ ما هي الأحداث من الأطراف المنافسة التي يمكن أن تقع؟ ما هي احتمالات وقوع هذه الأحداث؟

إنّ وضع نموذج جيد يجب أن يتجنب الدقة المصطنعة (مما يجعلها اعتباطية وبالتالي غير أكيدة) وأن يتجنب عدم الدقة (مما يجعله غير ذي فائدة)، ويجب أن يأخذ بالاعتبار نقص المعلومات كونها ظاهرة

مألوفة في صناعة القرارات، وذلك رغم قلة الأدوات المتوفرة لمعالجة هذا النقص فهي لا تخرج عن نطاق حالات أو فئات ثلاث: حساب الارتياح رياضياً، ونظرية الاحتمالات، والتقديرات الذاتية للخبراء.

(أ) حساب الارتياح: في هذه الحالة تكون القيمة معروفة لكن يشوبها شيء من عدم الدقة بسبب خلل في أداة القياس أو سوء استعمالها، ولا يمكن تطبيقه إلا على متغيرات كمية، كأن نقول مثلاً معدل الفائدة هو $10\% \pm 1\%$ ولا يمكن القول رياضياً حوالي 10% .

(ب) نظرية الاحتمالات: تُستخدم عندما يكون لدينا معرفة كاملة بجميع النتائج الممكنة لوقوع حدث أو جميع القيم الممكنة لمتغير ما، لكن لا يمكن التكهن بأي من هذه النتائج أو القيم ستتحقق، مثلاً، هناك نتيجتان ممكنتان لدى تقدم الطالب للامتحان إما النجاح أو الرسوب، لكن لا نستطيع تأكيد هذه النتيجة أو تلك. رغم أن نظرية الاحتمالات هي نظرية رياضية بامتياز حيث فرضياتها واضحة وغير قابلة للتأويل ونماذجها مثبتة، لكن الفرضية الأساسية المتعلقة بجمع احتمالات الأحداث المستقلة تبدو غير واقعية عند تطبيق النظرية في القرارات الإنسانية كما يبين المثال اللاحق.

مثال (٣-١) ظاهرة التعاضد.

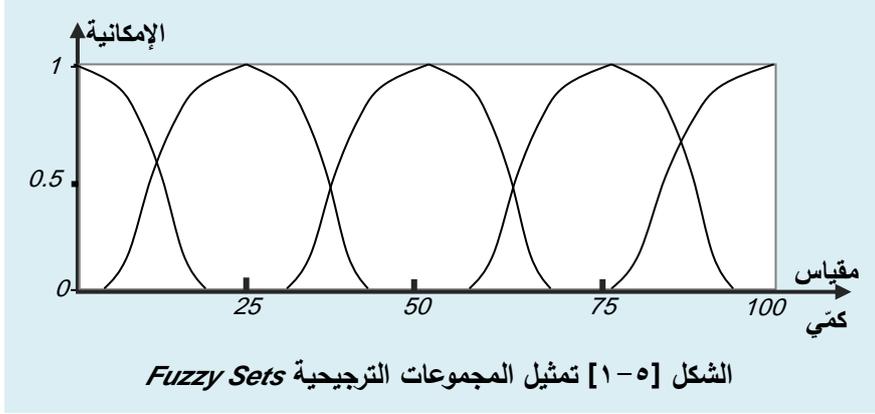
لدينا عاملان حيث احتمال أن ينجز الأول 60% من العمل وأن ينجز الثاني 40% من العمل، فمن يستطيع أن يؤكد أن اجتماع العاملين يؤدي إلى احتمال إنجاز 100% من العمل؟ فظاهرة التعاضد *Synergy* أو التعاون تخرج عن نطاق المعالجة وفقاً لنظرية الاحتمالات.

(ت) التقديرات الذاتية: خصوصاً في الحالات التي نواجهها للمرة الأولى، أو عدم توفر معلومات تسمح بتمييز نتيجة عن أخرى، حيث يتم الطلب من مجموعة من الخبراء تقدير أي النتائج أو القيم الأكثر رجحاناً أو حتى تقدير احتمالات كل من النتائج الممكنة والعودة لاستخدام نظرية الاحتمالات.

حديثاً، طرح البعض (Zadeh, 1965) أدوات جديدة مساعدة على نمذجة المصطلحات اللغوية الطبيعية التي نستخدمها (جيد، مقبول، حوالي، ...) دعيت بالمجموعات الترجيحية *Fuzzy Sets* كما يبين الشكل [١-٥]، حيث يتم التعبير عن تقييم المصطلحات اللغوية (سيء جداً، سيء، مقبول، جيد، ممتاز) على مقياس كمي من ٠ إلى ١٠٠ كما يلي:

✓ يأخذ الحدث القيمة الأعلى (١) إذا كان التقييم اللغوي هو الأكثر واقعيةً،

- ✓ يأخذ القيمة صفر إذا لم يكن بالإمكان أبداً أن يأخذ أية قيمة لغوية،
- ✓ قيمة بين ٠ و ١ لتقدير حالة التقابل بين القيمة الكمية والتقييم اللغوي.



لدى تقييم المخاطر، يجب الأخذ بالاعتبار مجموعة من العوامل والمعايير (Klinke, 2002):

١. مدى الضرر *Extend of Damage*: الذي يلحق بالبشر أو بالتجهيزات أو بالأبنية أو غيرها في حال حدوث الخطر.
٢. احتمال الوقوع *Probability of Occurrence*: عدد المرات التي حدث فيها سابقاً، أو تقدير احتمال حدوثه في حال كان يواجه لأول مرة.
٣. مدى التأكد *Incertitude*: مؤشر إجمالي لحالات العناصر المشكوك فيها.
٤. مدى الانتشار *Ubiquity*: تحديد المساحات الجغرافية التي يمكن أن ينتشر فيها.
٥. العناد/الاستمرارية *Persistency*: تحديد المدى الزمني للأضرار الجسيمة التي تلحق بالبشر وأصول المنظمة.
٦. إمكانية الإصلاح *Reversibility*: تحديد إمكانية إعادة الحالة إلى ما كانت عليه قبل وقوع الخطر وإصلاح الضرر.
٧. الآثار اللاحقة المتأخرة *Delay Effect*: تقدير الأضرار التي يمكن أن تظهر خلال فترة طويلة من الزمن.
٨. اختلال العدالة *Violation of Equity*: تقدير الفروقات بين المستفيد من الخطر والمتضرر منه.
٩. إمكانية التحرك *Potential of Mobilization*: قدرة الأفراد والمجموعات المتأثرة من آثار الخطر على التحرك لتجاوز مشكلاتها وأضرارها.

اختبارات وأسئلة الفصل الأول Tests

(١) أسئلة صح / خطأ True/False

خطأ	صح	السؤال
		١ دوماً ما يترافق السعر العالي مع جودة عالية للمنتج.
		٢ ينتج القرار كحل وسط أو توفيق بين المعايير المتنازعة لإرضاء رغبات مختلفة.
		٣ دوماً ما تكون المعايير كمية ويجب عدم أخذ إلا المعايير التي بطبيعتها كمية.
		٤ يمكن في حالة المعايير غير الكمية تعريف مقاييس كمية.
		٥ المشكلة بالتعريف هي الفارق بين حالة الظاهرة المرصودة، ومرجعية معرفة.
		٦ تعتبر مرحلة التشخيص المرحلة الأخيرة من حياة المشكلة.
		٧ الهدف الرئيسي لمرحلة حل المشكلة هو إيجاد البديل الأفضل.
		٨ يعتمد متخذ القرار على حدسه وحالته النفسية فقط لتمييز المشكلة.
		٩ يُمكن التدخل في أي مرحلة من حياة المشكلة وإيجاد حل لها.
		١٠ لا يختلف إطلاقاً منطق ومنهج حل الأزمة عن منطق ومنهج حل المشكلة.
		١١ من الضروري تعريف المصطلحات للدلالة على الفهم السليم لعناصر المشكلة.
		١٢ لا تؤثر الفجوة بين المعلومات التي يحتاجها متخذ القرار والمعلومات المتوفرة على حدوث الخطر.
		١٣ ينجم الإحساس بالخطر عند وجود متخذ القرار في حالة عدم القدرة على اتخاذ القرار دون شيء من المجازفة.
		١٤ يمكن المجازفة وقبول نتائج المخاطر إذا كانت تقديرات الأرباح أكبر من الخسائر.
		١٥ يتمتع النموذج ويجب أن يتمتع دوماً بالتعقيد والدقة الزائدة.
		١٦ نظرية الاحتمالات هي الأداة الوحيدة المتوفرة لمعالجة المخاطر.
		١٧ يمكن اعتبار الحرب العالمية الثانية هي البداية الفعلية لاستخدام الأساليب الرياضية في حل المشكلات الإدارية.
		١٨ لا تعتبر الطرق متعددة المعايير جديدة بمفاهيمها بل في آليات التجميع والحسابات.
		١٩ لم يؤثر التطور في تكنولوجيا المعلومات على أساليب حل مشكلات القرار.
		٢٠ قد يؤدي تغيير شكل المشكلة في العديد من الحالات إلى إيجاد طريقة للحل.

٢) أسئلة خيارات متعددة *Multiple Choices*

- ١- لدى تعريف المشكلة، يُقصد بالفارق بين الحالة المرصودة، ومرجعيات محددة ما يلي:
- (أ) إشارة من أحد أطراف القرار
(ب) قيم موضوعية يتم حسابها
(ج) خلل في أداء النظام
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٢- تتمثل المراحل الرئيسية التي تمر بها المشكلة كما يلي:
- (أ) تشخيص المشكلة
(ب) تحليل المشكلة
(ج) حل المشكلة
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٣- يستخدم الذهن الإنساني عملية الاستنتاج أثناء معالجة المشكلة ويُقصد بها:
- (أ) مقارنة إشارة معينة مع إشارات مرجعية مثبتة
(ب) نفي معارف جديدة
(ج) الذهاب إلى تطبيق الحل فوراً
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٤- هناك ثلاث مرجعيات للتعامل مع نقص المعلومات في صناعة القرارات، هي بالإضافة إلى حساب الارتياح:
- (أ) التوزيع الطبيعي والتوزيع الثنائي
(ب) تحليل وحل المشكلة
(ج) نظرية الاحتمالات والتقديرية الذاتية
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٥- من أهم المعايير المستخدمة في تقييم المخاطر ما يلي:
- (أ) مدى الضرر
(ب) احتمال وقوع الخطر
(ج) مدى الانتشار الجغرافي والزمني
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

٣) أسئلة ١ قضايا للمناقشة

السؤال (١) مفهوم المشكلة وتمييزها.

١. ما هو المقصود بمصطلح المشكلة؟
٢. كيف يتم التعرف إلى المشكلة وتمييزها من قبل متخذ القرار؟
٣. اشرح بإيجاز المراحل الرئيسة لتطور المشكلة؟ وضح أجوبتك بأمثلة المناسبة.

السؤال (٢) دورة حياة المشكلة.

اشرح بالمخططات مراحل تطور حياة المشكلة مبيناً مجالات التدخل الفاعل لحل المشكلة ومجالات تحولها إلى أزمة.

السؤال (٣) مفهوم الخطر ومعايير تقييمه.

أجب عن الأسئلة الآتية مع الأمثلة عند الحاجة.

١. اشرح بإيجاز ما هو المقصود بمصطلح الخطر؟
٢. ما هي أهم الأسئلة التي يتوجب الإجابة عليها لتقدير حجم المخاطر؟
٣. ما هي الأدوات الرئيسة التي يمكن استخدامها للتعامل مع الخطر؟
٤. اذكر بإيجاز أهم المعايير لتقييم المخاطر؟

ملحق: القرار الإداري *Administrative Decision*

يُقصد بمصطلح قرار إداري هنا القرارات التي تصدرها السلطات الحكومية والموجه للمصلحة العامة، ويعتمد نفس الأساليب والمنهجيات والتقنيات في التحضير له التي نراها لأنماط أخرى من القرارات؛ ونظراً لخصوصيته، نستعرض فيما يلي مفاهيمه وأركانه وفق القانون السوري.

يعرف القرار الإداري بأنه "إفصاح عن إرادة يصدر عن سلطة إدارية، ويرتب آثاراً قانونية" (طلبة، ١٩٨٩، ص ٢٢٨)، كما عرّفته محكمة القضاء الإداري في سورية بأنه "إفصاح الإدارة عن إرادتها الملزمة للأفراد بناءً على سلطتها العامة بمقتضى القوانين واللوائح حين تتجه إرادتها إلى إنشاء مركز قانوني يكون جائزاً وممكناً قانوناً، ويباحث من المصلحة العامة التي يبتغيها القانون"^(١٥). يُقصد بالسلطة الإدارية أية جهة تملك امتيازات السلطة العامة، ومن أهم مظاهر هذه الامتيازات، إقدام الإدارة على استخدام سلطة إرادتها المنفردة لرفض قرارات تُرتب لها حقوقاً والتزامات في مواجهة الغير، دون الحاجة للحصول على رضاهم أو موافقتهم. هناك خمسة أركان للقرار الإداري:

(١) **محل القرار الإداري:** أي موضوع القرار أو الأثر القانوني الذي يترتب عليه، ويجب أن يكون الأثر القانوني متعيناً وممكناً وجائزاً قانوناً، مثلاً، القرار الصادر بتسخير شخص أو بمصادرة أمواله باطل، لأن الموضوع غير جائز قانوناً، أو القرار بمنح مكافأة مالية لأحد العاملين.

(٢) **سبب القرار الإداري:** أي الأمر الموضوعي الذي يسبق القرار ويكون دافعاً إلى وجوده، فالسبب مثلاً في قرار منع الأفراد من الانتقال من منطقة معينة أو إليها، هو انتشار وباء في هذه المنطقة مثلاً. السبب ليس عنصراً شخصياً لدى متخذ القرار، وإنما هو عنصر موضوعي خارجي عنه، من شأنه أن يبرر صدور القرار، ويُعد وجود السبب ضماناً لحقوق وحريات الأفراد ضد تعسف الإدارة في استخدامها للسلطات الممنوحة، ويخضع لرقابة القضاء الإداري، والأصل أن الإدارة ليست مُلزمة بذكر السبب إلا إذا كان هناك نص قانوني، لكن القرينة القانونية تفيد بأن لكل قرار إداري سبباً مشروعاً.

(٣) **الغاية من القرار:** أي الهدف النهائي الذي يسعى القرار الإداري لتحقيقه، فالغاية بهذا المعنى تختلف عن النتيجة المباشرة للقرار، أو الأثر القانوني (محل القرار)، مثلاً، الغاية من إصدار قرار بترقية موظف تستهدف حسن سير المرافق العامة، في حين أن النتيجة المباشرة قد تكون زيادة في الأجر أو الانتقال إلى مكتب أو مكان آخر. على الإدارة دوماً أن تهدف إلى الصالح العام، ولا يجوز لمتخذ القرار السعي إلى تحقيق نفع شخصي، أو غرض سياسي، أو ديني أو انتقامي، ويعتبر القرار باطلاً لعبب الانحراف في السلطة، أو إساءة استعمال السلطة.

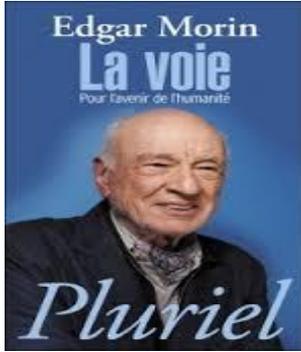
^{١٥}. حكم محكمة القضاء الإداري في القضية رقم ١٣٢ لسنة ١٩٦٠.

٤) **شكل القرار الإداري:** يُقصد به المظهر الخارجي الذي يبدو فيه القرار، والإجراءات التي تُتبع في إصداره. تهدف الشكليات إلى ضمان حسن سير المرافق العامة من ناحية، وضمان حقوق الأفراد وحرياتهم من ناحية أخرى، كما أنها تشكل ضماناً للإدارة نفسها تمنعها من الارتجالية والتسرع. الأصل أن القرار الإداري لا يخضع لشكلٍ معين، إلا إذا نصّ القانون على خلاف ذلك بكتابته، أو اتخاذ إجراءات محددة، وفي حال سكوت النص القانوني، فإن قواعد الشكل والإجراءات غالباً ما يجري بالإحالة إلى مبدأ الإجراءات الموازية، أي أنه في حالة ضرورة إتباع إجراءات معينة من أجل اتخاذ قرارٍ ما، فإن هذه الإجراءات يجب إتباعها من أجل اتخاذ القرار المعاكس، ولا يؤدي عيب الشكل إلى بطلان القرار الإداري، إلا إذا نصّ المشرع صراحةً على البطلان في حالة عدم استيفاء الشكل المطلوب، أو إذا كان العيب جسيماً بحيث أن تلافيه كان يمكن أن يؤثر في مضمون القرار.

٥) **الاختصاص:** ويقصد به القدرة القانونية التي يمتلكها موظف عام أو سلطة عامة، وتُخول له حق اتخاذ قرار معين، ولكن قد يعتري النصوص بعض الغموض والالتباس، وعندها يمكن اتباع مبدأ الاختصاص المتوازي، أي أن السلطة المختصة في اتخاذ قرار تكون مختصة أيضاً في اتخاذ القرار المعاكس. مثلاً، الاختصاص بمنح ترخيص بناء يتضمن الاختصاص بسحب الترخيص، لكن هذا المبدأ ليس مطلقاً، وفي العديد من الحالات يجعل السلطة التي تملك إلغاء تصرف معين غير تلك التي تُبرمه، فمن يملك سلطة تعيين عامل قد لا يملك سلطة فصله من عمله، ولكي يكون القرار صحيحاً يجب أن يصدر من صاحب الاختصاص القانوني في إصداره، وهذا ما أيده المحكمة الإدارية العليا السورية.

الفصل الثاني: نظام القرارات في المؤسسة

Decision System In the Organization



"كنا في السابق نعالج النظم كأشياء،

حالياً علينا أن نتصور الأشياء كنظم"

Edgar MORIN ^(١٦)

^{١٦}. Edgar MORIN (١٩٢١-) فيلسوف فرنسي معاصر، يُعتبر أحد مفكري ومؤسسي التفكير المنظومي.

خلاصة الفصل:

تبين الدراسات الحديثة في أساليب اتخاذ القرارات أن هذه الأخيرة تُتخذ بالتجريب والتفكير الشمولي غير الخطي الذي أجبرتنا عليه العلوم الرياضية لفترة طويلة، علينا إذاً أن نفكر بأساليب إبداعية خلال عملية اتخاذ القرارات، فمُتخذ القرار الناجح هو القادر دوماً على ابتكار بدائل جديدة، وهذا ما يلمح إليه *SIMON* عندما طرح نموذجَه *.GPS*.

فالمؤسسة هي منظومة تتكون من منظومات فرعية أهمها نظامي المعلومات والقرارات، هذا ما سنركز عليه سنرى في هذا الفصل من حيث تحديد مسلمات صناعة القرار، وتحديد إشكالية المنظومة ثم النمذجة، كما سنتحدث عن مفهوم العقلانية المحدودة كأحد أهم نماذج صناعة القرار.

كلمات مفتاحية *Key Words*:

مسلمة الحقيقة من الدرجة الأولى *Assymption of First Order Reality*، مسلمة مُتخذ القرار *Assymption of the Decision Maker*، المساعدة على اتخاذ القرار *Assymption of the Optimality*، المساعدة على اتخاذ القرار *Decision Aid*، الحيادية *Neutrality*، الموضوعية *Objectivity*، إشكالية النظم *System Problematic*، النمذجة *Modeling*، العقلانية *Rationality*، نموذج سايمون *Simon Model*، القرارات الاستراتيجية *Strategic Decisions*.

مخطط الفصل:

- ١-٢ المسلمات *Assymptions*.
- ٢-٢ المساعدة على اتخاذ القرار *Decision Aid*.
- ٣-٢ إشكالية النظم *System Problematic*.
- ٤-٢ النمذجة والواقع *Modeling & Reality*.
- ٥-٢ العقلانية المحدودة ونموذج *Simon*.
- اختبارات وأسئلة الفصل الثاني *Tests*.
- ملحق: القرارات الاستراتيجية في المنظمة *Strategic Decisions*.

٢-١ المسلمات *Assumptions*

تتخذ قرارات يومياً، سواء كان على مستوى بلد أو محافظة أو مؤسسة حكومية أو خاصة أو مصنع أو بكل بساطة على مستوى الحياة الشخصية، وتخص أهدافاً بدرجات مختلفة، هذه القرارات هي بالتأكيد ليست نتاج فرد وحيد حتى وإن كان من صلاحيته اعتمادها أو رفضها، فكل يوم نتخذ قرارات أو نخضع لتأثير قرارات الآخرين، فمنذ القدم والإنسان يحاول أن يجرد القضايا ليعلل أفعاله. إن ما نقصده بالقرارات التي نتحدث عنها حالياً هي القرارات المتعلقة بالمؤسسات والشركات وجميع الكيانات الاقتصادية الأخرى خصوصاً في المستويات الإدارية العليا؛ رغم أن المنهجية المتبعة تبقى صالحة عند دراسة أي قرار آخر، لكن القرارات المتعلقة بالتنظيمات هي الأكثر دراسةً وأهميةً، نذكر على سبيل المثال: تخطيط الإنتاج، نشر شبكة مندوبي المبيعات، تعيين العاملين، فض العروض، دراسات الجدوى، الاستثمارات، حركة أسطول من الآليات، تقييم أداء العاملين، شراء أو بيع أسهم في البورصة، ... الخ.

يُلاحظ بأن هناك "تراجع" عن الخاصية العلمية التي توصم بها أية دراسة "علمية" للقرار، يعود السبب إلى وجود مسلمات ضمنية لا تذكر صراحةً منها (Roy, 1996):

أ- مسلمة الحقيقة من الدرجة الأولى *First Order Reality*،

ب- مسلمة متخذ القرار *One Decision Maker*،

ج- مسلمة الأمثلية *Optimality*.

سنستعرض بشيء من التفصيل كل من هذه المسلمات.

٢-١-١ الحقيقة من الدرجة الأولى

تعود مرجعية العناصر الأساسية (الأفضليات، الحدود الفاصلة بين الممكن وغير الممكن، نتائج فعل ما، ...) التي تستند عليها عملية صناعة القرار، إلى كائنات معرفية يمكن النظر إليها كمعطيات (متواجدة خارج الدراسة ومستقلة عنها) ومستقرة بما فيه الكفاية (بالنسبة للزمن، تعدد الأطراف، الإشكالية واستنتاجات مهندس القرار)، وتشير إلى حالة أكيدة أو قيمة أكيدة لهذه الخاصية أو تلك (يمكن أن تكون فعلياً أكيدة أو لا)، مع الحكم على أنها مُعبّرة عن الخاصية الفعلية.

مثال، تفضيل متخذ القرار الاستثمار في العقارات فقد نعتمدها بالمطلق، في حين يمكن أن يتغير هذا التفضيل حسب الزمن، أو الحالة أو حتى المزاج العام للشخص.

مثال آخر، اعتماد تطبيق قانون ما، قد يظهر حالة غير طبيعية أو ظلم أو هدر في الموارد ومع ذلك يُقبل القانون على أنه صحيح بالمطلق، رغم قناعتنا أن القانون وضعي لا يوجد ما يمنع من تعديله. مثال ثالث، أن نأخذ عدد السكان من المجموعة الإحصائية دون التساؤل عن دقة ومصادقية الرقم المذكور.

٢-١-٢ كل قرار هو من صنع متخذ القرار

طرف مميز ولديه سلطات كاملة، يتصرف بناءً على منظومة تفضيلات عقلانية *Rational*، أي جملة من الفرضيات تنفي حالات الغموض واللامقارنة، ولن يتم تعديلها في حال التدخل للمساعدة على اتخاذ القرار، مثال: حال المدير العام لمؤسسة وكأنه الأمر النهائي في المؤسسة.

متخذ القرار Decision Maker: نرسم بمتخذ القرار للكيان الذي لديه صلاحية تقويم الممكن والغايات، ويعبر عن الأفضليات ولديه صلاحية تقويمها خلال تطور صيرورة القرار، قد يكون الطرف مدير عام، مجلس إدارة، حكومة... إلخ.

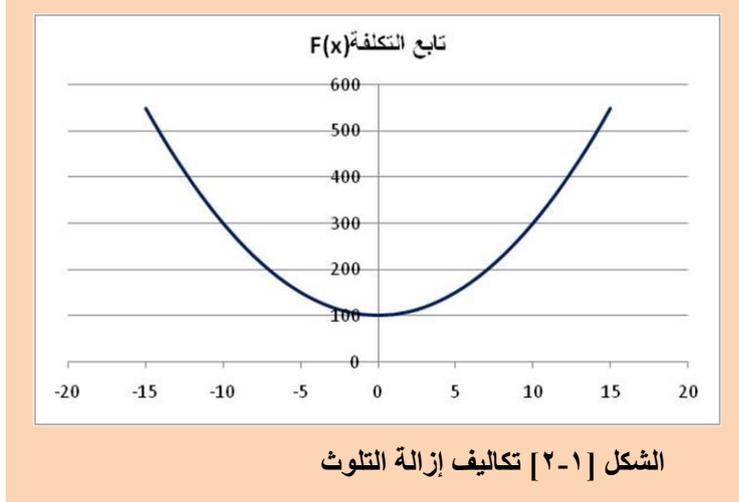
٢-١-٣ مسلة الأمثلة

في كل حالة تؤدي إلى قرار، هناك قرار أمثلي واحد على الأقل، حيث يمكن (مع التحفظ على الوقت والموارد المتوفرة) إيجاد موضوعياً بشكلٍ مستقل عن أية منظومة قيم مع البقاء حيادياً تجاه سيرورة القرار.

مثال (٢-١). تكلفة الطباعة.

ما هي أصغر تكلفة ممكنة لتابع تكاليف له الشكل الآتي $F(x) = 2x^2 + 100$ ؟

لدى دراسة هذا التابع وملاحظة الشكل نجد أن أقل تكلفة تساوي ١٠٠، حيث يمكن الإثبات رياضياً أنها الحل الأمثل للتابع.



تبدو المسلمات الثلاث المذكورة أعلاه مقبولة عموماً، ولكن لا يمكن الجزم بصحتها المطلقة، وبالتالي يجب أن نتوقع أن عملية صناعة القرار ومخرجاتها قد تكون متأثرة بهذه المسلمات. فكل قرار يتضمن شيئاً من الاكتشاف، من الإرادة المُعقلنة، من الصدف اللاعقلانية، ومن الآثار التنظيمية، إذ أن القرار يتكون تدريجياً من خلال سيرورة تخفض من هامش حرية أطرافها ومكوناتها، كما سنرى بأنه لا يمكن تصور المساعدة "العلمية" لصناعة القرار بالتجرد عن شروط التداخل الإيجابي أو السلبي مع هذه السيرورة، إذ تعالج المواقف المتخذة والسلوكيات المعلنة من قبل مختلف الأطراف من خلال منظومات عقلانية متعددة قائمة على منظومات قيم غير متطابقة وأحياناً متنازعة، فالأكيد ليس بالضرورة متطابق مع الصرامة العلمية.

٢-٢ المساعدة على اتخاذ القرار *Decision Aid*

١-٢-٢ مفهوم المساعدة على اتخاذ القرار

المساعدة على اتخاذ القرار *Decision aid* هو نشاط الشخص -بالاستناد إلى نماذج صريحة ليست بالضرورة مصاغة كلياً- الذي يقدم المساعدة للحصول على عناصر إجابة للأسئلة التي يطرحها طرف ما خلال سيرورة القرار.

تهدف هذه العناصر إلى توضيح القرار وبشكلٍ طبيعي إلى وضع "وصفة"، أو ببساطة إلى تفضيل سلوكية ما بهدف زيادة الانسجام بين تطور السيرورة من جهة والأهداف ومنظومة القيم التي يحكم من

خلالها هذا الطرف من جهة أخرى، لنوضح بعض مصطلحات هذا التعريف:

- ✓ وصفة *Prescription*: مجموعة من التوصيات بنفس المعنى الذي يستخدمه الطبيب.
- ✓ السيرورة *Process*: سلسلة متلاحقة من الأحداث المترابطة منطقياً.
- ✓ الطرف *Actor*: أحد المشاركين في صناعة القرار مثل متخذ القرار أو مهندس القرار أو أحد المالكين.
- ✓ منظومة القيم *Values system*: الأنظمة والتعليمات والتقاليد والأعراف وغيرها التي يحكم باسمها متخذ القرار.

تساهم المساعدة على اتخاذ القرار في بناء وتلخيص عناصر المشكلة، وتقاسم المعتقدات، "فعلى أي أساس ومن قبل من" يتم وضع القرار؟ هذا هو موضوع المناقشة البناءة المقصود بالمساعدة على اتخاذ القرار، وليس بالضرورة أن تكون غايتها اقتراح حل واحد، بمعنى آخر السعي لبناء الحل وليس اكتشافه.

مساعدة لمن؟ لطرف ما وغالباً ما يكون متخذ القرار، يلعب دوراً حاسماً في قيادة سيرورة القرار. قد يكون شخصاً واحداً معرفاً كلياً أو مجموعة من الأفراد ولكن هناك "ناطق باسمهم". لذلك، لا يمكننا تجاهل الخوض بسرعة في تمييز هذا الفرد، وتعريف منظومة القيم التي يعبر عنها، فقد يظهر بسرعة الصح والخطأ، الممكن وغير الممكن.

مساعدة من قبل من؟ يمكن لمتخذ القرار أن يقوم لحسابه بالمساعدة على صناعة القرار في حال تمييز شخص وحيد كمتخذ قرار، لكن مع الأخذ بالاعتبار لمشكلاته الخاصة وقدراته (كما هو الحال بالنسبة للطبيب)، فإنه غالباً ما يتم اللجوء إلى شخص آخر ندعوه بمهندس القرار *Decision engineer* أو رجل الدراسة أو المحلل أو المصمم، نادراً ما يكون مهندس القرار من خارج بيئة القرار، ومهندس القرار هو عادةً خبير أو مختص (بحوث عمليات، اقتصادي، إحصائي، مالي، رياضي، ...) يعمل وحيداً أو ضمن فريق، ينحصر دوره في التعبير صراحةً عن النموذج واستثماره بهدف الحصول على عناصر الإجابة أو تنوير متخذ القرار موضوعياً إلى النتائج المحتملة لتفضيل سلوكية ما، أو سلوكية أخرى عن طريق تشخيص ووضع وصفة الأفعال الممكنة، أو حتى وضع منهجية عمل واقعية.

وجود طرف ثالث: في بعض الأحيان، يفوض متخذ القرار طرفاً آخر ليتكلم باسمه مع مهندس القرار

ندعوه بطالب الدراسة *Demande*؛ مع الحذر الشديد، قد يصبح هذا الطرف مريباً للغاية، كونه سيعبر عن منظومة أحكام وقيم، قد تكون أصلاً غير مكوّنة بشكل صريح، ويمكن لمنظومة قيم هذا الطرف الثالث أن تتداخل مع الأصل.

٢-٢-٢ المساعدة والحيادية *Neutrality*

من الصعب تخيّل بقاء مهندس القرار خارج سيرورة القرار كلياً ينحصر دوره بالشرح والتبرير والتوصيف بمعزل عن منظومة القيم الخاصة به، لكن وضع واستثمار نموذج ما يقتضي أحياناً كثيرة إدخال "فرضيات إرادوية"، تتعلق هذه الفرضيات بقيم بعض المتغيرات الوسيطة إما لأنها لم تخضع للبحث، أو بسبب وجود خيار سياسي معين، يمكن القول تقريباً نفس الشيء بالنسبة للنموذج الذي يخشى ألا يتمكن من تمتعه بالحيادية.

مثال (٢-٢). تفضيل التعامل مع الشركات الألمانية أكثر من الشركات الصينية، بسبب أن مهندس القرار قد درس في الجامعات الألمانية ومتأثر بالثقافة الألمانية، وهذا لا يُعتبر حيادياً.

مثال (٢-٣). قد يكون هناك حاجة لإعطاء قيمة لمعدل الفائدة، يُمكن اعتماد القيمة المحددة من قبل المصرف التجاري ولتكن ٨%، أو تقدير قيمتها كوسطي لقيم الفوائد المعلنة من قبل أكبر خمسة المصارف (١٠%، ١٢%، ١١%، ٩%، ٨%) فتصبح ١٠%، وهذا ما ندعوه بفرضيات إرادوية، فقد يفضل مهندس القرار اعتماد قيمة ١٠% وذلك استناداً إلى أحكام وافتراضات مسبقة بأن القيمة المحددة من المصرف التجاري غير واقعية، وبأن إجراءات المصرف قد تؤدي إلى تكاليف إضافية بسبب التعقيد والفساد وغيرها.

٢-٢-٣ المساعدة والموضوعية *Objectivity*

في حال عدم تمكن مهندس القرار من وصم نمودجه بالحيادية، هل يمكن أن يوصم بالموضوعية؟ ندعو نموذج بموضوعي إذا تحقق الشرطين التاليين: أولاً، بالنظر إلى حقل الأسئلة، يعتبر تمثيلاً غير مجتزأ ودون أحكام مسبقة أو انتقاص لفئة الظواهر التي يفترض تعبيره عنها؛ ثانياً، بالنظر إلى فئة الظواهر التي يعبر عنها وطريقة استخلاصها من بيئتها، يعتبر حاملاً غير مجتزأ ودون أحكام مسبقة ودون انتقاص للبحث أو للاتصال، إذ أن قصر المعرفة على المعرفة الموضوعية والفيزيائية ينفي

مميزات أو أنماط أخرى أخرى للمعرفة من الوجود وعلى وجه الخصوص الحساسية المعرفية التي يتمتع بها الإنسان؛ لذلك، يجب على نموذج القرار أن يأخذ بالاعتبار عناصر أخرى لا تأخذها الموضوعية الفيزيائية ومنطق الفيزياء، فهل يمكن استبدال الموضوعية بالأمانة العلمية لمهندس القرار؟

مثال (٤-٢). لدى دراسة حالة تعيين أحد العاملين، قد يلجأ مهندس القرار إلى استبعاد الفروقات بين مستويات الدرجات الجامعية (إجازة، دبلوم، ماجستير، دكتوراه) باعتبار أنها كلها متكافئة من حيث التأهيل، وهذا لا يمكن تبريره موضوعياً، فالدرجة الأعلى تعطي حاملها كفاءات وأسلوب تفكير أفضل في أغلب الحالات.

٣-٢ إشكالية النظم *System Problematic*

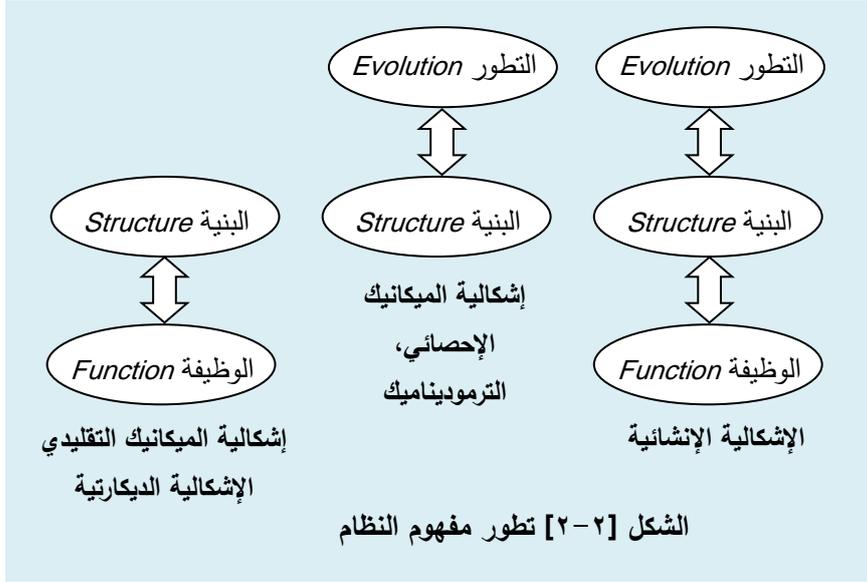
لا يكاد تخلو صفحة من المراجع الإدارية أو السياسية أو الاقتصادية عن ذكر مصطلح نظام، أو منظومة، وكأنه مفهوم متفق عليه وواضح للجميع، قد يستخدم بعض المؤلفين العرب مصطلح منظومة ولكن لا نرى فرقاً بين الترجمتين، لذلك سنستخدمها دون تمييز حسب سياق النص للتعبير عن المصطلح الإنكليزي *System* (١٧).

وجد هذا المفهوم أسسه في علوم البيولوجيا في نهاية القرن التاسع عشر، وفي الميكانيك فيما بعد؛ لكنه لم ينضج كإشكالية علمية إلا في نهاية الستينات وبداية السبعينيات من القرن الماضي، وذلك بسبب العطالة الكبيرة التي كانت تتمتع بها الطريقة الديكارتية والمعتمدة في نمذجة المشكلات وأساليب معالجتها؛ رغم قلة عمر تناول هذه الإشكالية في الأدبيات، لكنها الأكثر تعبيراً عن واقع التنظيمات، ومن الطبيعي أن نعالج مشكلات صناعة القرارات ضمن إطار منظومة متكاملة في التنظيمات وفق هذا المنظور. لمزيد من التفاصيل، يمكن للقارئ العودة إلى المراجع المختصة وأهمها (Le MOIGNE, 1977؛ النجدي وآخرون، ٢٠٠٣).

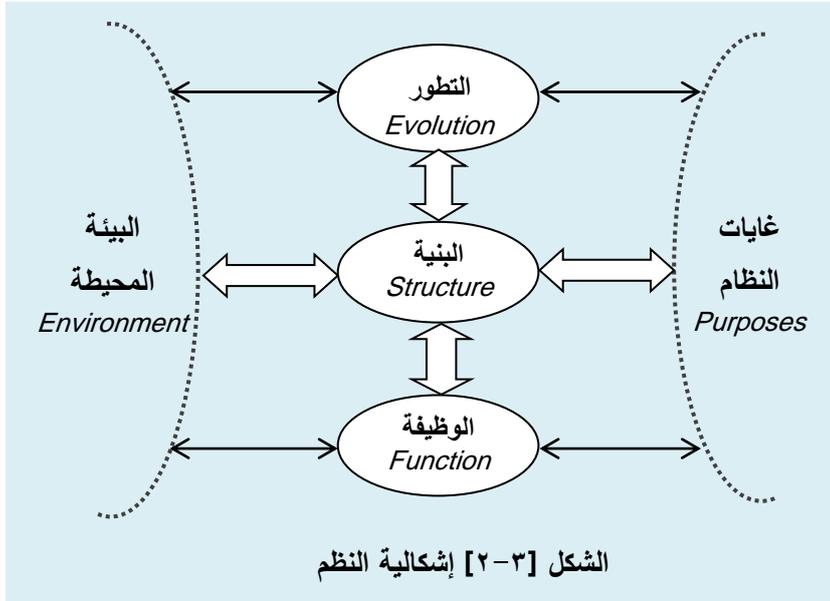
هناك علاقة تفاعلية بين السمات الثلاث للنظام: البنية والنشاط والتطور (موران، ٢٠٠٤)، إذ أنها تتغير أثناء عمل النظام خلال فترة حياته، عندما تكون هذه التغيرات جذرية لا يمكن العودة عنها

١٧. الترجمة المعتمدة لدى المنظمة العربية للترجمة التابعة لجامعة الدول العربية: نظام أو نسق (دليل ٢٠١٢).

Irreversible فهناك إجرائية تطور تؤدي إلى بنية جديدة كما يبين الشكل [٢-٢].



لكي يكون مفهومنا للنظام كاملاً، علينا أن نضيف فرضيتين، الأولى تتعلق بغايات النظام فالنظام يسعى دوماً لتحقيق غاية (يسعى لتحقيق مشروع معين)؛ وتتعلق الثانية بعلاقته مع البيئة، فالنظام منفتح على البيئة يتأثر ويؤثر بها، وبذلك يكتمل تحديدها لما نقصده أو بإشكالية النظم *Systemic Paradigm* كما يوضح الشكل [٢-٣].



٢-٣-١ مفهوم المنظومة *System Concept*

تعريف المنظومة بالشكل البسيط الآتي:

المنظومة System: هي كيان يُمارس نشاطه ضمن بيئة ما، لتحقيق غاياته ويرى بنيته الداخلية تتطور مع الزمن دون أن يفقد هويته.

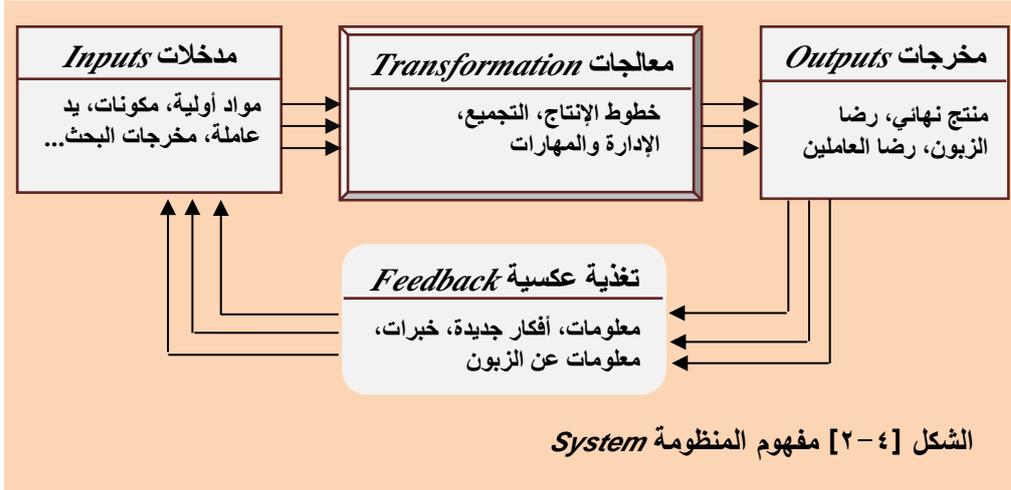
لا يغيب عن الذهن أيضاً أن كل منظومة قد تكون مؤلفة من "منظومات" فرعية أو متداخلة مع منظومات أخرى. لنتخيل أيضاً المنظومة الكونية المكونة من منظومات جزئية والمكونة بدورها من منظومات فرعية ... لنصل إلى أدق المكونات النووية في الخلايا الحية!

مثال (٢-٥) بعض الأمثلة.

لنسقط هذا التعريف مباشرةً على بعض النظم التي نعرفها كم يوضح الجدول [٢-١].

الجدول [٢-١] أمثلة عن بعض المنظومات		
الكائن الحي	شركة أو مؤسسة	
النشاط	وظائفه في الحياة	تجاري، صناعي، ...
البنية	مكونات بيولوجية...	تنظيمية، بشرية
التطور	تتجدد خلاياه لحظياً	حركة العاملين، تعديل بنيتها
البيئة	المجتمع	السوق، الدولة
الغاية	البقاء على قيد الحياة	الربح، الاستمرار

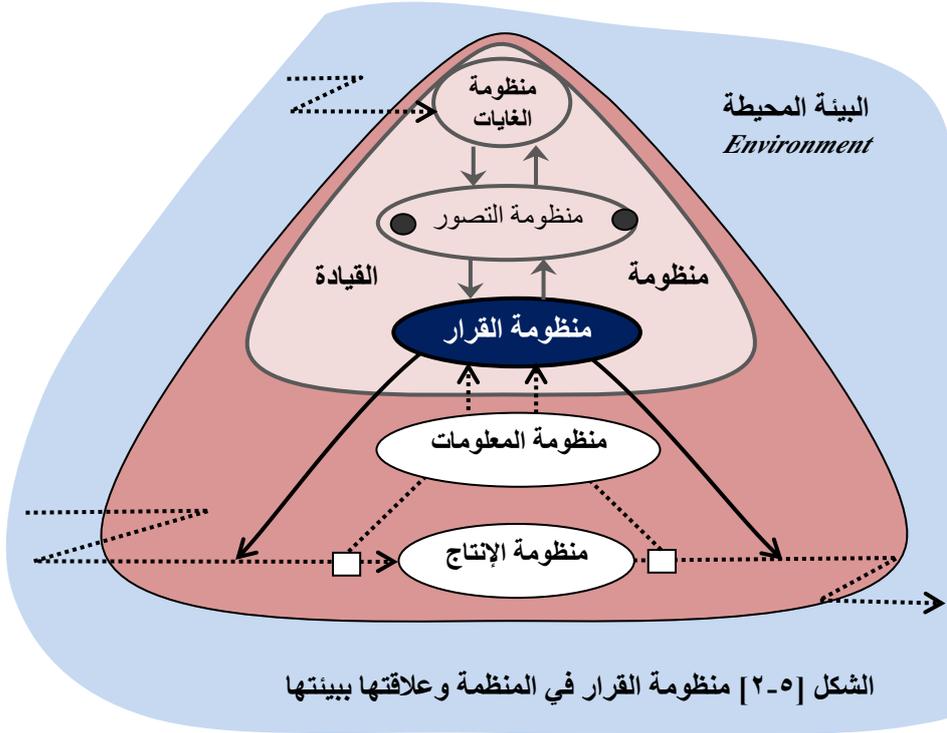
من الناحية الفنية، تتكون المنظومة من مدخلات يتم إجراء معالجات محددة عليها بهدف الحصول على المخرجات المرغوبة، وفي حال عدم الحصول على هذه المخرجات فيتم تفعيل آلية التغذية العكسية لإعادة ضبط المدخلات أو المعالجات كما يوضح الشكل [٢-٤].



لنتذكر أن المنظمة هي كيان يُمارس نشاطاً منظماً لتحقيق غايات معينة ضمن بيئة ما؛ وهذا يتفق مع تعريفنا للمنظومة وكل فعالية ضمن المنظمة تمارس نشاطاً منظماً لتحقيق غايات معينة ضمن بيئة المنظمة أي هي بدورها منظومة جزئية ... وهكذا؛ وبالتالي فإن مكونات المنظمة تمارس نشاطات ولها خصائص كما يلي:

- (١) عناصر المنظمة هي كيانات تنظيمية، بشرية، ...
- (٢) الكيان في المنظمة يمارس نشاطاً،
- (٣) الكيان في المنظمة يُنظم نفسه،
- (٤) الكيان في المنظمة يستعلم،
- (٥) الكيان في المنظمة يتخذ قرارات،
- (٦) الكيان في المنظمة له ذاكرة ويحتفظ بالمعلومات،
- (٧) الكيان في المنظمة يُنسق نشاطاته،
- (٨) الكيان في المنظمة يتخيل وبالتالي يُعيد تنظيم ذاته،
- (٩) الكيان في المنظمة له غايات،
- (١٠) وأخيراً، تتبادل الكيانات التأثير فيما بينها ومع بيئتها.

وبالتالي نجد التمثيل المناسب للمنظمة كمنظومة، وعلاقتها بالبيئة كما يبين الشكل [٢-٥].

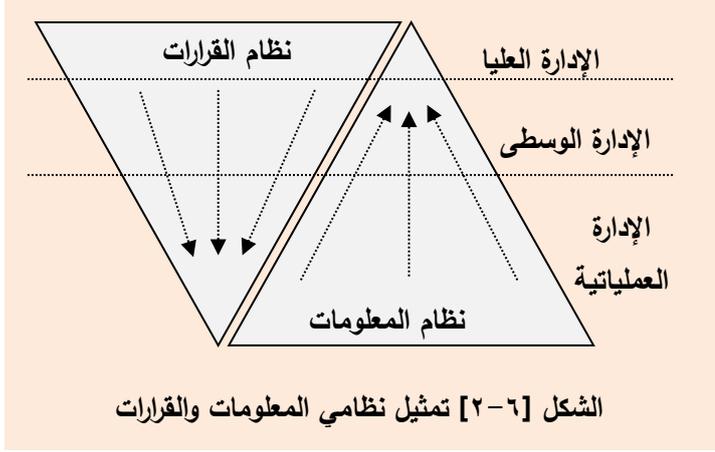


٢-٣-٢ العلاقة بين نظم المعلومات ونظم القرارات

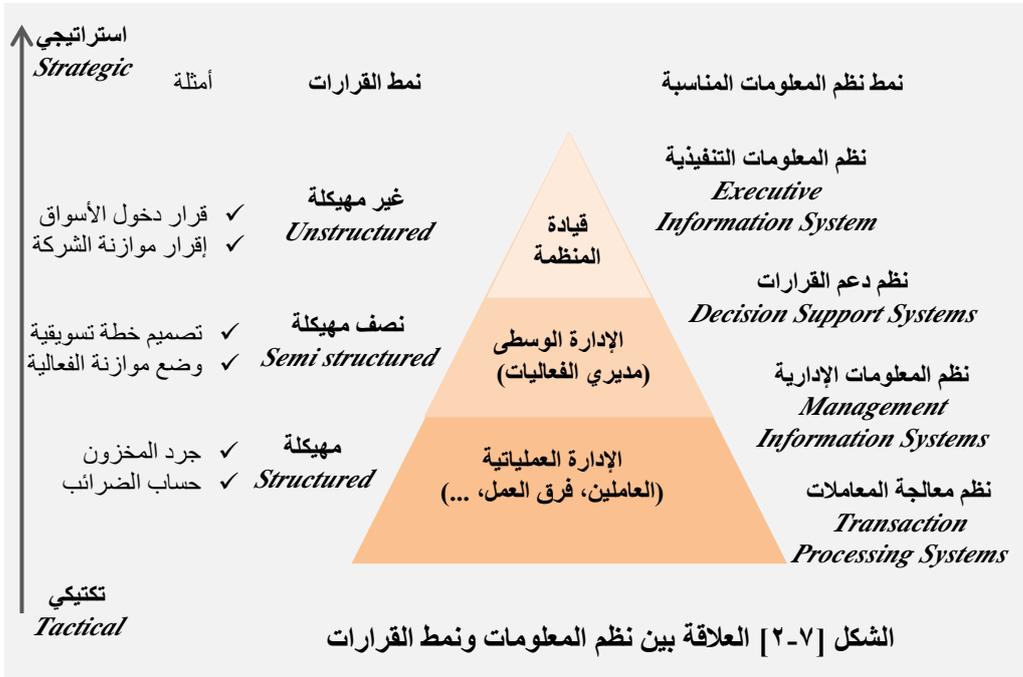
تلعب نظم المعلومات بجميع أنواعها دوراً حاسماً في صناعة القرارات، وذلك بحسب موضع القرار في البنية الهرمية للمنظمة (Asemi, 2011).

جرت العادة على تمثيل المنظمة بشكل هرم مقلوب كما يبين الشكل [٢-٦]، يتربع في أعلاه متخذو القرارات، يليهم إلى الأدنى المديرون، ثم في أسفل الهرم يقبع عمال الإنتاج، حيث تمثل المعلومات بشكل هرم يكون فيه إنتاج المعلومات هو الأكثر في القاعدة أي لدى منظومة الإنتاج، وبقل هذا الإنتاج كلما ارتفعنا إلى الأعلى في الهرم التنظيمي، وتمارس الإدارة الوسطى دور تنقية وتلخيص المعلومات قبل توجيهها إلى الإدارة العليا ودور تفسير القرارات قبل توجيهها إلى الإدارة العملية.

لكن ماذا تمثل فعلياً بهذا الشكل؟ وكأننا نقول بأن العامل في أسفل الهرم لا يتخذ قرارات، بل يُنتج المعلومات فقط بهدف رفعها إلى الأعلى؛ وبالعكس، لا تقوم قيادة المنظمة بإنتاج المعلومات، بل تتخذ جميع القرارات لتوجيهها نحو الأسفل!



من المؤكد، أن جميع العاملين (أو الكيانات التنظيمية) تُنتج وتستهلك معلومات، كما أنها تتخذ قرارات وتخضع لتأثير قرارات الأعلى والآخرين، ويقوم هذا التمثيل على أساس الحاجة للمعلومات ودرجة تأثير القرار، فالإدارة العليا تتخذ القرارات وتحتاج بطبيعة الحال إلى المواد الأولية المتمثلة بالمعلومات فقط، كما أن درجة تأثير قراراتها حاسمة على صعيد كامل المنظمة، في حين أن العامل في المستوى العملي لا يحتاج الكثير من المعلومات، كما أن قراراته ذات تأثير ضعيف على مسار نشاطات المنظمة (Berisha-Namani, 2010)، كما هو مبين في الشكل [٢-٧].

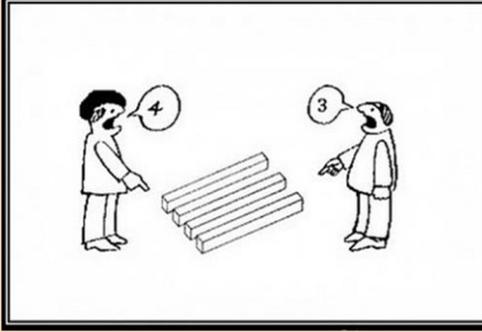


٢-٤ النمذجة والواقع *Modeling & Reality*

عندما نتعامل مع واقع ما، فلا بد من اللجوء إلى استخدام بعض المفاهيم الأولية، في حين يمكن أن تُظهر المعلومات والتحليل مفاهيم وأدوات أخرى؛ تبدو هذه المفاهيم كأنها مواد البناء الأساسية سواء كانت صريحة أو ضمنية وواجهة التعامل بين الواقع الفعلي والمحاكاة الذهنية المجردة وهذا ما ندعوه بالنمذجة *Modeling*.

فكل مشكلة لديها جوانب عديدة، يجب ألا تقتصر نمذجتها على الجزء المرئي فقط، أو المرغوب من طرف دون آخر، بل أن يأخذ نموذج المشكلة جميع العناصر والارتباطات التي تساهم في إدراكها بشكل حيادي، ومعالجتها بشكل موضوعي.

في الكثير من الأحيان، لا نرى إلا قطعاً أو أجزاء من الواقع، وخصوصاً الأجزاء التي تهمننا، في حين أنه لدى إجراء المحاكاة الذهنية نُدرك أو نستنتج أو نلاحظ أجزاء أخرى؛ كما تبين الأمثلة المبينة في الشكل [٢-٨]، مثلاً، في الصورة الأولى، قد نرى فتاة أو عجوزاً، وفي الصورة الثانية قد نرى ٣ أو ٤ ألواح، ويتعلق ذلك بما نراه من النظرة الأولى، وبما نريده من إدراكنا للصورة.



الشكل [٢-٨] الفرق بين الواقع وإدراكه

٢-٤-١ مفهوم النموذج *Model Concepts*

النموذج *Model* بالمعنى التبسيطي هو توصيف لشيء ما، أو هو شكل مأخوذ - من أجل حقل من الأسئلة - كتمثيل لفئة من الظواهر منتزعة جزئياً أو كلياً من بيئتها من قبل مراقب لكي تخدم كحامل للبحث عن الحل والتواصل مع الأطراف الأخرى (Kuhne, 2005)، لنستوضح بعض عناصر هذا

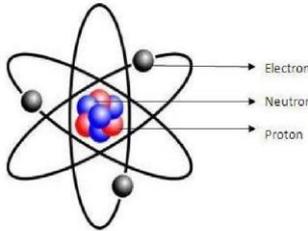
المفهوم.

- ✓ الشكل: توصيف ذهني (داخلي) أو صريح (مخططات، صياغة رياضية، ...)، وغالباً ما يقتصر على الخطوط العريضة، وله صفة الترميز والتجريد *Abstraction*.
- ✓ فن التقطيع: لا يأخذ النموذج بالاعتبار إلا جزءاً من الواقع "قطعة". كيف نعزل هذه "القطعة" عن الواقع؟ وكيف نعزل القطعة "المناسبة" للدراسة؟ وكيف نربطها بالبيئة التي اقتطعت منها؟ مجموعة من الأسئلة، لا يستطيع الإجابة عليها إلا المختص بالتمذجة.
- ✓ حقل الأسئلة: يوجه أو يبرر الخيارات التي يستخدمها النموذج، مثلاً، المعايير التي يضعها رب العائلة لشراء سيارة مناسبة لعائلته.
- ✓ النموذج كتمثيل: "كاريكاتور"، لا يجب النظر إليه "صح" أو "خطأ"، بل "ملائم" أو "غير ملائم".

النموذج هو وسيلة لفهم الواقع، وللتحكم به وللمحاكمة من خلاله، وأخيراً لإيصال ما نريده للآخرين، ولا نقصد بالنماذج هنا النماذج الرياضية فقط، بل يمكن أن يكون أي تمثيل شبكي أو وصفي تخدم عملية المناقشة والاستنتاج.

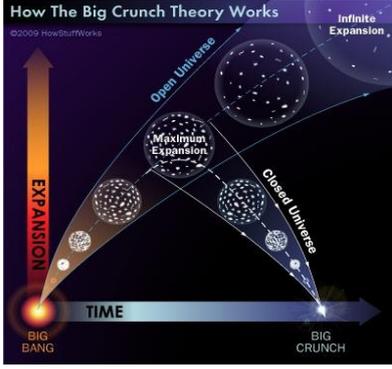
مثال (٦-٢) تشييد طريق.

لنفترض بأن إحدى البلديات قررت بناء أتوستراد، فقد يتحدث أحد الأطراف عن صعوبات فنية تؤدي إلى تكاليف عالية، ويرى عدم أخذها بالاعتبار في الدراسة؛ وتستند مناقشة هذا الطرف على نموذج مبني أو شبه واضح في ذهنه، وقد يكون محقاً أو غير محق في استنتاجه، ويختلف النموذج عندما نضع كافة المتغيرات والظواهر التي نرغب باقتطاعها من الواقع لبناء النموذج الذي سنتم المناقشة على أساسه.



يكاد مفهوم النموذج أن يكون واحداً في جميع العلوم، لنستعرض بعض الأمثلة من مجالات متنوعة:

نموذج فريديريك تايلور في الإدارة الذي يعتمد على التخصص وتقسيم العمل، الذي نشره في كتابه



حول الإدارة العلمية عام ١٩١١ مستفيداً من نجاح تطبيقها في القطاعات الصناعية (Taylor, 1911).

نموذج رذرفورد ^(١٨) Rutherford في تمثيله للذرة والإلكترونات التي تدور حول النواة، حيث يتم الدوران بسبب القوة النابذة التي يولدها دوران الإلكترون السالب حول النواة الموجبة.



نموذج Big Bang أو الانفجار الكبير الذي أدى إلى تشكل الأرض، تبدو وكأنها نقطة البداية لتشكل الكون ولا يجب التساؤل عما قبلها! أليست من نمط مسلمة الحقيقة من الدرجة الأولى؟

نموذج نيوتن ^(١٩) في شرح الجاذبية $\vec{F} = \vec{\Gamma}m$

ومن لا يتذكر عارضات الأزياء Top Models وملكات الجمال التي أيضاً تُعتبر نماذج "أنثوية" تحتذي بها جميع النساء.



Claudia Schiffer



Cindy Crawford

^{١٨} Ernest Rutherford (١٨٧١-١٩٣١) عالم فيزياء بريطاني.

^{١٩} Isaac Newton (١٦٤٣-١٧٢٦) عالم فيزياء بريطاني.

٢-٤-٢ تصنيف النماذج حسب الشكل

تُصنف النماذج حسب أشكال عديدة أو مزيج منها، ومن أهمها: الشكل اللغوي، أو الرياضي، أو المخططات، أو النماذج المخبرية.

(أ) الشكل اللغوي: التعبير عن الظاهرة المدروسة (المشكلة) بالمصطلحات اللغوية الطبيعية.

مثال (٢-٧) تكاليف الطباعة.

يقدر أحد الناشرين تكلفة طباعة النسخة الواحدة من أحد الكتب بحوالي ٥٠ ل.س إذا كان عدد النسخ المطبوعة لا يتجاوز ١٠٠٠ نسخة، وتتناقص هذه التكلفة إلى ٤٠ ل.س إذا تجاوز عدد النسخ المطبوعة ١٠٠٠ نسخة.

إذا أراد طباعة ٥٠٠ نسخة من الكتاب، فإنه يقوم بالحساب الآتي: باعتبار أن عدد النسخ هو أقل من ١٠٠٠ فإن التكلفة الكلية تساوي ٥٠٠ مضروباً بخمسين أي ٢٥ ألف ل.س.

إذا أراد طباعة ٢٠٠٠ نسخة، فإنه يقوم بالحساب الآتي: باعتبار أن عدد النسخ هو أكبر من ١٠٠٠ فإن التكلفة الكلية تساوي ٢٠٠٠ مضروباً بخمسين أي ١٠٠ ألف ل.س.

(ب) الشكل الرياضي: أي صياغة المشكلة على شكل رموز رياضية كمعادلات أو مترجمات.

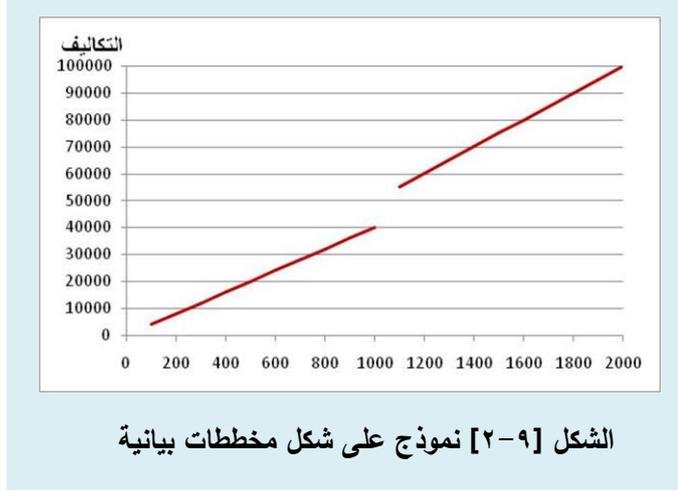
مثال (٢-٨) نفس المثال السابق (٢-٧) تكاليف الطباعة.

بفرض عدد النسخ هو x وتكاليف الطباعة هو $F(x)$ فيكتب تابع التكاليف بالشكل الآتي:

$$\begin{aligned} F(x) &= 40x & \text{if } x \leq 1000 \\ F(x) &= 50x & \text{if } x > 1000 \\ x &\geq 0 \end{aligned}$$

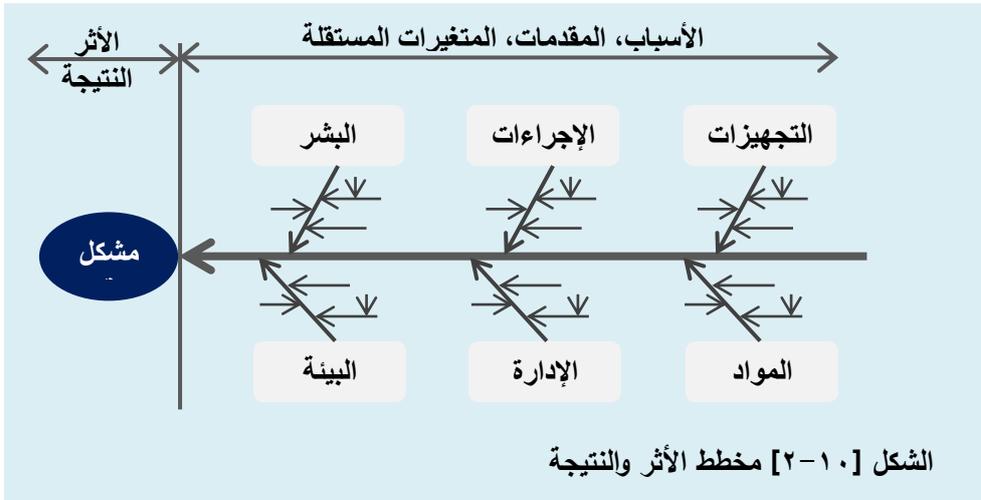
(ت) المخططات والأشكال: تمثيل المشكلة على شكل مخططات أو أشكال، بحيث يتم توضيح العلاقة بين عناصرها أو متغيراتها.

مثال (٢-٩) نفس المثال (٢-٧) تكاليف الطباعة. يعبر عنه بالخط البياني كما يبين الشكل [٢-٦].



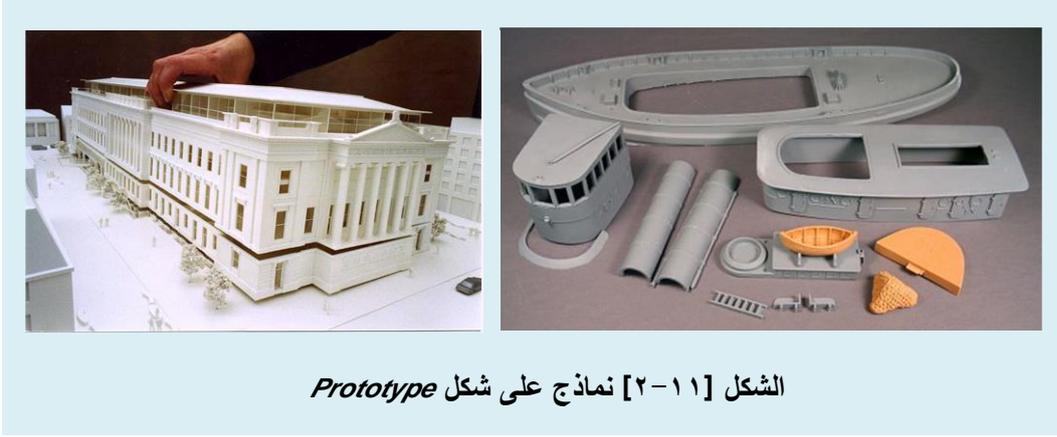
مثال (٢-١٠) هيكل السمكة.

حيث يُظهر العلاقات بين المتغيرات المستقلة (أسباب) والمتغير التابع (النتيجة)، كما يبين الشكل [١٠-٢].



ث) الشكل المخبري *Prototype*: تصنيع نموذج مصغر عن الظاهرة، بحيث يتم تصنيع العناصر التي نريد تمثيلها أو إظهارها فقط، ومع بعض الإضافات لغايات جمالية، وهذا الشكل من النماذج شبه نادر في تمثيل المشكلات الإدارية بسبب الطبيعة غير الملموسة لهذه النشاطات.

مثال (٢-١١). نموذج مخبري لبناء أو لمحرك أو لطائرة أو لسفينة كما يبين الشكل [٢-١١].



الشكل [١١-٢] نماذج على شكل *Prototype*

٢-٥ العقلانية المحدودة ونموذج *Simon*

٢-٥-١ مبدأ العقلانية المحدودة *Bounded Rationality*

يُقصد بالعقلانية *Rationality*^(٢٠) البحث عن تعظيم المكاسب أو تحقيق أكبر قدر ممكن من المنافع، باعتبار أن الإنسان كصانع للقرار يتبع منطقاً وسلوكاً اقتصادي-التوجه *homo_economicus*، يتخذ قراره وفق تقديرات الربح والخسارة، وهذا ما تقوم به غالبية نماذج الأمثلية في بحوث العمليات التي تعتمد الأدوات الرياضية بشكل مكثف. تفترض العقلانية تحقق شرطين:

أ- توفر المعلومة الكاملة: يصعب توفر المعلومة الكاملة بسبب عوامل عديدة أهمها الوقت، والتعظيم والتشويه وعدم الدقة والشك في مصداقيتها؛ مثلاً، عدم القدرة على حصر جميع البدائل، أو حصر تأثير منظومة قيم متخذ القرار، أو الحصول على المعلومة الصحيحة ... الخ.

ب- التقدير الأمثل للبدائل الأفضل: كذلك هناك صعوبات بالغة في تحقيق شرط التقدير الأمثل للبدائل الأفضل، ومن أهم هذه الصعوبات القدرة الإدراكية *Cognitive Limitations* لمتخذ القرار على استيعاب كامل حالة المشكلة التي يواجهها ضمن الوقت المتاح له لمعالجة ذهنية لكم هائل

^{٢٠}. يُترجم البعض مصطلح *Rationality* بالرشد ولكن نُفضل استخدام مصطلح *عقلاني* فهو أقرب إلى المفهوم الاقتصادي وإلى أن متخذ القرار يقوم بنشاط ذهني خلال عملية صناعة القرار.

من المعلومات، أو صعوبات متعلقة بمنظومته الثقافية والمعرفية، لأنها قد تحول دون رؤية كامل عناصر المشكلة.

نظراً لصعوبة تحقق هذه الشروط بالإضافة للعديد من الصعوبات العملية المتعلقة بطبيعة المشكلة والمنظمة، طرح هيربرت سيمون *Herbert Simon* مفهوم "العقلانية المحدودة" (*Simon, 1957*) التي تعني أن عملية صناعة القرار لا تبحث بالضرورة عن الحل الأمثل بل عن حلول مقبولة، بمعنى أن فحص كل البدائل غير واقعي بالإضافة إلى خضوع متخذ القرار لقيود أطراف أخرى لديها منظومات قيم وأحكام مختلفة عن منظومته مثل المستشارين أو الجهات الرقابية، وبالتالي قد لا يختار بالضرورة البديل الأمثل بل البديل المناسب للظروف الراهنة للمشكلة المطروحة، ويتم ذلك بالتخفيف من القيود الموضوعية (الرياضية) المفروضة شيئاً فشيئاً، ودون الدخول في تفاصيل هذه النظرية، يمكن القول إنها تأخذ بالاعتبار عوامل نفسية وإدراكية، وكيفية تصور متخذ القرار لمشكلته ومعالجته لها وشدة تفضيلاته ونزعه نحو الحل الأمثل مع الاعتراف بصعوبة الأخذ بالاعتبار لهذه العوامل.

بطبيعة الحال، تتباين نماذج القرارات حسب مستويات العقلانية التي تعتمدها، فمنها ما يستند إلى العقلانية المطلقة (رياضية أمثلية)، وتنتهي بنماذج اعتباطية، أو حسب الظروف *Grabag* مروراً بنماذج العقلانية المحدودة؛ في جميع الأحوال، سنرى كيفية استثمار هذا المبدأ لاحقاً عند الحديث عن نموذج "حال المسائل العام *General Problem Solver*" والذي اقترحه سيمون.

مثال (١٢-٢) تكاليف إزالة التلوث.

ليكن تابع التكلفة $F(x)$ لإزالة تلوث بقعة نفطية له الشكل الآتي: $F(x) = \frac{12x}{100-x}$ حيث x هي

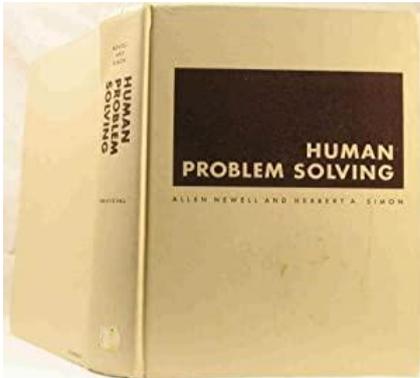
النسبة المئوية للبقعة الملوثة، والتكلفة مقدرة بملايين الليرات السورية.

يتمثل الحل الأمثل (العقلانية المطلقة) بإزالة كامل البقعة الملوثة أي ١٠٠%، فكم ستكون تكاليف إزالة كامل البقعة؟

نلاحظ أن التكاليف تزداد بشكل كبير جداً كلما اقتربنا من تنظيف كامل المساحة الملوثة كما يبين الجدول الآتي والخط البياني للتابع في الشكل [١٢-٢].



عندما تقترب x من ١٠٠%، نلاحظ من الخط البياني أن التكاليف تسعى بسرعة إلى قيم كبيرة جداً باتجاه ∞ ، بمعنى أن إزالة كامل التلوث مستحيل لكون التكاليف تصبح لا نهائية! وهذا القرار "العقلاني" يستحيل تطبيقه، لذلك يقوم متخذ القرار بالموازنة بين تكاليف إزالة التلوث والنسبة المئوية "المقبولة" للبقعة الممكن تنظيفها، لتكن هذه القيمة "المقبولة" حوالي ٩٠% حيث التكاليف تساوي حوالي ١٠٨ مليون ل.س، وإن إضافة ٥% على هذه القيمة يؤدي إلى مضاعفة التكاليف لتصبح ٢٢٨ مليون (بزيادة ١٢٠ مليون للـ ٥% فقط)، يبدو قرار تنظيف ٩٠% منطقياً ومقبولاً ويعتمد إذاً مفهوم محدودية العقلانية، أي أن متخذ القرار مُقيد بعدم القدرة على تنظيف ١٠٠% من ناحية، وبالتكاليف المرتفعة جداً من ناحية أخرى.



٢-٥-٢ نموذج حال المسائل العام *GPS*

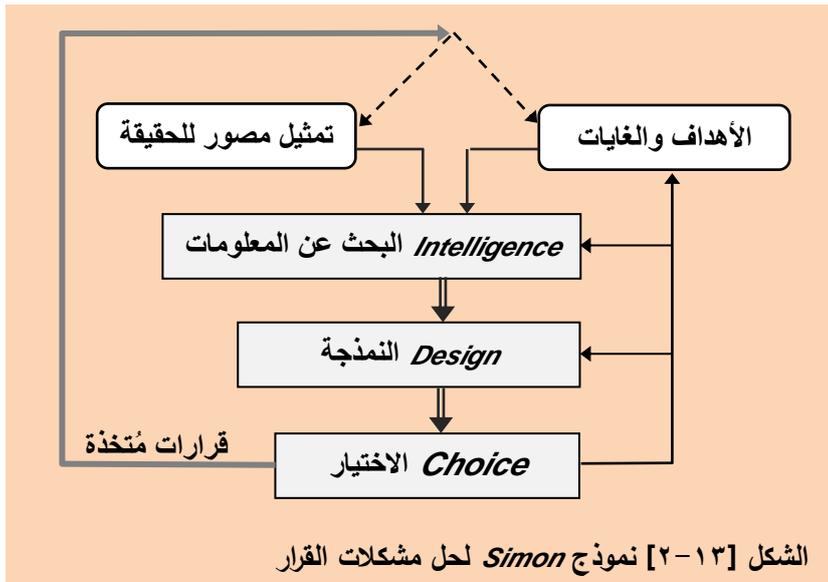
أتى هذا النموذج كنتيجة للأبحاث والتجارب التي قام بها العالمان *Allan Newelle* و *Herberth Simon* من جامعة *Carnegie-Mellou* عام ١٩٧٢ ولخصت كثيراً من النقاشات

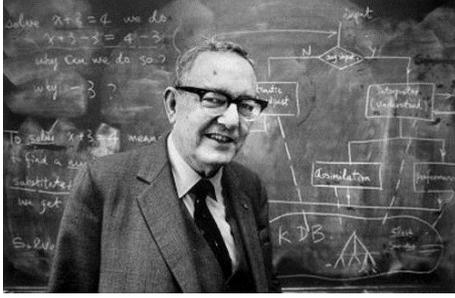
التي كانت سائدة في السابق؛ إذ أثبت هذان العالمان أن حل المشكلات هو نشاط مركزي للذهن الإنساني، وبأن الإنسان يسعى إلى حل مشكلاته بالتجريب وبشكل قفزات صغيرة بين كل حلّ، والحل

الذي يليه، كما ثبتا الفكرة التي بدأت بالظهور في بداية الخمسينات بأن الإنسان يسعى إلى حل مقبول أو حل مُقنع *Satisfying*، وليس بالضرورة إلى حل أمثل، إذ أن الحل الأمثل، الذي كانت تتبناه نماذج الأمثلية في بحوث العمليات، وإن وُجد فقد يكون من الصعب تطبيقه.

لكن قد لا تتم هذه المراحل بالشكل الخطي التقليدي الذي تعلمناه في بحوث العمليات ونماذج الأمثلة، بل هناك بحث تجريبي يأخذ بالاعتبار تعقيد الواقع والسلوكية العقلانية لمتخذ القرار ضمن بعض القيود، وهذا ما قاد إلى طرح النظرية السلوكية في اتخاذ القرارات التي تستند على آليات مفترضة لعمل الذهن وتشكل الأساس في أسلوب عمل الحواسيب (Simon, 1957; 1956)؛ طعمة، ٢٠٠٦؛ حبيب، ١٩٩٧)، وغالباً ما يتم تجريب هذه الآليات في المخابر على مسائل ذكية مثل المشكلات التي طرحناها في الفصل الأول.

ضمن إطار العقلانية المحدودة *Bounded Rationality*، طرح *Simon* نموذجه المعروف تحت اسم "حالّ المسألة العامة" (*GPS: General Problem Solver*). تتلخص آلية عمل النموذج في ثلاثة مراحل رئيسية: مرحلة جمع المعلومات، مرحلة النمذجة وصياغة المشكلة، ومرحل الاختيار؛ تتكرر هذه المراحل بشكل لولبي حسب الأهداف الموضوعية، ومدى قناعة متخذ القرار بالحل الذي تم التوصل إليه في نهاية كل حلقة (*Iteration*)، ولا يُستغرب أن يتم تعديل الأهداف خلال عملية البحث عن الحل كما يوضح الشكل [١٣-٢].





ما يحاول طرحه *SIMON* في هذا النموذج هو دمج متخذ القرار ككائن إنساني يتمتع بقدر كافٍ من العقلانية والمحاكمة السليمة، ولكن الأهم من ذلك هو أنه محكوم أيضاً بمجموعة من المشاعر والقيم والعادات التي تشكل بيئة داخلية خاصة به وبالتالي يستحيل تجاهلها، ومن هنا يدخل النموذج ضمن إطار تعريفنا للمنظومة، حيث يرى متخذ القرار أن محاكمته ومعلوماته وأحكامه تتطور مع تقدّم مرحلة اتخاذ القرار، وقد تتغيّر المحاكمة الموضوعية مع تقدّم الحالة أو تغيّر المعلومات أو غيرها.

مثال (١٣-٢) آلية مراجعة علامة الامتحان.

الآلية الموضوعية المتعارف عليها لمراجعة أحد الطلاب لعلامته في الامتحان هي كالآتي:

١. يستمع المدرس لطلب / شكوى الطالب.
٢. يبحث المدرس عن ورقة الامتحان للطالب ويتفحصها.
٣. يشرح المدرس للطالب آلية وسلّم التقييم ويدرك أن هناك مجال لخطأ ما.
٤. يتأكد المدرس من صحّة تطبيق الآلية وسلّم التقييم.
٥. يسأل الطالب فيما إذا كان لديه تساؤلات.
٦. إذا كان هناك أسئلة من الطالب، يعود للخطوة ٣ وإلا الخطوة ٧.
٧. يشكر المدرس الطالب ويودّعه.

لكن التطبيق الفعلي لهذه الإجرائية قد يكون مختلف كلياً، إذ يمكن للطالب أن يحصل على رقم جوال المدرس بطريقة أو بأخرى، ويتّصل بالمدرس الذي صادف أنه يقود سيارته، ويكتشف المدرس من حديث الطالب أنه لا يوجد خطأ مادّي في التصحيح، فيشرح له سلّم التصحيح والفرق بين مراجعة ورقة امتحان ومراجعة وظيفة عادية، فتتصاعد لهجة الطالب كونه يتعرض لضغط الامتحان التكميلي الذي يصادف أنه في اليوم التالي، فقد يتعاطف المدرس مع الطالب في ضوء عدم تطبيق الآلية الموضوعية في بيئتها الصحيحة، أو يزيد من قلق الطالب والضغط عليه. وبالتالي نلاحظ الفرق الشاسع بين "الآلية الموضوعية العقلانية" و"الحقيقة العاطفية" للواقع، وهذا ما يحاول نموذج *Simon* قوله بأن آلية البحث عن الحلّ تتطور حسب المعطيات والبيئة التي تتواجد فيها.

اختبارات وأسئلة الفصل الثاني Tests

(١) أسئلة صح / خطأ True/False

خطأ	صح	السؤال
		١ المسلمات الثلاث في نظرية القرارات هي: الحقيقة من الدرجة الأولى، متخذ قرار وحيد، الأمثلية.
		٢ تشير الحقيقة من الدرجة الأولى إلى حالة أكيدة أو قيمة أكيدة معبرة عن الخاصية الفعلية.
		٣ يتصرف متخذ القرار دوماً بناءً على منظومة تفضيلات عقلانية.
		٤ القرار هو نتاج عمل فرد واحد بعينه هو متخذ القرار.
		٥ متخذ القرار هو الكيان الذي لديه صلاحية تقويم الممكن والغايات ويعبر عن الأفضليات.
		٦ تعني مسلمة الأمثلية أنه في كل حالة تؤدي إلى قرار، هناك قرار أمثلي واحد على الأكثر.
		٧ ليس ضرورياً أن يتمتع مهندس القرار بالحيادية <i>Neutrality</i> أو بالموضوعية <i>Objectivity</i> ، فمنظومة القرار تضمن ذلك.
		٨ المنظومة والنموذج هما مفهومان لنفس الظاهرة ويمكن استخدامهما دون تمييز.
		٩ المنظومة هي كيان متطور يمارس نشاطه ضمن بيئة ما، لتحقيق غاياته دون أن يفقد هويته.
		١٠ يتم التحكم بالمنظومة عبر مجموعة من النشاطات ندعوها التغذية العكسية <i>Feedback</i> .
		١١ النموذج هو وسيلة لفهم الظاهرة المدروسة وللتحكم بها وللمحاكمة والتواصل من خلاله.
		١٢ النموذج هو صورة طبق الأصل عن واقع المشكلة المدروسة.
		١٣ تأخذ النماذج أشكالاً عديدة مخططات، أو لغوية، أو رياضية، ...
		١٤ تعني العقلانية <i>Rationality</i> البحث عن تعظيم المكاسب أو تحقيق أكبر قدر من المنافع.
		١٥ شرطي العقلانية هما: توفر المعلومة الكاملة والتقدير الأمثل للبدل الأفضل.
		١٦ تبحث العقلانية المحدودة بالضرورة عن الحل الأمثل وليس عن حلول مقبولة.
		١٧ يُمكن ويجب صياغة جميع مشكلات القرار بنماذج لها الشكل الرياضي.
		١٨ أثبت سايمون <i>Simon</i> أن الإنسان يحل مشاكله بالتجريب بشكل قفزات صغيرة بين كل حل والحل الذي يليه.
		١٩ أثبت سايمون <i>Simon</i> أن الإنسان يسعى إلى حل مقنع أو مقبول وليس بالضرورة

الحل الأمثل.

- ٢٠ المراحل الثلاث لنموذج *Simon* هي جمع المعلومات، النمذجة والصياغة، الاختيار.
- ٢١ النموذج الأكثر انتشاراً لتمثيل نظامي المعلومات والقرارات هو هرمان مقلوبان.
- ٢٢ يزداد تعقيد وصعوبة القرارات كلما ارتفعنا في المستوى الهرمي للمنظمة.
- ٢٣ لا تختلف أنماط نظم المعلومات حسب المستويات الهرمية للقرارات.

٢) أسئلة خيارات متعددة *Multiple Choices*

- ١- يجب لتعريف المنظومة تحديد مكوناتها وعناصرها التي تشمل بشكل رئيسي ما يلي:
- (أ) نشاط المنظومة
(ب) بنية المنظومة وتطورها
(ج) بيئتها وغاياتها
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٢- تتمثل المكونات الرئيسية لأية منظومة *System* بالإضافة إلى التغذية العكسية بما يلي:
- (أ) المدخلات *Inputs*
(ب) المعالجات *Transformations*
(ج) المخرجات *Outputs*
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٣- تتمثل المكونات الرئيسية لأية منظومة *System* هي بالإضافة للمدخلات والمخرجات ما يلي:
- (أ) التغذية العكسية والمعالجات
(ب) البيانات والمعلومات
(ج) النماذج الكمية والوصفية
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٤- توضع النماذج في صناعة القرارات لغايتين رئيسيتين هما:
- (أ) التغذية العكسية والمعالجات
(ب) الرسم وصياغة المعادلات الرياضية
(ج) البحث عن الحل والتواصل مع الأطراف
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٥- تُصنف النماذج حسب أشكالها كما يلي:
- (أ) الشكل اللغوي
(ب) الشكل الرياضي
(ج) المخططات والأشكال
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٦- عادةً ما تُصنف القرارات حسب مستوى صعوبتها كما يلي:
- (أ) مهيكلة
(ب) نصف مهيكلة
(ج) غير مهيكلة
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٧- عادةً ما تزداد صعوبة وتعقيد القرارات كلما:
- (أ) ارتقينا في الهرم التنظيمي للمنظمة
(ب) اقتربنا من منظومات الإدارة العملية
(ج) في المستويات الإدارية الوسطى
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

- ٨- تفترض العقلانية *Rationality* تحقق شرطين في صناعة القرار، هما:
- (أ) توفر نماذج رياضية حصراً والأمثلية
 (ب) الموضوعية والحيادية
 (ج) توفر المعلومة الكاملة والتقدير الأمثل للبدائل الأفضل
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

- ٩- يمكن دوماً اتخاذ القرارات وتحقيق:
- (أ) أفضل مستوى على كل من المعايير
 (ب) حل وسط أو توفيق بين المعايير
 (ج) حل أمثل لجميع أطراف القرار
 (د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

- ١٠- لدى التحضير لاتخاذ القرار، نجد هناك دوماً بالإضافة إلى متخذ القرار:
- (أ) مهندس القرار فقط
 (ب) أعضاء مجلس الإدارة فقط
 (ج) العديد من الأطراف المؤثرة والمتأثرة
 (د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

٣) أسئلة ١ قضايا للمناقشة

السؤال (١) مفهوم المنظومة ومكوناتها.

١. اشرح بإيجاز ما هو المقصود بالمنظومة *System*؟
٢. وضح بالمخططات المكونات الأساسية للمنظومة؟

السؤال (٢) موقع منظومة القرار في المنظمة.

وضح بالمخططات موضع منظومة القرار في المنظمة.

السؤال (٣) مفهوم النمذجة وأشكالها.

١. ما هو المقصود بالنموذج، وما هي استخداماته؟
٢. ما هي الأشكال الرئيسة التي يمكن تصنيف النماذج على أساسها؟
٣. وضح إجاباتك بالأمثلة.

السؤال (٤) العلاقة بين نظامي المعلومات والقرارات.

اشرح بالمخططات العلاقة بين أنماط القرارات، وأنماط نظم المعلومات المناسبة لها وفق البنية الهرمية للمنظمة.

السؤال (٥) مبدأ العقلانية المحدودة *Bounded Rationality*.

طرح *H. Simon* مبدأ العقلانية المحدودة للأخذ بالاعتبار متغيرات واقع متخذ القرار، ناقش هذا المفهوم مبيناً الفرق عن العقلانية المطلقة التي تفترضها نماذج الأمثلية في بحوث العمليات.

ملحق: القرارات الاستراتيجية *Strategic Decision*

هناك عدد من القرارات الاستراتيجية تتخذها المنظمات، وتؤثر على كافة نشاطاتها على المدى البعيد، سنستعرض بعض خصائص هذا النمط من القرارات، وتصنف في أربع فئات كما يلي:

- (١) التكامل العمودي،
- (٢) زيادة الطاقة الإنتاجية،
- (٣) الدخول إلى أسواق جديدة،
- (٤) الانسحاب أو التخلي عن الاستثمارات.

(١) قرار التكامل العمودي

الحسنات الاستراتيجية:

- ✓ الاقتصاد في تكاليف العمليات، التحكم والتنسيق، المعلومات، السوق، العلاقات،
- ✓ نافذة مفتوحة على التكنولوجيا،
- ✓ تحكم أفضل بالإمداد و بالتدفقات،
- ✓ سلطة تفاوض أفضل مع الشركاء،
- ✓ طاقة تمييز وتنويع متزايدة وخدمات متزايدة،
- ✓ زيادة صعوبات دخول المنافسين ومناورتها،
- ✓ دخول قطاع بربحية أعلى،
- ✓ دفاع ضد الانسحاب أو التحييد.

التكاليف الاستراتيجية:

- ✓ تكلفة تجاوز العقبات والمناورة،
 - ✓ تزايد الآثار المتسلسلة على مستوى آليات العمل،
 - ✓ مرونة ضعيفة لتغيير الشركاء،
 - ✓ صعوبات بالغة عند الانسحاب من السوق،
 - ✓ الحاجة لرؤوس أموال لتمويل الاستثمارات،
 - ✓ إبعاد أبحاث ومعارف الموردين والزبائن،
 - ✓ صعوبة الحفاظ على توازن الطاقات الإنتاجية بين كيانات المنبع والمصب،
 - ✓ متطلبات مختلفة في الإدارة.
- مسائل خاصة عند المنبع *Amont*:
- ✓ امتلاك ذاتي للمعرفة،
 - ✓ دعم تنويع المنتجات،

✓ تكامل جزئي *Moduled* نحو المنبع.

مسائل عند المصب *Aval*:

- ✓ طاقة أفضل لتتويج المنتجات،
- ✓ إمكانية الوصول إلى شبكات الموزعين،
- ✓ إمكانية الوصول إلى المعلومات عن الأسواق،
- ✓ الحصول على أسعار بيع أعلى،
- ✓ تكامل جزئي *Moduled* نحو المصب.

الغموض البناء في قرارات التكامل العمودي:

- ✓ الوضع القوي في السوق
- ✓ دوماً الإنتاج الداخلي أرخص
- ✓ عقلانية التكامل باتجاه قطاع تنافسي ولا ينصح بقطاع شديد التنافسية
- ✓ يمكن للتكامل العمودي أن ينفذ قطاع مريض استراتيجياً
- ✓ تؤهل تجارب جزء من الحلقة الإنتاجية الكوادر للاهتمام بوحدة بداية ونهاية الحلقة

٢) قرار زيادة الطاقة الإنتاجية

أسباب/ميررات زيادة الطاقات الإنتاجية:

- ✓ عوامل تكنولوجية: زيادة الطاقة بشكل شرائح كبيرة، الاقتصاد السلمي أو منحني الخبرة، فترات طويلة في زيادة الطاقة الإنتاجية، زيادة فاعلية الحد الأدنى للتكاليف السلمية، تعديلات في تكنولوجيا الإنتاج
- ✓ عوامل بنيوية: عقبات أكثر عند الانسحاب من السوق، الضغط على الموردين لزيادة طاقتهم، البحث عن المصدقية، زيادة تكامل المنافسين، التأثير على الطلب، تأثير نوع وعمر الطاقات على الطلب
- ✓ عوامل متعلقة بالمنافسين: عدد كبير من المنافسين، غياب "قائد" للسوق موثوق، الداخلون الجدد،
- ✓ تدفقات المعلومات: "تضخيم" توقعات السوق، فرضيات أو تصورات متناقضة، عجز إشارات السوق عن التعبير، التغييرات البنيوية، ضغوط المؤسسات المالية
- ✓ عوامل متعلقة بإدارة الشركة: اهتمام الإدارة بالإنتاج، حساسية غير متناظرة تجاه المجازفة
- ✓ عوامل متعلقة بالدولة: تشجيع الاستثمار، بناء اقتصاد وطني، ضغوط للحفاظ على معدل عمالة عالٍ

مراحل قرار زيادة الطاقة الإنتاجية:

١. تحديد الخيارات المتاحة للشركة وطبيعة الزيادات في الطاقة
٢. تقدير حجم الطلب المستقبلي وتكاليف عوامل الإنتاج
٣. تقدير التطور التكنولوجي الممكن واحتمال امتلاكه
٤. تقدير زيادة طاقة المنافسين القائم على توقعات المنافسين في القطاع
٥. جمع الزيادات وتحديد توازن العرض والطلب والأسعار والتكاليف الناجمة عنه
٦. تحديد تدفقات السيولة المنتظرة لزيادة الطاقة
٧. إجراء اختبار أو دراسة حساسية التحاليل السابقة

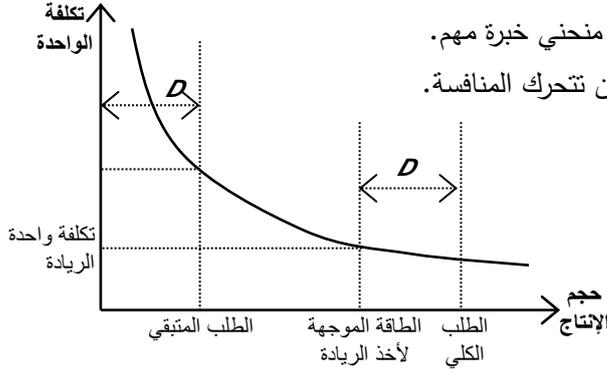
استراتيجيات "السبق" أو الريادة:

✓ زيادة الطاقة بشكل كبير مقارنة بحجم السوق.

✓ اقتصاد سلمي مهم بالنسبة لطلب السوق أو منحنى خبرة مهم.

✓ القدرة على إظهار الرغبة بأخذ الريادة قبل أن تتحرك المنافسة.

✓ جاهزية المنافسين للانتساب.



٣) قرار الدخول إلى أسواق أو قطاعات جديدة

استراتيجية التطوير الداخلي:

✓ ردود أفعال قوية في الحالات الآتية: تزايد بطيء، منتجات أولية، تكاليف ثابتة عالية، قطاع مركز جداً، شركات

مرتبطة استراتيجياً بالقطاع، حساسية قادة الشركات الموجودة تجاه المخاطر

✓ لا ينصح بدخول قطاع أو سوق متوازن، أي قطاعات جديدة ذات تطور سريع، دعم عوائق الدخول، معلومات متواضعة عن السوق،

✓ ردود أفعال ضعيفة أو غير فعالة: تكاليف ردود الفعل للشركات أعلى من إيراداتها، تواجد شركة راعية أوبياً للقطاع التي لا ترد إن لم تُهدد بشكل قوي، توجه الشركات الموجودة لحماية نشاطاتها الموجودة، تكاليف الدخول ضعيفة.

✓ هناك إمكانية خاصة للتأثير على بنية القطاع.

بعض الآليات: تخفيض التكاليف، تكوين حصة من السوق بأسعار أقل، منتجات بجودة أعلى وتشكيلة أكبر، استكشاف

قطاع جديد محظور، إدخال ابتكار تجاري جديد، قنوات توزيع خاصة.

استراتيجية الامتلاك:

✓ مستوى عتبة السعر المقبول: تحدد بإمكانيات البائع وليس المشتري.

✓ وجود فجوات في السوق: لدى المشتري معلومات ذات جودة عالية، عدد المزاولين قليل، حالة الاقتصاد سيئة، الشركة التي ستباع مريضة، أهداف البائع أخرى غير الحصول على سعر كبير.

✓ إمكانية وحيدة لتشغيل أعمال البائع: المشتري لديه إمكانيات مختلفة لتحسين عمليات البائع، تخلق الشركة المشترة وضع مناسب لمعايير التطوير الداخلي، دعم وضع المشتري في القطاعات المتواجده فيها مثلاً، امتلاك شبكة قنوات توزيع.

✓ المزاولون غير عقلانيين.

استراتيجية الدخول المتسلسل: الدخول في تجمع شركات استراتيجي عبر امتيازات، شركات موضعية، ...

٤) قرار الانسحاب أو التخلي عن الاستثمارات Declin

العوامل البنوية للمنافسة:

- ✓ قيود الطلب: الشك والمجازفة المبررة أو لا وقد تؤدي إلى حرب بين المتنافسين في حال كانت توقعاتهم بعودة السوق للإفلاخ من جديد، شكل الانحدار، بنية جيوب بقايا الطلب.
- ✓ أسباب الانحدار: تكنولوجيا جديدة، الديموغرافيا، تطور الاحتياجات.
- ✓ عقبات الانسحاب: موجودات طويلة العمر أو تخصصية، تكاليف ثابتة عند الانسحاب، الترابط بين القطاعات، تناقص المصدقية، هل يصيب الانسحاب جزء من السلسلة أو الكل؟ عقبات المعلومات، عقبات العمالة والبطالة، عقبات قانونية أو اجتماعية.
- ✓ انفجار المنافسة

الاستراتيجيات الممكنة:

- ✓ السيطرة.
- ✓ القطاع المحظور والدفاع عنه.
- ✓ جني الثمار الناضجة لتأويج السيولة.
- ✓ التخلي السريع عن الاستثمارات خصوصاً في بداية الانحدار.
- ✓ اختيار استراتيجية أثناء الانحدار حسب بنية القطاع إذا كانت إيجابية أو سلبية، والقوى التي تملكها الشركة لمواجهة المنافسة.

المطبات أثناء الانحدار:

- ✓ عدم الأخذ بالاعتبار لمرحلة الانحدار.
- ✓ حرب كارثية مع المنافسين.
- ✓ استراتيجية جني الثمار الناضجة في غياب مبررات واضحة ومثينة.

التحضير لمرحلة الانحدار:

- ✓ تقليل الاستثمارات.
- ✓ التركيز على أماكن القطاع الناجحة.
- ✓ إنشاء تكاليف تحويل بين الأماكن السابقة.

الفصل الثالث: عملية صناعة القرار

Decision Making Process



شروق الشمس، انطباعية.

(*Impression, Soleil Levant, 1872*)

^(٢١) Claude Monet

^{٢١} . Claude Monet (١٨٤٠-١٩٢٦)، رسام فرنسي ومؤسسة المدرسة الانطباعية في الرسم.

ملخص الفصل:

نعالج في هذا الفصل صناعة القرار من وجهة النظر المنظومية كسيرورة مرتبطة ببيئتها وبالزمن، كما سنتعرف بالتفصيل إلى مكونات مسألة القرار سواء من حيث البدائل أو الأفعال التي يمكن أن يقوم بها متخذ القرار، أو المعايير التي سيتم المحاكمة على أساسها والأهمية النسبية للمعايير، كما سنتعرف إلى الأساليب الأكثر انتشاراً لتقييم البدائل وفق المعايير.

كلمات مفتاحية Key Words:

سيرورة القرار *Decision Process*، مسألة القرار *Decision Problem*، البديل *Alternative*، المعيار *Criterion*، المقياس *Measure*، تقييم البديل *Performance*، أهمية المعايير *Criteria Importance*.

مخطط الفصل:

- ١-٣ عملية صناعة القرار *Decision Making Process*.
 - ٢-٣ مسألة القرار *Decision Problem*.
 - ٣-٣ البدائل *Alternatives*.
 - ٤-٣ المعايير *Criteria*.
 - ٥-٣ الأهمية النسبية للمعايير *Relative Importance of Criteria*.
 - اختبارات وأسئلة الفصل الثالث *Tests*.
- ملحق: ملخص دليل وزارة الطاقة الأمريكية لاتخاذ قرارات التعاقد لديها.

٣-١ عملية صناعة القرار

ينظر إلى عملية صناعة قرار بأنه تلك السلوكيات والإجراءات التي تسبق وتحدد وتلي اتخاذ القرار، حيث تأتي هذه العملية كتنشيط ذهني مركز لإنتاج خيار محدد، ويمكن لحظ فرقا جوهرياً بين وجهتي نظر علماء النفس وعلماء الاقتصاد تجاه هذه الآلية (Ben-Akiva et al., 1999):

- ✓ تُركز العلوم النفسية على فهم طبيعة مشكلة القرار وعناصرها وكيفية تكوينها وتعديلها عبر التجارب، وكيفية تحديدها للسلوك بما ينسجم مع منظومة القيم والأحكام للشخص متخذ القرار.
- ✓ في حين تهتم العلوم الاقتصادية بوضع تصور لكيفية اتخاذ القرار استناداً إلى المعلومات المتوفرة ومعالجتها، وإلى تفضيلات متخذ القرار، وتقوم إلى اختيار أفضل البدائل ضمن القيود الموجودة، وتبدو العلوم الإدارية أقرب إلى هذا المفهوم باعتبار أن متخذ القرار هو كائن إنساني اقتصادي التوجه استناداً إلى مبدأ العقلانية المحدودة.

٣-١-١ سيرورة القرار *Decision Process*

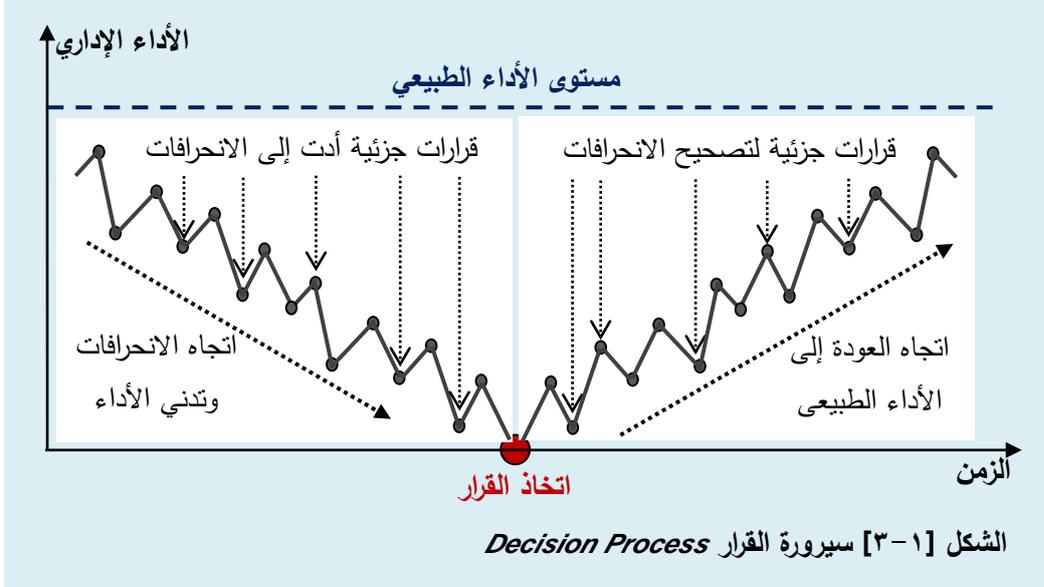
ترتبط عملية صنع القرار بسلسلة من الأفعال ممتدة عبر الزمن ولا يمكن فصلها عن زمانها ومكانها وبيئتها، وهو ما ندعوه بسيرورة القرار *Decision Process*؛ عندما تصل هذه السيرورة في لحظة معينة إلى حالة لا يمكنها الاستمرار بالشكل الطبيعي، حيث تظهر الحاجة إلى إحداث تغيير قسري تنتقلها إلى حالة أخرى "مُقيّمة بشكل أفضل"، هذا الفعل هو بالضبط المعنى المقصود باتخاذ القرار كما يبين الشكل [٣-١]، كما ولا يمكن تجاهل تطور هذه السيرورة بشكل مستمر بسبب تطور أهداف المنظمة وأحكام وآراء متخذ القرار والمعطيات الداخلية والخارجية بالإضافة إلى أهداف أطراف القرار.

مثال (٣-١) قرار إعلان الحرب العالمية الثانية.

عندما اتخذت بريطانيا وفرنسا القرار بإعلان الحرب على ألمانيا، لم يكن فجائياً ومعزولاً عن زمانه ومكانه والأطراف المعنية بها، بل كان مرتبطاً بسلسلة من القرارات الجزئية السابقة (حروب موضعية، مفاوضات فاشلة، تصنيع حربي، تعبئة شعبية، ...) بحيث أتى إعلان الحرب استمراراً للسابق، لتغيير قسري في الوضع القائم، ومرتبطة بالظروف المحيطة به.

مثال (٣-٢) إجازات إدارية متتالية.

لدينا ١٠ عاملين في إحدى الفعاليات، يمنح مدير الفعالية يومياً إجازة لعامل واحد لمدة ١٠ أيام. القرار الجزئي بمنح عامل واحد إجازة لا يعتبر كارثة ولا يفترض أن يؤثر على أداء الفعالية، لكن تراكم هذه القرارات الجزئية سيؤدي إلى توقف العمل كلياً، ولذلك على المدير أن يتخذ القرارات المناسبة قبل الوصول إلى اليوم التاسع ويجد نفسه الوحيد في الفعالية!

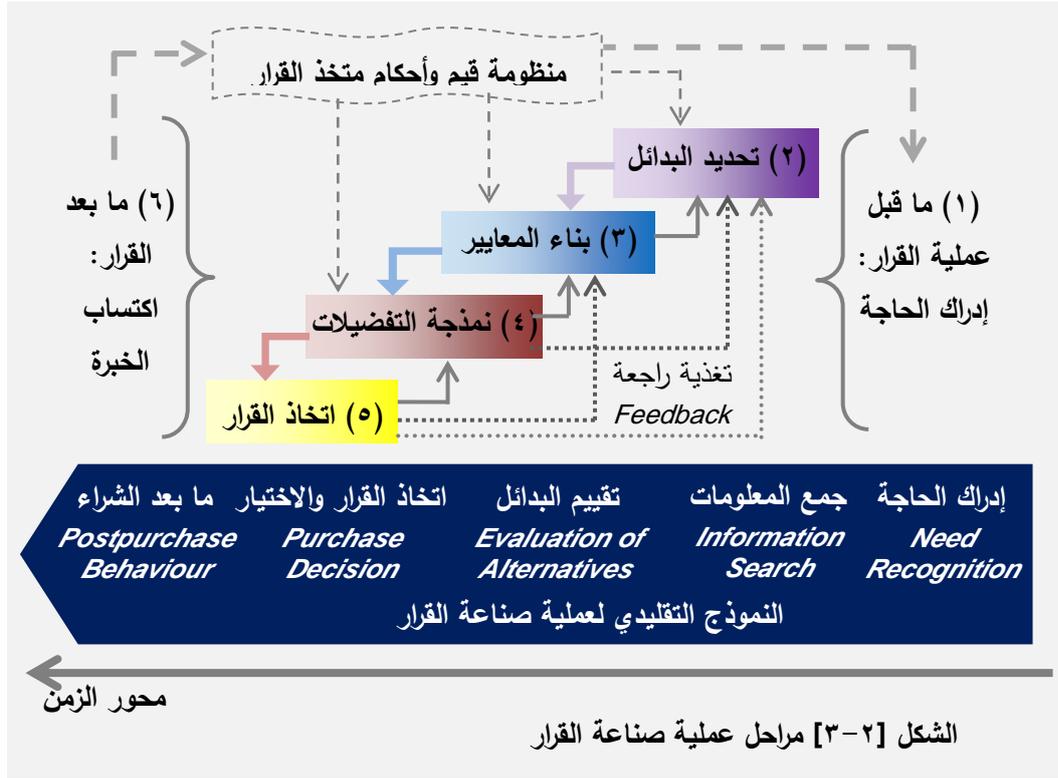


٣-١-٢ مراحل عملية صناعة القرار

هناك خطوات منطقية يستخدمها متخذ القرار للإقدام على الفعل والوصول إلى حل مقبول أو انتقاء أول بديل يراه مقبولاً، وليس بالضرورة أن يكون هذا البديل هو "الحل الأمثل" (Mintzberg, 2001)؛ وتأتي نماذج القرار لتعبر عن هذه الخطوات بشكل أو بآخر، حيث يتمحور أغلبها حول ثلاث مراحل جوهرية (Newill et al., 1972): البحث عن المعلومات، نمذجة البدائل والمعايير، المحاكمة واتخاذ القرار (انظر الفقرة ٢-٧)؛ وقد يرى البعض (Kotler, 1999) أنها تشمل خمس مراحل هي: إدراك المشكلة، البحث عن المعلومات، تقييم البدائل، اتخاذ القرار، مرحلة ما بعد اتخاذ القرار؛ في حين يرى آخرون أنه يمكن تصنيفها في أربع مستويات متداخلة (Roy, 1996, pp. 34)، واعتبار أن مرحلتي البدء وما بعد القرار ليستا جزءاً مباشراً من عملية صناعة القرار، وكأنه ينظر إليها كعملية إنتاج بمفهوم الإنتاج الصناعي وهي: تحديد البدائل، بناء المعايير، نمذجة التفضيلات، وأخيراً اتخاذ القرار

الأنسب.

في جميع الأحوال، لا يجب النظر إلى هذه المراحل بشكل خطي مهما تعددت فهي نشاطات متفاعلة مع بعضها، ومع أطراف القرار ومع البيئة المحيطة على غرار ما يتم في العملية الإدارية التقليدية من تخطيط وتنظيم وتسيير وتنسيق وإشراف ورقابة وغيرها، كما يبين الشكل [٢-٣]، (صالح، ٢٠١٤).



(١) مرحلة البدء بعملية صناعة القرار

تبدأ عملية صناعة القرار بإدراك الحاجة *Need Recognition*، ثم تنتقل إلى مرحلة البحث وجمع المعلومات *Information Search*، حيث تكون المعلومات أكثر كثافة وعمومية في بداية المرحلة، وأكثر دقةً وتحديداً في المراحل اللاحقة، ويتم عادةً اللجوء إلى مصادر متنوعة منها ما هو متعلق بما يملكه متخذ القرار نفسه من معلومات وخبرات أو من مصادر المنظمة (السجلات، قواعد البيانات، خبرات العاملين، ...) أو مصادر خارجية (الإنترنت، المنظمات العامة والخاصة، الإعلانات التسويقية، الخبراء، ...) آخذاً بالاعتبار حجم وطبيعة المعلومات التي يحتاجها والمنفعة المتوقعة منها والتي تخدم البحث عن حل للمشكلة.

(٢) مرحلة تحديد البدائل Alternatives

تتلخص هذه المرحلة في كيفية تعريف البدائل Alternatives التي تشكل موضوع القرار، أي تعريف الأفعال أو الخيارات التي يمكن أن تُطبق للانتقال بالمشكلة إلى حالة أفضل؛ بمعنى آخر، أن نجيب على أسئلة من نمط: تحت أي شكل يجب نمذجة القرار؟ كيف يُمكن تمييز الخيارات المتاحة وقابليتها للتنفيذ الفعلي؟ وعادةً ما يتم البدء بمجموعة محدودة من البدائل المتوفرة ثم توسيعها حسب الحاجة.

(٣) مرحلة بناء المعايير Criteria

تهتم هذه المرحلة بأسس الحكم والمرجعيات التي تسمح بالتمييز بين البدائل، ويتم ذلك بالإجابة على مجموعة من الأسئلة من نمط: ما هي نتائج القرارات القابلة للتداخل مع أهداف ومنظومات القيم لكل من أطراف القرار؟ ما هي النتائج الواجب أخذها بالاعتبار؟ كيف يتم بناء المعايير القادرة على أخذ هذه النتائج والعوامل بشكلٍ صريح؟ إلى أي مدى يمكنها تمييز البدائل مع الأخذ بالاعتبار النقص في المعلومات؟ حيث تساهم إجابات هذه الأسئلة في بناء عائلة متجانسة من المعايير Criteria تستطيع التمييز بين البدائل.

(٤) نمذجة تفضيلات متخذ القرار Preferences Modeling

يمكن تنفيذ المراحل السابقة بشكلٍ موضوعي ودون تأثير جوهري لأي من أطراف القرار، لكن من الصعب المتابعة دون إدخال منظومة قيم وتفضيلات متخذ القرار، فما هو النموذج الأنسب للتعبير عن تفضيلات متخذ القرار؟ وكيف يتم تجميع تقييمات بديل ما، ليتم إعلانه أفضل أو أسوأ من بديل آخر، أو ليتم الحكم عليه بأنه مقبول أو غير مقبول؟ كيف يتم الأخذ بالاعتبار أهمية المعايير في نموذج الحكم النهائي؟ حيث تشكل الإجابات على هذه الأسئلة ما ندعوه بنموذج تفضيلات متخذ القرار.

(٥) إشكاليات القرار والبحث عن الحل الأفضل

قد تكون المراحل السابقة كافية في الكثير من الأحيان، لنحصل على حل للمشكلة، وإلا سنكون بحاجة إلى وضع إجراءات عملية بهدف الحصول على "حلول" لمشكلات ذات طابع تقني أو إجراءات للبحث عن البديل الأنسب؛ تتعلق هذه الإجراءات بالهدف من القرار، ويمكن تلخيصها بثلاثة:

إجراءات لاختيار البديل الأفضل، أو إجراءات لفرز البدائل في فئات، أو إجراءات لترتيب البدائل.

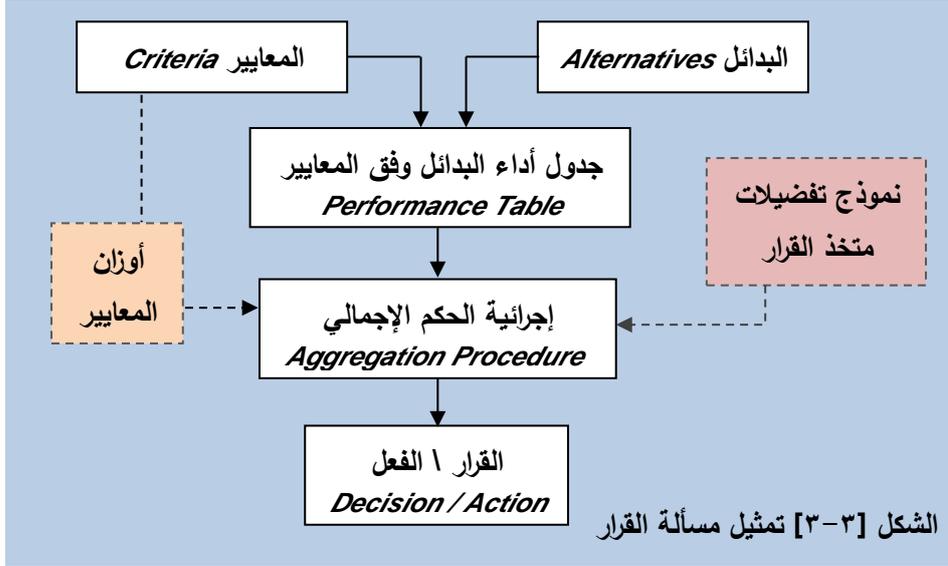
(٦) مرحلة التطبيق واكتساب الخبرة

لا يقتصر على أساس إشباع الحاجة أو توافقها مع توقعاته، لذلك يلجأ متخذ القرار بعد تطبيق القرار إلى إجراء نوع من تقاطع المعلومات والأحكام مع معلومات وآراء جهات ذات مصداقية، وقد يستخدم أدوات وتقنيات إضافية للتقييم التقني أو الوظيفي بهدف تحسين عملية صناعة القرار لاحقاً.

٢-٣ مسألة القرار *Decision Problem*

يتم تعريف مسألة القرار كما هو مبين في الشكل [٣-٣] بما يلي:

- أ- مجموعة من الخيارات الممكنة، أو الأفعال القابلة للتنفيذ ندعوها البدائل *Alternatives*.
- ب- مجموعة من أسس الحكم والمرجعيات ندعوها المعايير *Criteria*.
- ج- تقييم البدائل وفق المعايير ونضعها على شكل جدول ندعوه جدول أو مصفوفة الأداء *Performance Table*.
- د- نموذج صريح أو ضمني لتفضيلات متخذ القرار *Preferences Model*.
- هـ- الحكم الإجمالي وتطبيق إجرائية تجميع تقييمات البدائل *Aggregation Procedure*.
- و- القرار النهائي أي الفعل الواجب تطبيقه.
- ز- حيث سنقوم في الفقرات اللاحقة بشرح كل من هذه المكونات بشيء من التفصيل.



مثال (٣-٣) اختيار أفضل طالب.

المشكلة: المفاضلة بين الطلبة، الهدف: اختيار الطالب الأفضل الذي لا يمكن إيجاد طالب آخر أفضل منه.

المعايير: المقررات الدراسية، جميع المقررات لها نفس الوزن.

البدائل: طلاب البرنامج الحالي.

جدول أداء البدائل وفق المعايير أو التقييم: جدول درجات الطلبة حسب الجدول [٣-١].

إجرائية الحكم الإجمالي: أية طريقة تؤدي إلى اختيار الطالب الذي لا يوجد أفضل منه.

مثال (٣-٤) ترتيب الطلاب حسب الأفضلية.

المشكلة: ترتيب الطلاب حسب الأفضلية.

المعايير: المقررات الدراسية، جميع المقررات لها نفس الوزن.

البدائل: طلاب البرنامج الحالي.

جدول أداء البدائل وفق المعايير أو التقييم: جدول درجات الطلبة حسب الجدول [٣-١].

إجرائية الحكم الإجمالي: ترتيب حسب مجموع الدرجات.

مثال (٣-٥) فرز الطلاب إلى فئات.

المشكلة: فرز الطلاب إلى ثلاث فئات: المتميزة، المتوسطة، المتعثرة.

المعايير: المقررات الدراسية، جميع المقررات لها نفس الوزن.

البدائل: طلاب البرنامج الحالي.

جدول أداء البدائل وفق المعايير أو التقييم: جدول درجات الطلبة حسب الجدول [٣-١].

إجرائية الحكم الإجمالي: فرز حسب تعريف الفئات، أي تقدير انتماء الطالب للفئة أو لا.

الجدول [٣-١] مثال، جدول تقييم الطلبة في المقررات						
المجموع	نظرية القرارات	اللغة	المالية	إدارة	الاقتصاد	
٤٣٠	٨٠	٩٠	٩٠	٨٠	٩٠	طالب A
٣١٠	٨٠	٩٠	٨٠	٥٠	١٠	طالب B
٣٤٥	٧٠	٨٠	٦٥	٦٠	٧٠	طالب C
٣٤٥	٨٠	٧٠	٦٥	٧٠	٦٠	طالب D
١٢٠	٢٠	٤٠	١٠	٢٠	٣٠	طالب E

من المفيد الإشارة إلى أنه في الأمثلة الثلاثة السابقة، نجد نفس الطلبة (البدائل) ونفس المقررات (المعايير) ونفس الدرجات (التقييمات)، لكن كما نلاحظ أن الهدف من القرار يختلف: ففي المثال الأول اختيار الأفضل، وفي الثاني ترتيب الطلبة، وفي الثالث فرزهم إلى فئات، وهي أنماط مختلفة من المشكلات وبالتالي تحتاج إلى طرق مختلفة في الحكم النهائي؛ إذ لا يمكن الجزم بأن من يأتي في الترتيب الأول هو دوماً أفضل البدائل، كما أن الفرز قد يتعلق بالهدف من حل المشكلة ولا يعني أو يتوافق بالضرورة مع نتائج تقسيم ترتيب الطلبة إلى مجموعات حسب مراتبهم، سنعود لاحقاً إلى هذه الأنماط من مشكلات القرار.

٣-٣ البدائل *Alternatives*

تشكل البدائل موضوع القرار، وتعبر عن خيارات الأفعال الممكنة لمتخذ القرار الواجب القيام بها، يجب أن يكون لكل بديل معنى بحد ذاته ومحققاً لفرضية الاستقلال عن البدائل الأخرى قدر الإمكان (Keeny & Raiffa, 1976)، أي أن تطبيقه ليس له علاقة بالبدائل الأخرى.

٣-٣-١ الفعل أو البديل *Action, Alternative*

البديل هو التمثيل لمساهمة ممكنة إلى القرار الإجمالي، وقابلة للتصور بشكل مستقل عن مساهمة كل من البدائل الأخرى، وكذلك قابلة للتطبيق الفعلي خلال عملية صناعة القرار (Roy, 1985)، ونرمز لمجموعة البدائل كما يلي $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$.

مثال (٣-٦) إنشاء طريق.

لدى الحديث عن إنشاء طريق ضمن مناطق جغرافية مختلفة، فإن أجزاء الطريق المختلفة (جسر، نفق، أو غيرها) لا تشكل بدائل مستقلة بحد ذاتها، بينما إذا كان الطريق يتطلب المرور بموقع حرج، فإن كل طريقة ممكنة لعبور الموقع إلى تلك المناطق يمكن أن تُعطي بديلاً مستقلاً.

يمكن تمييز عدة أنواع من البدائل حسب إمكانية تحققها فعلياً:

✓ بدائل حقيقية *Real Alternatives* معرفة تماماً وقابلة للتنفيذ فوراً، بالمقابل هناك بدائل مثالية أو وهمية *Ideal Alternatives* يمكن تخيلها أو غير مكتملة.

✓ بدائل واقعية *Realist Alternatives* هي بدائل غير موجودة فعلياً، ولكن يمكن تخيلها ولا يوجد ما يمنع من حدوثها في أية لحظة، وبالمقابل هناك بدائل غير واقعية *hypothetical Alternatives* تخدم للتوضيح وإظهار التناقضات.

كما نقول عن بديل بأنه كلي إذا كان تنفيذه ينفي أو يمنع إمكانية تنفيذ أي بديل آخر، وإلا نقول بأنه بديل مجزأ. يعني التصميم الكلي أن الفعل المطلوب هو تطبيق كامل البديل أو لا شيء منه، وهنا نجد المبرر الكامل لاستخدام مصطلح البديل *Alternative*، في حين يعني التصميم المجزأ أن الفعل هو جزء من مجموعة خيارات أو بدائل قابلة للتجزئة، أي يمكن اختيار تركيبة من مجموعة من البدائل

الموجودة، كما هو الحال في الخطط الزراعية أو المشاريع المتكاملة، قد لا تكون التجزئة إرادية، بل يمكن أن تكون مجبرين عليها، مثلاً شراء تلفزيون وإجبارك على شراء طاولة معه.

مثال (٧-٣) تصميم كلي، شراء سيارة.

في حال أراد رب العائلة (الأب) شراء سيارة واحدة للعائلة، فيمكن أن يفضل كل فرد في العائلة كأطراف في صناعة القرار نموذجاً معيناً من السيارات (الأب، أو الأم، أو الابن، ...)، وبالتالي فإن اختيار نموذج معين ينفي وجود إمكانية لشراء أي نموذج آخر، أي أن تصميم البدائل في هذه الحالة كلياً.

مثال (٨-٣) تصميم جزئي، الخطط الزراعية.

في حال أردنا زراعة مساحة من الأراضي، فيمكن زراعة كامل المساحة قمح أو شعير أو عدس، أو يمكن زراعة نسبة من المساحة قمح ونسبة أخرى شعيرة والمساحة المتبقية عدس، وبالتالي فإن تصميم البدائل في هذه الحالة مجزأ.

تمس هذه المفاهيم جانباً معقداً من النمذجة، في أي مستوى من التفصيل يجب التوقف بحيث يكون تمييز البديل عملياً وقابل للتطبيق الفعلي، أي يجب أن تسمح عملية تمييز البدائل "بعزل" البديل بحيث تكون الخصائص التي تميزه عن الآخرين واضحة وصريحة.

٣-٣-٢ مجموعة البدائل الكامنة

قد يتغير البديل أثناء تقدم عملية صناعة القرار، لذلك لا بد من تعريف البدائل بشكل صريح وواضح، وتحقيق حدّ أدنى من الاستقلالية فيما بينها (Luce, 1959؛ Keeny & Raiffa, 1976).

البديل الكامن هو بديل تم الحكم عليه مؤقتاً بأنه قابل للتنفيذ من قبل أحد أطراف القرار، ونقول عن مجموعة البدائل الكامنة A بأنها معرفة بشكل دائم إذا تحقق شرط الاستقرار الداخلي والخارجي كما يلي:

(أ) الاستقرار الداخلي: أو مبدأ أن المجموعة A مفروضة مسبقاً، أي يجب ألا يُعاد تعريفها إلا بشكل طفيف وهامشي خلال مراحل الدراسة، إذ أن تعديل مجموعة البدائل أمر مبرر مع تقدم مراحل

الدراسة وظهور نتائج معينة، ولكن المقصود من الشرط، ألا تكون منهجية العمل متعلقة بمجموعة محددة ولا تعمل إلا معها، وإلا نعود دوماً إلى البداية في كل مرحلة.

(ب) الاستقرار الخارجي: أي اعتبار مجموعة البدائل A تتمتع بقدر كبير من الديمومة والاستمرارية، إذ أن عدم تحقق هذا الشرط يعني أن هناك بدائل تختفي وأخرى تظهر بشكل متكرر مما يُربك الدراسة، وهذه الحالة متكررة بكثرة خصوصاً في المنتجات التكنولوجية سريعة التطور.

مثال (٩-٣) شرط الاستقرار الداخلي، سرعة تدهور الأسعار في البورصة.

من المعلوم أن حركة أسعار الأسهم في البورصة متسارعة خصوصاً في حال وجود مشكلة ما، أو معلومات عن وضع الشركات صاحبة الأسهم. لنفترض أن هذه الأسعار تناقصت بنسبة ٢٠%، قررت إدارة الشركة على وجه السرعة تكليف خبير لاقتراح حلول لهذه المشكلة، وأخذ الخبير حوالي أسبوع لاقتراح البدائل والأفعال المطلوب إنجازها، خلال هذا الأسبوع تكون الأسهم قد خسرت أكثر من ٧٠% من قيمتها، في حين أن مقترحات الخبير ركزت على خسارة الـ ٢٠% وبالتالي لن تكون مفيدة لمعالجة خسارة ٧٠%، كان يجب اقتراح منهجية تتعامل مع حالة التدهور السريع لسعر السهم.

مثال (١٠-٣) شرط الاستقرار الخارجي، تغيير متسارع في مواصفات الحواسيب.

قررت إحدى الجامعات الحكومية شراء مجموعة كبيرة من الحواسيب لمخبرها، وتم تحديد مواصفات هذه الحواسيب بدقة من قبل اللجنة الفنية، وأرسلت إلى فعالية العقود والمشتريات، استغرقت هذه الأخيرة حوالي سنة لاستدراج وفض العروض والإجراءات الإدارية، فوجئت لجنة العقود بأن المواصفات المقدمة في العروض أفضل من المواصفات المحددة من قبل اللجنة الفنية، ولكنها لم تستطع قبول العروض الجديدة كونها مخالفة للمواصفات المحددة! تم رفض العروض وإعادة الموضوع إلى اللجنة الفنية؛ في حين، كان يجب وضع منهجية قابلة للتطبيق المتكرر مع مواصفات مختلفة، وتؤدي نفس الوظائف المطلوبة، وتسمح للجنة التعاقد بقبول العروض دون العودة لإعادة تعريف المواصفات.

لا بد من الإشارة إلى أن الحالة المثالية التي نرغب بالتعامل معها هي طبعاً أن تكون البدائل مستقرة ومصممة بشكل كلي، لكن هذه المثالية بعيدة عن الواقع الفعلي لمشكلات القرارات في المنظمات، لذلك نعير كثير الانتباه ألا نسعى إلى هذه الحالة دون مبررات واضحة وصريحة.

٣-٤ المعايير *Criteria*

لا يمكن الحديث عن "أفضل" أو "أسوأ" البديلين a, b ، أو حتى الحكم على بديل بأنه مناسب أو غير مناسب إلا بناءً على المقارنة مع معايير أو مرجعيات معرفة وقائمة على أساس الحكم على النتائج المحتملة لهذه البدائل أي خصائص البدائل.

٣-٤-١ النتائج الممكنة

النتيجة الممكنة أو المحتملة هي كل أثر أو خاصية يمكن أن تتداخل مع أهداف أو منظومة القيم لأحد أطراف القرار وتُشكل أساساً لوضع أو لتبرير أو لتعديل أفضلياته (Roy, 1996). غالباً ما تكون مجموعة النتائج الممكنة غير محددة أو ضبابية أو متداخلة وتتطلب صياغة صارمة وصريحة؛ ويتعلق السؤال الجوهرى بمعرفة أية خاصية تستحق أن نعتبرها نتيجة ممكنة بالنسبة للمشكلة المطروحة؟ أي يجب تعريف مجموعة الخصائص وندعوها بغيمة النتائج ونرمز لها لبديل ما a بالشكل $v(a)$ ، ومنها نقوم بتعريف المعايير.

مثال (٣-١١) النتائج الممكنة المتعلقة بشراء سيارة عائلية.

بالنسبة للأب، قد تكون النتائج متعلقة بسعر الشراء، أو بتكلفة الاستخدام، أو بالراحة، أو بالنواحي الأمنية، أما بالنسبة للأم والأطفال كأطراف في عملية صنع قرار الشراء، فقد تتعلق بالنواحي الجمالية أو بالسرعة أو بحجم السيارة. نلاحظ أن الخاصية المتعلقة بحجم السيارة مرتبطة بالراحة، كذلك الأمر بالنسبة لتكاليف الاستخدام، فهي مرتبطة بحجم وسرعة السيارة، وبالتالي قد لا نتمكن من فصلهما عن بعض، أو قد لا يكون من الضروري فصلهما.

مثال (٣-١٢) النتائج الممكنة المتعلقة بإنشاء أو توسيراد.

تُعتبر غيمة النتائج في هذه الحالة أكثر تعقيداً، فقد نجد: آثاراً مرتبطة بحركة المرور، أو آثار متعلقة بالضجة والبيئة مثل تخريب البيئة السكنية والطبيعة المحيطة وإزعاج السكان، أو آثار مالية مثل تكاليف الاستثمار والصيانة، أو آثار سياسية متعلقة بآراء المواطنين وسياسة الحكومة أو مجلس المنطقة، الخ.

وبالتالي يجب الأخذ بالاعتبار لكافة خصائص البدائل الكامنة المأخوذة بالاعتبار $v(A)$ حتى ولو كان البعض منها يبدو ثانوياً. كما يمكن عزل مجموعة من الخصائص الواضحة ندعوها بالنتائج الأولية *Elementary Consequences*، فالنتيجة الأولية c هي كل نتيجة ممكنة تحقق الشرطان الآتيان (Roy, 1985):

(١) مُميّزة بشكلٍ كافٍ بمحتواها حيث يمكن لجميع الأطراف فهم هذا المحتوى دون مشكلة؛ يُجيب هذا الشرط عن مضمون ومفهوم النتيجة أي عن ماذا نتحدث؟

(٢) يُمكن وضع تصور واضح للقيم التي تأخذها النتيجة عند وضع أحد البدائل قيد التنفيذ؛ يُجيب هذا الشرط عن كيفية ظهور النتيجة وتعبيرها عن هذا الظهور؟

يتم عادةً وضع قائمة شاملة للخصائص، ومن ثم إعادة تصنيفها، وحذف المكرر منها أو المتشابه في المعنى، وحتى تجزئة البعض إذا كانت تعبر عن أكثر من مضمون.

٣-٤-٢ المقياس وأبعاد التفضيل

في الكثير من الحالات، يمكن أن نتبين بسهولة مقياس تفضيلي مرتبط بالخصائص، يُشكل ما ندعوه بـتفضيلاً يسمح بتقييم البدائل بشكلٍ مستقل عن أطراف القرار، في جميع الأحوال يتوجب بناء مقياس لكل من الخصائص التي تم أخذها بالاعتبار بشكلٍ موضوعي قدر الإمكان.

مقياس التفضيل E هو مجموعة من الحالات (الوحدات) المُرْتَبَة e_1, e_2, \dots, e_n وفقاً لترتيب تام، حيث يجري مقارنة بديلين a و b وفقاً لتقييمهما $v(a) = e_1$ و $v(b) = e_2$ والحكم على علاقة التفضيل بينهما وفق هذا المقياس فقط كما يلي:

✓ حالة التكافؤ a / b إذا كانت e_1 و e_2 متساويتين في الترتيب ($e_2 = e_1$).

✓ حالة التفضيل $a \succ b$ إذا كانت e_1 بعد e_2 في الترتيب ($e_1 > e_2$).

مثال (٣-١٣) خصائص منتج: السعر.

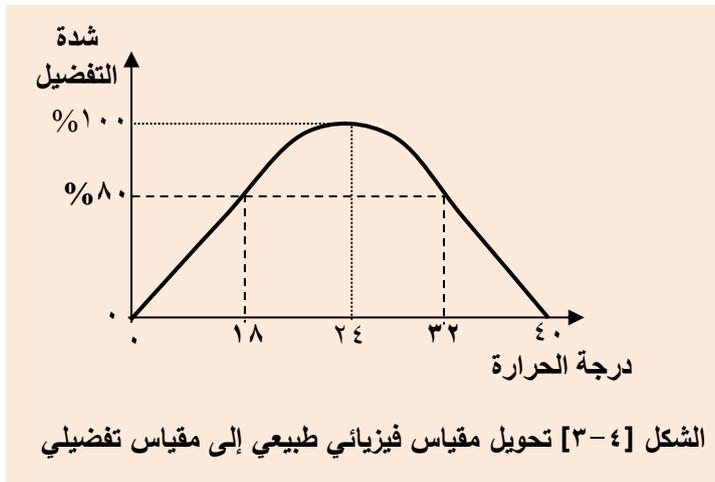
يُعتبر سعر المنتجات هو مقياس تفضيلي "طبيعي" بعد ترتيب الأسعار تنازلياً أي من الأعلى إلى الأرخص، بمعنى أن كل شخص يُفضل شراء منتج (البديل a) بسعر e_1 على منتج آخر (البديل b) بسعر e_2 طالما أن سعر الأول أقل من سعر الثاني أي $e_1 < e_2$ ، ونقول في هذه الحالة بأن البديل الأول a أفضل من البديل الثاني b وفقاً لسعر الشراء.

مثال (٣-١٤) المقياس ليس قيمة وحيدة.

لنأخذ حالياً الحالة التي تكون فيها واحدة القياس مجموعة من القيم متفرقة عبر الزمن، مثلاً تدفقات نقدية في حالة مشاريع استثمارية أو أقساط دورية لقروض سكنية، يمكن في هذه الحالة اعتبار القيمة الحالية الصافية للتدفقات هي المقياس التفضيلي، باعتبار أن القيمة الحالية الصافية للتدفقات تُحسب في نفس اللحظة لجميع البدائل. نلاحظ أن المقياس هنا ليس قيمة تلقائية بل إجرائية أو طريقة في حساب القيمة وهنا هي طريقة القيمة الحالية الصافية *Net Present Value*.

مثال (٣-١٥) مقياس خاصة فيزيائية.

لنأخذ خاصية تُعبر عن مقياس فيزيائي (الطول، الاستطاعة، الوزن، ...)، فقد لا تشكل القيم العددية المرتبطة طبيعياً بهذه الخصائص مقياساً تفضيلاً. مثلاً درجة الحرارة في قاعة استقبال المراجعين، حيث نفضل درجة الحرارة "العالية" على "المتدنية" لكن مصطلحي عالٍ ومرتدٍ هو نسبي، فالحرارة المثالية التي نرغبها هي حوالي ٢٤ مثلاً وتتناقص التفضيلات مع تزايد وتناقص قيم درجات الحرارة عن القيمة ٢٤، كما يبين الشكل [٣-٤].



مثال (١٦-٣) مقياس وصفي بطبيعته.

هذه الحالات منتشرة بكثرة حيث تبدو وحدات القياس مرتبة ومقبولة أو متعارف عليها مثل تقييم أداء الطلاب {ضعيف وسط، مقبول، جيد، ممتاز}، أو مقياس الوضع المادي للمستهلك {سيء، مقبول، جيد، ...}، أو مقياس انقطاع العمل في آلة معينة أو آلية إدارية {توقف خطير، توقف يمكن تجاوزه، عرقلة العمل دون توقف تام، ...}.

كما نلاحظ أن تعريف المقياس التفضيلي ليس بهذا الوضوح الذي نتخيله بمجرد تعريف المعنى المقصود بالخاصية، وقد لا يُعرف المقياس الطبيعي المرتبط بها في حال وجوده مقياساً تفضيلاً، إذ يجب أن يتوفر الحد الأدنى من التوافق على وحدات المقياس، بحيث يمكن المقارنة بين أي بديلين من المجموعة A ، وهو ما ندعوه بالبُعد التفضيلي، فالبُعد التفضيلي هو كل خاصية c مزودة بمجموعة من وحدات القياس مرتبة ترتيبياً تماماً ندعوه بالمقياس E_c .

يجب تعريف الأبعاد بشكل واقعي ومتوازن، إذ أن التفصيل الكثير قد يعقد الأبعاد، والعمومية الزائدة قد تُخفي خصائص مهمة، كما يجب عدم التخلي عن أية خاصية مهما بدت قليلة الأهمية، حيث يمكن وضع فهرساً حصرياً لهذه الخصائص قبل اعتمادها، واللجوء إلى بعض التقنيات الإحصائية مثل التحليل العاملي *Factor Analysis* (عبود & علي، ١٩٩٨).

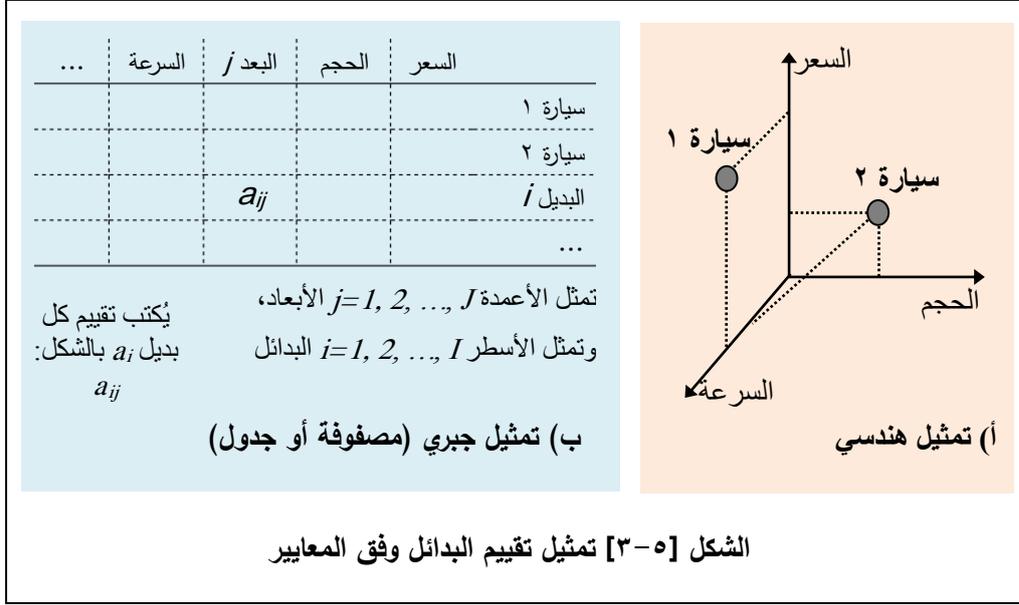
٣-٤-٣ تقييم البديل *Alternative Performance*

مهما يكن المقياس المُعرف أو الآلية التي تم بها تعريف البعد التفضيلي، فإنه يبقى دون معنى إن لم يستطع تمييز آثار كل من البدائل بحالة أو أكثر من المقياس، بحيث يمكن مقارنة البدائل دون لبس.

يُقصد بتقييم البديل a على بُعد تفضيلي c الإجرائية، أو القاعدة التي تؤدي إلى تحقق حالة واحدة (أو أكثر) من المقياس E_c في حال اختيار البديل ووضع قيد التنفيذ الفعلي، ونرمز لتقييم البديل بالشكل $g_c(a)$.

قد لا تُغطي غيمة قيم البدائل $g_c(a)$ كامل فضاء الأبعاد، لكن يجب بالضرورة أن يسمح المقياس

برصد جميع القيم الممكنة التي يمكن أن تأخذها جميع البدائل، إذ لا يجب الاقتصار على القيم الأكثر احتمالاً؛ وعادةً ما يتم تمثيل الأبعاد بفضاء هندسي أو جبري (مصفوفات/جداول) وتمثيل تقييمات البدائل في هذا الفضاء كما يبين الشكل [٣-٥].



مثال (٣-١٧) خصائص خطة إعلانية مطبوعة.

يقوم مكتب الإعلانات بشكل شبه يومي بوضع خطط إعلانية للشركات المُعلنة لديه في الدوريات المطبوعة، والمطلوب تعريف الخصائص لجميع بدائل خطة إعلانية محددة الأهداف، والأبعاد التفضيلية للبعض منها، يبين الجدول [٣-٢] أهم هذه الخصائص، ثم سنعرف بعضاً منها.

الجدول [٣-٢] بعض الخصائص (النتائج الأولية) للخطة الإعلانية	
C01 قوة الدورية الإعلانية	C11 نظامية القراء
C02 عدد القراء الإجمالي للدورية	C12 حرية الدعاية
C03 ملائمة الدورية للسوق المستهدف	C13 سمعة الدورية
C04 تكلفة الإعلان	C14 إمكانية تجريب الأفكار الجديدة
C05 فرصة رؤية الإعلان	C15 جاذبية الدورية
C06 البنية الديموغرافية لجمهور الدورية	C16 حرية التعبير ضمن الدورية
C07 البيئة التحريرية	C17 ملائمة الدورية لوضع كوبونات
C08 مصداقية الدورية من قبل قرائها	C18 سلوكيات القراء
C09 حجم وطبيعة الإعلان	C19 خدمات تقدمها الدورية
C10 الشكل العام للدورية	C20 اتجاهات تطور مبيعات الدورية

C01 قوة الدورية الإعلانية: يُمكن قبول نسبة الجمهور الذي يتأثر فعلياً بالإعلان كمقياس لقوة الدورية، ويمكن معرفة هذا المعدل عبر استقصاء ميداني للقراء المستهدف من الإعلان، وكلما كان هذا المعدل كبيراً كلما كان ذلك أفضل.

C02 عدد القراء الإجمالي للدورية: يُقصد به العدد الكلي للأفراد الذين يقرؤون أو يشتررون أو يتصفحون كل عدد من الدورية، لا يمكن معرفة هذا العدد إلا من خلال نتائج استقصاء ميداني، وكما هو واضح فالمقياس هو عدد طبيعي يمكن تقديره بالمئات مثلاً.

C03 ملائمة الدورية للسوق المستهدف: يُعتبر نسبة القراء المستهدفين إلى القراء غير المستهدفين مؤشراً ملائماً لقياس درجة ملائمة الدورية مع هدف الخطة الإعلانية، وكلما كان كبيراً كلما كان ذلك أفضل.

C04 تكلفة الإعلان: من أكثر النتائج العنصرية أهمية في تخطيط الحملات الإعلانية، ورغم بساطة هذا المفهوم فإنه من الصعب إعطائه مضمون واضح وصريح يسمح بمفرده بمقارنة الدوريات، إذ يجب تعريف إعلان مرجعي لجميع الدوريات يعطي نفس التأثير على القراء (مثلاً، هل تعادل نصف صفحة في مجلة تخصصية صفحة في مجلة عامة؟). نلاحظ أيضاً أن هذه النتيجة العنصرية مرتبطة بالنتيجتين العنصرتين C05 فرصة رؤية الإعلان و C15 المتعلق بجاذبية الدورية، وبالتالي يمكن دمج النتائج العنصرية الثلاث C04, C05, C15 في بعد تفضيلي واحد، وتعريف المقياس لهذا البعد بتكلفة القارئ الفعلي الذي يرى الإعلان مرة واحدة على الأقل في الدورية.

يجب بطبيعة الحال متابعة تعريف الأبعاد التفضيلية بما ينسجم مع أهداف الخطة الإعلانية.

في الكثير من الحالات، قد لا تكفي المعلومات المتوفرة لتقييم دقيق للبدائل بقيمة وحيدة من المقياس، لذلك لا بد من اللجوء إلى مؤشرات إضافية للتعويض عن النقص في المعلومات، ويمكن تقدير هذه المؤشرات بقيم احتمالية أو ترجيحية أو غيرها، حيث أن هناك أسباباً عديدة لهذا النقص في المعلومات كما سنرى في الفصل السابع لدى الحديث عن الانتقادات الموجهة للطرق وحيدة المعيار.

قمنا حتى الآن بتعريف الخصائص (النتائج الأولية) ثم تزويدها بمقياس لتعريف الأبعاد التفضيلية، ويتوجب إضافة أهمية أو وزن لكل منها لكي تُصبح معياراً قادراً على المفاضلة بين البدائل، فالمعيار يتألف إذاً من ثلاث مكونات هي: مضمون أو مفهوم الخاصية، ومقياس يستطيع تمييز البدائل، وأخيراً أهمية المعيار بالنسبة للمعايير الأخرى.

٣-٥ الأهمية النسبية للمعايير

يفترض بالأهمية النسبية للمعايير *Relative Importance of Criteria* أن تعبر عن الدور الجوهرى الذى يجب أن يلعبه كل من المعايير فى الحكم الإجمالى على البديل، ويعبر عنها بأوزان أو أمثال أو قيم ترتيبية، هناك عدد من الطرق لتحديد هذه الأوزان نوردها بإيجاز فيما يلى (*Bouyssou et al.*, 2006).

٣-٥-١ طرق الإسناد المباشر

تتمثل بإعطاء قيم عددية مطلقة كأعداد طبيعية أو كنسب مئوية؛ تعتبر هذه الطريقة من أبسط الطرق، لكنها تعاني من نقاط ضعف عديدة، منها على سبيل المثال عدم وضوح المفهوم التى تعبر عنه، وتأثيرها على الحل النهائى مع تغيرات بسيطة فى قيمها، وتغيرها حسب وحدات القياس ... الخ.

مثال (١٨-٣) أوزان معايير شراء سيارة.

تتكون المعايير التى تم اعتمادها لشراء السيارة: سعر الشراء g_1 ، الراحة وحجم السيارة g_2 ، الأمان g_3 ، استهلاك الوقود g_4 ، وتكاليف الصيانة g_5 ؛ وللتبسيط، يمكن افتراض أن نماذج السيارات المعروضة متكافئة وفق جميع المعايير الأخرى.

قام متخذ القرار بوضع أوزان المعايير بعد التشاور مع أطراف القرار كما يلى، مع الانتباه إلى أن مجموعها يجب أن يكون ١٠٠%:

سعر الشراء g_1 : ٣٠% الراحة والحجم g_2 : ٢٥% الأمان g_3 : ٢٠%
استهلاك الوقود g_4 : ١٥% تكاليف الصيانة g_5 : ١٠%

٣-٥-٢ طرق مقارنة المعايير

تستند إلى مفهوم المقارنة الثنائية فيما بين المعايير باعتماد علاقة ثنائية متعدية؛ من أهم الطرق

العملية المتبعة إجرائية التحليل الهرمي^(٢٢) Analytical Hierarchy Process (Saaty, 1980) الآتية:

- (١) ترتيب المعايير حسب الأهمية من الأكثر إلى الأقل أهمية.
 - (٢) مقارنة المعايير مثنى-مثنى على مقياس من ١ إلى ٩ وتكوين مصفوفة مقارنات ثنائية، ومن ثم حساب القيم الذاتية^(٢٣) لهذه المصفوفة، حيث ١ تعني معيارين متساويين في الأهمية، و ٩ تعني أن المعيار الأول أهم بالمطلق (بكثير) من المعيار الثاني.
 - (٣) تمثل القيم الذاتية أوزان المعايير حيث القيمة الذاتية الأكبر هي وزن المعيار الأكثر أهمية والقيمة التالية هي وزن المعيار التالي في الأهمية وهكذا بالتدرج.
- تعتبر هذه الطريقة أن مجموع الأوزان هو عدد ثابت (مجموع القيم الذاتية للمصفوفة يساوي عدد المعايير) وتقوم بإعادة توزيعه على المعايير، وقد لوحظ أنها تُعطي نتائج مختلفة باختلاف عدد المعايير وخاصةً المعايير المتماثلة، وذلك لأن كتلة الأوزان يعاد توزيعها، وهي من أكثر الانتقادات الموجهة لها، وكذلك صعوبة تفسير الأوزان بمفهوم جبري هو القيم الذاتية لمصفوفة المقارنات (Saaty, 1994).

مثال (٣-١٩) نفس مثال السيارة السابق (٣-١٨).

لدينا $g_1 > g_2 > g_3 > g_4 > g_5$ حيث < تعني "أهم من"، لتكن مصفوفة المقارنة الثنائية بين المعايير الخمسة كما يلي:

خلايا الجزء الأسفل من الجدول هي مقلوب خلايا الجزء العلوي المقابلة لها. مثلاً: 0.5 هي مقلوب 2، و 0.333 هي مقلوب 3.	g_5	g_4	g_3	g_2	g_1	
	٥	٤	٣	٢	١	g_1
	٥	٤	٣	١	٠,٥	g_2
	٥	٤	١	٠,٣٣٣	٠,٣٣٣	g_3
	٥	١	٠,٢٥	٠,٢٥	٠,٢٥	g_4
	١	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	g_5

^{٢٢}. نجد هذه الطريقة مدمجة في برنامج متخصص بصناعة القرارات منتشر في الأسواق باسم Expert Choice.

^{٢٣}. انظر الملحق الرياضي حول كيفية حساب القيم الذاتية أو الجذور الكامنة Eigenvalues، أو مراجع الجبر الخطي للمصفوفات.

بعد حساب القيم الذاتية، تُحسب أهمية المعايير كنسب مئوية (القيمة الذاتية مقسومةً إلى مجموع القيم الذاتية)، ونلاحظ أنها مختلفة عن المثال السابق لكنها تُحافظ على نفس ترتيب الأهمية:

المجموع	g_5	g_4	g_3	g_2	g_1	
٥	٠,١	٠,١٣	٠,٢٧	٠,٨	٣,٧	القيمة الذاتية
%١٠٠	%٢	%٢,٦	%٥,٤	%١٦	%٧٤	الأهمية %

٣-٥-٣ طرق مقارنة البدائل

بدلاً من مقارنة المعايير، يمكن مقارنة بدائل بحيث تظهر فروقات الأهمية بين المعايير؛ حيث يتم بدايةً ترتيب المعايير حسب الأهمية، ثم السؤال عن الأهمية بين بديلين بحيث يكونان متنازعين على معيارين أو تكتلات من المعايير، أي أحد البديلين هو أفضل من البديل الثاني على أحد التكتلين والبديل الثاني أفضل من البديل الأول على التكتل الآخر؛ ويتم تكرار هذا النوع من المقارنات بهدف تكوين جملة من المترajحات أو المعادلات والبحث عن حلولها في نهاية كل سؤال، وتُعيد طرح أسئلة جديدة حتى يتم إيجاد قيم لأوزان المعايير.

يتطلب هذا النمط من الطرق الكثير من الحسابات، ويكاد يستحيل إنجازه يدوياً حيث يتم اللجوء إلى مساعدة نظم معلوماتية مصممة خصيصاً لذلك.

اختبارات وأسئلة الفصل الثالث Tests

(١) أسئلة صح / خطأ True/False

خطأ	صح	السؤال
		١ عملية صناعة القرارات هي نشاط ذهني مركز وسلوكيات وإجراءات تسبق وتلي وتحدد القرار.
		٢ لا تهتم العلوم الاقتصادية إلا بفهم طبيعة مشكلة القرار وكيفية تكوينها.
		٣ يُقصد باتخاذ القرار الانتقال بالحالة الراهنة لسيرورة القرار <i>Decsion Process</i> إلى حالة أفضل عبر تغيير قسري.
		٤ تتمثل مراحل القرار بثلاثة مراحل رئيسة هي البحث عن المعلومات، النمذجة، واتخاذ القرار.
		٥ دوماً في أي مشكلة قرار تكون البدائل معرفة وواضحة.
		٦ لا حاجة لاستخدام المعايير في غالبية مشكلات القرار.
		٧ البديل هو التمثيل لمساهمة ممكنة إلى القرار الإجمالي وقابل للتصور بشكل مستقل.
		٨ لا يمكن القبول في مسألة القرار إلا البدائل الحقيقية.
		٩ هناك نمطان لتصميم البدائل هما التصميم الكلي والتصميم الجزئي.
		١٠ البديل الكامن هو بديل حقيقي أو وهمي تم الحكم عليه مؤقتاً بأنه قابل للتنفيذ.
		١١ يكفي أن تتمتع مجموعة البدائل الكامنة بأي من شرطي الاستقرار الداخلي أو الخارجي لاعتبارها معرفة بشكل دائم.
		١٢ النتيجة المحتملة هي كل أثر أو خاصية تتداخل مع منظومة قيم أحد أطراف القرار.
		١٣ مقياس التفضيل هو مجموعة من الواحدات المرتبة حسب الأفضلية.
		١٤ تعتبر طريقة الأوزان هي الأفضل لتحديد الأهمية النسبية للمعايير.
		١٥ لا يُمكن أبداً أن يتجاوز مجموع أمثال أهمية المعايير القيمة واحد ١.
		١٦ تعتمد طريقة التحليل الهرمي على المقارنة الثنائية بين المعايير لتحديد أوزانها.
		١٧ تعتمد طرق مقارنة البدائل في تحديد أوزان المعايير على المقارنة بين تكتلات من البدائل.
		١٨ يتم عادةً تمثيل تقييم البدائل وفق المعايير في جداول بشكل هندسي.
		١٩ لا يجوز أبداً اعتبار مرحلتي ما قبل وما بعد عملية صناعة القرار كمرحل منها.
		٢٠ تعتبر نمذجة التفضيلات من المراحل الجوهرية في عملية صناعة القرارات.

٢) أسئلة خيارات متعددة *Multiple Choices*

- ١- المكونات الرئيسة لمسألة القرار هي:
- (أ) مجموعة من البدائل أو الأفعال
(ب) مجموعة من المعايير
(ج) إجرائية تجميع أداء البدائل والحكم الإجمالي
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٢- يأتي فعل اتخاذ القرار عندما تُظهر سيرورة القرار *Decision Process* الحاجة:
- (أ) إلى تغيير قسري ينقلها إلى حالة أفضل
(ب) إلى تخفيف القيود عن المشكلة
(ج) إلى انتقال متخذ القرار إلى وظيفة أعلى
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٣- الهدف الرئيسي لعملية صناعة القرارات هو:
- (أ) تأمين مهام لمتخذ القرار لتبرير أجوره
(ب) وقف تدهور حالة المبيعات دوماً
(ج) العودة بالأداء إلى المستوى الطبيعي
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٤- تتمحور المراحل الرئيسية لعملية صناعة القرار حول ثلاثة هي بالإضافة إلى البحث عن المعلومات:
- (أ) نمذجة المعلومات وإقرارها
(ب) نمذجة البدائل والمعايير، والمحاكمة واتخاذ القرار
(ج) تحديد البدائل، وتقييم المعايير
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٥- يرى بعض الباحثين أن عملية صناعة القرار يجب أن تتضمن مرحلتين إضافيتين إلى المراحل الثلاث الرئيسية المتعارف عليه، وهما:
- (أ) ما قبل البدء، وما بعد اتخاذ القرار
(ب) نمذجة المعايير، ونمذجة البدائل
(ج) اتخاذ القرار، وتصديقه
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٦- لدى البحث عن المعلومات، يمكن اللجوء إلى مصادر معلومات متنوعة أهمها:
- (أ) معارف وخبرات متخذ القرار
(ب) سجلات وقواعد بيانات المنظمة
(ج) الإنترنت والخبراء وغيرهم
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٧- لدى تصميم البدائل، يجب قدر الإمكان أن يكون كل بديل:
- (أ) معنى بحد ذاته ومستقلاً عن البدائل الأخرى
(ب) متكاملًا دوماً مع البدائل الأخرى
(ج) قابلاً للتجزئة والدمج مع البدائل الأخرى
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٨- يمكن تصنيف البدائل بالإضافة إلى البدائل الحقيقية كما يلي:
- (أ) بدائل وهمية
(ب) بدائل واقعية
(ج) بدائل غير واقعية
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٩- يُقصد بالتصميم الكلي للبدائل:
- (أ) أنه جزء من مجموعة خيارات أو بدائل قابلة للتجزئة
(ب) أنه تكامل جميع البدائل في بديل واحد

- (ج) ينفي أو يمنع تنفيذ أي بديل آخر
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ١٠- يُقصد بالتصميم الجزئي للبدائل:
(أ) أنه جزء من مجموعة خيارات أو بدائل قابلة للتجزئة (ب) أنه تكامل جميع البدائل في بديل واحد
(ج) ينفي أو يمنع تنفيذ أي بديل آخر
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ١١- يُقصد بشرط الاستقرار الداخلي لدى تصميم مجموعة البدائل ما يلي:
(أ) مبدأ أن المجموعة مفروضة مسبقاً (ب) أنها تتمتع بقدر كبير من الديمومة والاستمرارية
(ج) أن جميع البدائل تابع قابل للاشتقاق (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ١٢- يُقصد بشرط الاستقرار الخارجي لدى تصميم مجموعة البدائل ما يلي:
(أ) مبدأ أن المجموعة مفروضة مسبقاً (ب) أنها تتمتع بقدر كبير من الديمومة والاستمرارية
(ج) أن جميع البدائل تابع قابل للاشتقاق (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ١٣- لكي نعتبر أية خاصية كنتيجة محتملة أولية، يجب أن تحقق شرطان هما:
(أ) مميزة بشكل كافٍ ويمكن تصور قيمها عند تنفيذ البدائل (ب) الواقعية والوهمية التي يمكن تصورها
(ج) مميزة من قبل أي طرف وترضي مهندس القرار (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ١٤- لدى المقارنة بين أي بدليين وفق مقياس تفضيلي واحد، نحصل على حالتين تفضيل فقط هما:
(أ) التكافؤ واللامقارنة (ب) اللامقارنة والتفضيل الضعيف
(ج) التكافؤ والتفضيل الأكيد (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ١٥- يُقصد بالبعد التفضيلي كل خاصية مزودة:
(أ) بمجموعة من المعايير (ب) بمجموعة من وحدات القياس مرتبة ترتيباً تاماً
(ج) بمجموعة من البدائل (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ١٦- تقييم البديل وفق معيار هو الإجرائية أو القاعدة التي تؤدي إلى تحقق:
(أ) واحدة على الأكثر من المقياس (ب) واحد أو أكثر من المقياس في تنفيذ البديل
(ج) كافة وحدات المقياس (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ١٧- من أهم فئات الطرق التي تسمح بتحديد أهمية المعايير ما يلي:
(أ) طرق الإسناد المباشر (ب) طرق مقارنة المعايير
(ج) طرق مقارنة البدائل (د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

(٣) أسئلة ١ قضايا للمناقشة

السؤال (١) سيرورة القرار Decision Process.

تتبع عملية صناعة القرارات عدد من المراحل وتتطور عبر بيئتها الزمنية، والمطلوب:

١. بين بالرسم مراحل الإجرائية المبسطة لعملية اتخاذ القرار.
٢. بين بالرسم مفهوم سيرورة القرار وتطوره عبر الزمن.
٣. ناقش كيف يمكن لهذه السيرورة أن تأخذ بالاعتبار المراحل البسيطة المشار إليها في السؤال الأول.

السؤال (٢) تعريف مسألة القرار.

وضح بالرسم مكونات مسألة القرار والعلاقات فيما بينها

السؤال (٣) شروط مجموعة البدائل الكامنة.

- (١) وضح ما هو المقصود بالبدل الكامن؟
- (٢) ما المقصود بشرط الاستقرار الداخلي؟ وأعط مثلاً عنه.
- (٣) ما هو المقصود بشرط الاستقرار الخارجي؟ وأعط مثلاً عنه.

السؤال (٤) مقياس التفضيل.

- (١) وضح ما هو المقصود بمقياس التفضيل؟
- (٢) كيف يتم المقارنة بين بدلين وفق المقياس التفضيلي.
- (٣) أعط مثلاً عن مقياس عددي طبيعي، ومثال آخر عن مقياس وصفي.
- (٤) اشرح كيف يمكن تحويل درجة الحرارة من مقياس غير تفضيلي إلى مقياس تفضيلي .

ملحق: ملخص دليل وزارة الطاقة الأمريكية لاتخاذ قرارات التعاقد لديها

**Guide to Decision-Making Methods.
WSRC-IM-2002-0002. Department of
Energy. December 2001.**



قبل كل شيء يجب تمييز متخذ القرار الفعلي، والأطراف المشاركة والأطراف المتأثرة بالقرار، يسمح هذا التمييز بتجاوز الكثير من سوء الفهم المستقبلي ويفضل أن توضع مكتوبة، وسيتم التعامل اليومي مع متخذ القرار والذي لديه صلاحيات التقييم وأخذ المعلومات والتفضيلات، أي أن يكون هناك تغذية راجعة *Feedback* في جميع مراحل الإجرائية الآتية:

١. تعريف المشكلة.
٢. تحديد متطلبات الحل المطلوب.
٣. وضع الأهداف.
٤. تعريف البدائل.
٥. بناء معايير التقييم.
٦. اختيار / وضع طريقة الحل.
٧. تطبيق طريقة الحل.
٨. التأكد أن نتيجة الطريقة هي فعلاً حل للمشكلة.

الخطوة (١): تعريف المشكلة. المهمة الأصعب لصناعة قرار جيد، يجب على الأقل تحديد العناصر الأتية:

- ✓ أسباب المشكلة.
- ✓ فرضيات وقيود المشكلة.
- ✓ الحدود التنظيمية للمشكلة.
- ✓ واجهات الاتصال،
- ✓ قضايا تطرحها الأطراف.

المطلوب التعبير صراحة عن المشكلة بعبارات مختصرة توصف الشروط الأولية والشروط المرغوبة حيث يتم إنجاز هذه المهمة بسؤال جميع الأطراف عن قبولهم لتوصيف المشكلة، من المهم جداً توافق الأطراف على توصيف المشكلة.

الخطوة (٢): تعريف متطلبات الحل المطلوب. المتطلبات هي الشروط الواجب على أي حل مقبول تحقيقها،

يساعد فريق صناعة القرار (مهندس القرار) في صياغة هذه المتطلبات مع ضرورة الانتباه إلى فصل هذه المتطلبات عن الأهداف، تساعد المتطلبات في حذف البدائل غير الملائمة واستبعادها من المنافسة، ربما تكون الطريقة المناسبة هي بسؤال من النمط "إذا كان لدينا بديل جيد لا يحقق هذا المتطلب، هل يجب استبعاده أم الإبقاء عليه؟" إذا كان الجواب باستبعاد البديل يعني أن المتطلب جدير بالاعتبار، وإذا كان الجواب بالإبقاء على البديل يعني أن المتطلب هو هدف نسعى لتحقيقه، باختصار الهدف قابل للتقييم بمستويات متعددة "للمساومة"، بينما المتطلب غير قابل "للمساومة".

الخطوة (٣): وضع الأهداف. الأهداف هي تعبير عن النوايا أو القيم المرغوبة. مثال تكلفة أقل، مخاطر أقل ... الخ. تذهب الأهداف إلى أبعد مما يجب أن يكون (أبعد من المتطلبات) لتحقيق الرغبات. ينصح بصياغة الأهداف بشكل إيجابي أي صياغتها بما يجب أن يتم إنجازه وليس بما لا يجب إنجازه، لا يضر أن تكون الأهداف متناقضة/متنازعة، حل النزاع هذا مرتبط بطريقة الحكم الإجمالي. يساعد وضع الأهداف والمتطلبات على تعرف البدائل لاحقاً.

الخطوة (٤): تعريف / تمييز البدائل. البديل هو الفعل الذي ينتقل بحالة القرار (المشكلة) من الشروط الحالية إلى الشروط المرغوبة. تختلف البدائل في مستويات تحقيقها للمتطلبات والأهداف، إذا تبين أن أحد البدائل لا يحقق المتطلبات فيجب إما استبعاد البديل أو تعديل المتطلب أو حذفه أو تحويل المتطلب إلى هدف.

الخطوة (٥): بناء المعايير. نادراً ما نجد بديل واحد يكون الأفضل لجميع الأهداف، لذلك يجب مقارنة البدائل فيما بينها واختيار البديل الذي يحقق المستوى الأكبر من الأهداف لذلك تعتبر المعايير أساس الحكم للمقارنة بين البدائل ويتم بناء المعايير انطلاقاً من الأهداف المرجوة، ويجب أن تحقق المعايير الشروط الآتية:

- ✓ القدرة على التمييز الصريح بين البدائل.
- ✓ تتضمن المعايير جميع الأهداف المأخوذة بالاعتبار.
- ✓ سهولة الاستخدام والاستيعاب خصوصاً من متخذ القرار.
- ✓ عدم تكرار المعايير ومضامينها والمفاهيم التي تعبر عنها.
- ✓ بناء أقل عدد من المعايير يمكن إدارتها.
- ✓ ضمان استقلالية المعايير عن بعضها أي تستطيع الحكم منفردة.

الخطوة (٦): اختيار طريقة الحكم الإجمالي (طريقة الحل). يعتمد اختيار الطريقة على:

- ✓ أهمية المشكلة ودرجة تعقيدها.
- ✓ مهارات وخبرات فريق صناعة القرار (مهندس القرار).
- ✓ الموارد المتاحة (معلومات، الزمن، الخبرات...).

هناك عدد كبير جداً من الطرق تتراوح بين البسيطة والمعقدة، بين السهلة والصعبة، عادة ما تكون مهمة اختيار الطريقة هي من واجبات مهندس القرار الذي عليه أن يتمتع بالموضوعية والأمانة العلمية.

الخطوة (٧): تقييم البدائل وفق المعيار. يعتمد تقييم البدائل على أسلوب المقياس المعتمد وفق المعيار، هناك مقاييس وصفية وأخرى كمية، يجب تجنب التعقيد في آليات القياس.

الخطوة (٨): التحقق من توافق الحل مع حالة المشكلة. بعد اختيار طريقة الحل وتطبيقها، يجب التأكد من أن نتيجة هذه الطريقة هي الحل المطلوب، أي أن هذا الحل يتفق مع الأهداف المرغوبة إضافة إلى تلبية للمتطلبات، بعد التأكد من ذلك يتم تقديم الحل كتوصية لمتخذ القرار ضمن تقرير صريح وتفصيلي يسمح له بتبرير الحل لأي طرف.

الفصل الرابع: نمذجة التفضيلات والبحث عن الحل

Preferences Modeling & Research of the Solution

نالت على يدها ما لم تنله يدي
وقوس حاجبها من كل ناحية
إنسية لو رأتها الشمس ما طلعت
وأمرت لؤلؤاً من نرجسٍ وسقت
نقشاً على معصمٍ أوهت به جلدي
ونبلٌ مقلتها ترمي به كبدي
من بعد رؤيتها يوماً على أحدٍ
وردأً وعصت على العناب بالبرد

من روائع الشعر العربي، تُنسب القصيدة ليزيد بن معاوية^(٢٤)

^{٢٤}. يزيد بن معاوية بن أبي سفيان (٦٨٣-٦٤٧) الخليفة الأموي الثاني.

ملخص الفصل:

تتعلق إحدى أهم القضايا التي تترك مهندسي القرارات بالتعرف على كيفية مقارنة مشكلة نمذجة تفضيلات متخذ القرار والخروج عن الإطار التبسيطي المتمثل بعلاقتي تفضيل فقط، سنبدأ بتعريف المقصود بنموذج التفضيلات، والتعرف على نموذجين من علاقة تفضيل واحدة ومن علاقتين فقط، ثم سنتعرف على الأنماط الثلاثة من مشكلات القرار وتوجيه البحث عن الحل ضمن إطارها وأخيراً التعرف على فئات نماذج البحث عن الحل والحكم الإجمالي.

كلمات مفتاحية Key Words:

نموذج التفضيلات *Preferences Model*، علاقة التفضيل *Preference Relation*، إشكاليات القرار *Decision Problematic*، إجرائية البحث عن الحل *Aggregation Procedure*.

مخطط الفصل:

- ١-٤ نمذجة التفضيلات الإجمالية *Preferences Modeling*.
- ٢-٤ أهم النماذج المتعارف عليها.
- ٣-٤ تصنيف مشكلات القرار أو إشكاليات القرار.
- ٤-٤ فئات نماذج البحث عن الحل والحكم الإجمالي.
- اختبارات وأسئلة الفصل الرابع *Tests*.

رأينا في الفصل السابق تعريف البدائل والمعايير وكيفية تقييم البدائل وفق المعايير، والسؤال الجوهرى الذي يُطرح حالياً:

كيف يُقارن متخذ القرار بين البدائل لإصدار حكم إجمالي بأفضلية بديل على آخر، أو لتمييز علاقة التفضيل التي يمكن تواجدها بين كل بديلين؟

لا يكفي تعريف البدائل والمعايير لنقول أنه تم حل المشكلة، يجب وضع إجراءات أو طرق عملياتية لاستثمار التفضيلات والبحث عن الحل الأنسب، هذا ما سنراه في الفصل الحالي.

إذ تُظهر بعض البدائل أفضلية على بعض المعايير، في حين تُظهر بدائل أخرى أفضلية على معايير أخرى، لذلك لا بد من تحديد نموذج التفضيلات الإجمالي استناداً إلى خصائص وتقييمات البدائل، ومنظومة قيم وأحكام متخذ القرار، وما هي الإجراءات، أو النماذج التي يُمكن استخدامها لإيجاد البديل الأفضل؟

٤-١ نمذجة التفضيلات الإجمالية

يُقصد بنمذجة التفضيلات الإجمالية *Preferences Modeling* تجميع تفضيلات متخذ القرار الجزئية التي أصدرها عبر تقييمات البدائل وفق كل من المعايير، ويُنظر إلى تقييمات البدائل وفق كل معيار كأحكام جزئية، ويتطلب استكمال حل المشكلة، تجميع هذه الأحكام الجزئية لإصدار حكم إجمالي على البدائل (Roy, 1985)؛ لا يعني التجميع هنا "جمع جبري" بالضرورة بل جمع بالمعنى العام باتباع طريقة محددة، والجمع هو أحد أشكال التجميع ليس أكثر.

٤-١-١ مفاهيم أساسية

استناداً إلى منظومة القيم الخاصة به، يصدر متخذ القرار أحكامه وتفضيلاته عبر المقارنة بين البدائل بناءً على خصائص وتقييمات هذه البدائل، وقد نرى العديد من حالات المقارنة والتفضيل بين البدائل، سنتعرض إلى أهم علاقات المقارنة الممكن تواجدها بين بديلين والمعبرة بشكل كبير عن نموذج تفضيلات متخذ القرار.

لدى المقارنة بين أي بديلين a و b ، لدينا نزعة باعتماد إحدى حالتَي التفضيل المتعارف عليها، أي الحكم بأن أحد البديلين أفضل من الآخر أو التكافؤ فيما بينهما، وتُعبّر عنها كما يلي:

- ✓ إما البديلين متكافئين، ونرمز لها بالشكل a / b ، حيث تمثل I حالة التكافؤ *Indifference*،
- ✓ أو a أفضل من b ، ونرمز لها بالشكل $a P b$ ، حيث تمثل P حالة التفضيل *Preferred*،
- ✓ أو b أفضل من a ، ونرمز لها بالشكل $b P a$.

قد نتردد في العديد من الحالات، بين مستويات مختلفة من التفضيل، فهناك تفضيل ضعيف وهناك تفضيل أكيد، بمعنى أن هناك عدة مستويات حسب شدة التفضيل، وقد نجد أنفسنا في حالات أخرى غير قادرين على الحسم والقول بأن البديلين متكافئان أو أن أحدهما أفضل من الآخر لعدم كفاية المعلومات مثلاً، أو لعدم وضوح التفضيلات، فقد يُظهر كل بديل حسنات ومساوئ بحيث يصعب رفضه أو قبوله.

مثال (٤-١) شراء سيارة عائلية.

يبين الجدول [٤-١] تقييم بعض نماذج السيارات المتوفرة، ويرغب متخذ القرار وهو رب العائلة باختيار السيارة الأفضل وفقاً لهذه التقييمات، ولدى المقارنة بين هذه النماذج من قبل رب العائلة بعد التشاور مع أفراد العائلة التي تلعب دوراً مهماً في التأثير على قرار الأب، فقد نحصل على المقارنات الآتية:

- ✓ لدى مقارنة a_1 و a_3 : قد نجد متخذ القرار يفضل تماماً a_1 على a_3 .
- ✓ قد تكون مقارنة a_1 و a_2 أكثر صعوبةً ويمكن اعتبارها تعبر عن تفضيل ضعيف لصالح a_1 .
- ✓ كما نلاحظ أن مقارنة كل من البدائل مع a_4 أكثر صعوبةً كون السعر غير محدد (حسب النسبة من الموازنة المرصودة)، وبالتالي لا نستطيع المقارنة بسبب عدم كفاية المعلومات.

الجدول [١-٤] مثال، تقييم السيارات المتوفرة وفق المعايير						
المعايير البدائل	مساحة السيارة والراحة	الأمان	التكلفة بالكم	جمالية السيارة	السرعة المثالية	سعر السيارة
a1	مقبولة عموماً مساحة غير كافية	طبيعي	٠,٣٩ ل.س/كم	مناسبة	١٤٠ كم/سا	٨٧% من الموازنة
a2	مقبولة نسبياً مساحة كافية	طبيعي	٠,٤١ ل.س/كم	أنيقة	١٤٥ كم/سا	٩٥% من الموازنة
a3	مقبولة مساحة ضيقة	طبيعي	٠,٦٦ ل.س/كم	أنيقة جداً	١٨٥ كم/سا	٩٩% من الموازنة
a4	مقبولة نسبياً مساحة جيدة	أعلى من الطبيعي	٠,٤٠ ل.س/كم	أنيقة	١٤٥ كم/سا	يبدو أعلى من الموازنة

٤-١-٢ علاقات التفضيل الأساسية

نلاحظ من المثال السابق أننا لم ننتقد بقالب جاهز للتعبير عن علاقات التفضيل، وذلك بالقول أنه من أجل كل بديلين إما أنهما متكافئان أو أن أحدهما أفضل من الآخر؛ نجد عموماً أن المقارنة بين كل بديلين تضعنا أمام ٤ حالات على الأقل من التفضيل ندعوها علاقات أساسية في التفضيل: *FPR*: *Fundamental Preferences Relations*.

(١) إما حالة التكافؤ *Indifference* تُترجم حالة مقارنة وحيدة بين بديلين بأن "البديلين متكافئان"، إذ لا تظهر التقييمات أفضلية لبديل على آخر.

(٢) أو التفضيل الأكيد *Strict Preference*: تُترجم إحدى الحالتين إما "البديل الأول أفضل من البديل الثاني" أو "الثاني أفضل من الأول"، وضحاً في هذه الحالة يمكن إيجاد مبررات كافية لتفضيل أحد البديلين.

(٣) أو التفضيل الضعيف *Weak Preference*: تُترجم إحدى الحالتين إما "البديل الأول أفضل بشكل ضعيف من البديل الثاني" أو "الثاني أفضل بشكل ضعيف من الأول"، تبين هذه الحالة التردد بين التكافؤ والتفضيل الأكيد.

(٤) أو حالة اللامقارنة *Incomparability*: تُترجم حالة وحيدة بأن "البديلين غير قابلين للمقارنة" (Roy, 1996, pp.87)، وذلك بسبب عدم كفاية المعلومات والتمايز الشديد بين البديلين، إذ يُظهر كل بديل ميزات خاصة بها يصعب تجاهلها.

نجد في الجدول [٢-٤] تعريفاً لكل من هذه الحالات، ونلاحظ من التعريف أن كل اثنتين منها مستقلة عن بعضها، أي لا يمكن أن نحصل على حالتين بنفس الوقت للمقارنة بين نفس البديلين؛ إذ أنه نادراً ما نستطيع إسناد إحدى هذه الحالات بين بديلين مباشرة، بل يتم ذلك من خلال المعلومات المتوفرة، ومنظومة القيم واستنتاج الأحكام المفترضة لمتخذ القرار، بمعنى آخر إمكانية وضع نموذج صريح لتفضيلات متخذ القرار، وتعتبر علاقات التفضيل الأربعة المعرفة في الجدول كافية لوضع تمثيل واقعي لتفضيلات متخذ القرار مهما تكن طبيعة البدائل المقارنة، حيث يمكن وضع نموذج تفضيل مقبول للمقارنة بين بديلين وإيجاد علاقة واحدة بين البديلين من الحالات الأربعة (Roy, 1985).

الجدول [٢-٤] علاقات التفضيل الأربعة الأساسية للمقارنة بين بديلين			
رمزها	خصائصها	شرح العلاقة	العلاقة
ala'	متناظرة انعكاسية ^(٢٥)	وجود أسباب واضحة وكافية تبرر التكافؤ بين بديلين	التكافؤ <i>Indifference</i>
aPa'	غير متناظرة غير انعكاسية	وجود أسباب واضحة وكافية تبرر تفضيل جوهري لأحد البديلين على الآخر	التفضيل الأكيد <i>Strict Preference</i>
aQa'	غير متناظرة غير انعكاسية	وجود أسباب واضحة وكافية تنفي تفضيل أحد البديلين على الآخر، وغير كافية لإثبات التكافؤ	التفضيل الضعيف <i>Weak Preference</i>
aRa'	متناظرة غير انعكاسية	غياب مبررات كافية لإثبات أي من الحالات الثلاث السابقة	اللامقارنة <i>Incomparability</i>

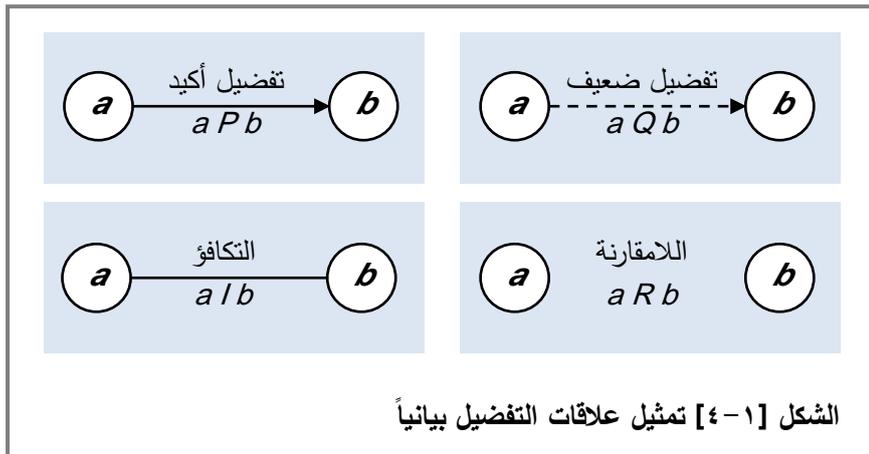
نجد في النماذج التقليدية لصناعة القرارات حالتين فقط هما التكافؤ والتفضيل الأكيد، بينما لا تظهر حالتى التفضيل الضعيف واللامقارنة، أو أنها تُحشر في الحالتين السابقتين، من الضروري الانتباه إلى أن حالة اللامقارنة $a R b$ تترجم رفض متخذ القرار اتخاذ موقف واضح على مستوى نمذجة التفضيلات استناداً إلى تقييمات a و b ، أي ليس حكماً بإقرار الأفضلية الإجمالية بينهما، ولا يجب النظر إلى هذا الرفض على أنه دليل كافٍ لإقرار التكافؤ بين البديلين. كما تترجم علاقة التفضيل الضعيف $a Q b$ تواجد متخذ قرار في حالة يستطيع أن يؤكد أن b ليست أفضل تماماً من a ، ويتردد بنفس الوقت بين التفضيل الأكيد P والتكافؤ I بين البديلين لعدم توفر عناصر دامغة للفصل بين الحالتين. وبالتالي، يمكن لمتخذ القرار أن يبحث في حالات كثيرة عن إمكانية الهروب من مأزق حالتى التفضيل الأكيد والتكافؤ فقط، وهناك مبررات عديدة لهذا الهروب يأتي في مقدمتها:

^{٢٥}. انظر الملحق الرياضي حول تعريف وخصائص العلاقات الثنائية *Binary Relations*.

- ✓ عدم القدرة على الحكم: فقد تكون المعلومات وصفية وغير كافية، إذ أن إجبار متخذ القرار على اختيار إحدى الحالتين فقط، قد تؤدي إلى عدم انسجام في قراره، أو يُصبح عشوائياً.
- ✓ أو عدم معرفة الحكم: خصوصاً إذا كان متخذ القرار يُعبر عن كيان صعب الوصول إليه بشكل دائم (مثلاً رئيس جمهورية) أو كيان ضبابي غير محدد تماماً (رأي عام).
- ✓ أو عدم توفر الرغبة في الحكم: فقد يُظهر كل بديل حسنات ومساوئ يصعب الحكم بالتفضيل الأكيد أو بالتكافؤ.

عندما نتمكن من تعريف الحالات الأربع على مجموعة البدائل بحيث تشمل مجمل تفضيلات متخذ القرار، نقول أنه لدينا نموذج كامل لعلاقات التفضيل *FRP Complet Model* إذا تحققت الشروط الآتية:

- أ- تشكل العلاقات الأربعة I, P, Q, R تمثيلاً لتفضيلات متخذ القرار بالنسبة لمجموعة البدائل.
 - ب- الشمولية *Exhaustivity*: من أجل كل بديلين، هناك علاقة واحدة على الأقل محققة.
 - ج- الحصرية متى متى *Exclusivity*: من أجل كل بديلين، هناك علاقة واحدة على الأكثر محققة.
- عادةً ما يتم تمثيل علاقات التفضيل باستخدام مفاهيم نظرية البيان *Graph Theory*، حيث تُمثل التفضيل الأكيد بسهم من البديل الأفضل إلى البديل الأسوأ، ونُمثل التكافؤ بخط دون أسهم، ونُمثل التفضيل الضعيف بسهم منقَط من البديل الأفضل إلى البديل الأسوأ، ولا نضع شيئاً بين البدلين في حالة اللامقارنة بينهما، كما هو مبين في الشكل [٤-١].



٤-٢ أهم نماذج التفضيل المتعارف عليها

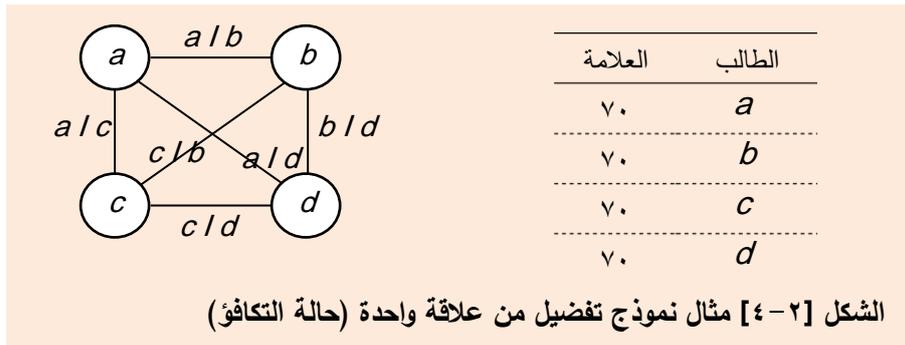
هناك العديد من الأدوات الرياضية التي تعبر عن نماذج التفضيلات، سنتعرض لأهم هذه الأدوات المعبرة عن تفضيلات من علاقة واحدة أو اثنتين، وطبعاً هناك أدوات تعبر عن أكثر من علاقيتين، مع ضرورة الإشارة إلى أن الأداة الرياضية يجب أن تعبر عن نموذج التفضيلات وليس العكس، أي لا يجب تبني نموذج رياضي محدد والسعي لإلزام تفضيلات متخذ القرار الانسجام معها، الهدف الدائم للأداة الرياضية أن تخدم متخذ القرار وتعبر عن الواقع.

٤-٢-١ نموذج تفضيلات من علاقة واحدة

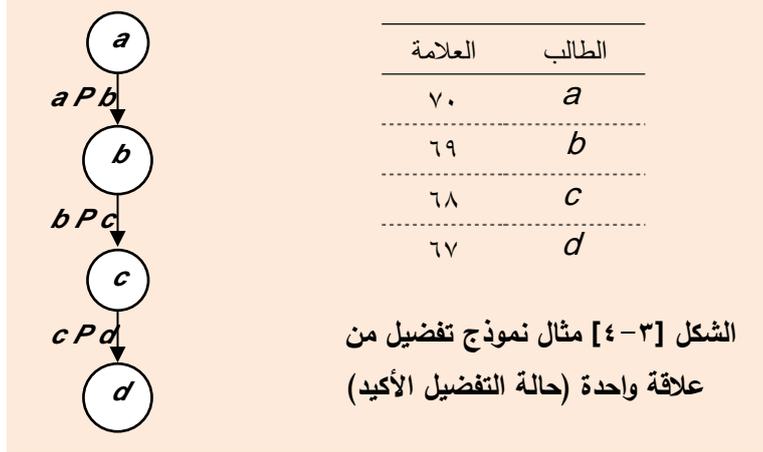
يجب أن تكون علاقة المفاضلة محققة من أجل أي زوج من مجموعة البدائل A ، ومن الواضح أنها علاقة متعدية، ندعو هذا النموذج بصفوف التكافؤ *Equivalence Class*.

مثال (٤-٢) تقييم مجموعة من الطلبة في مقرر نظرية القرارات.

لنأخذ درجات الطلبة في مقرر نظرية القرار، ولنفترض أن التساوي بين علامتين يعني التكافؤ بين الطالبين الحائزين على هاتين العلامتين، كما يبين الشكل الآتي [٤-٢]، ويمكن التعبير عن التكافؤ بعلاقة المساواة =.



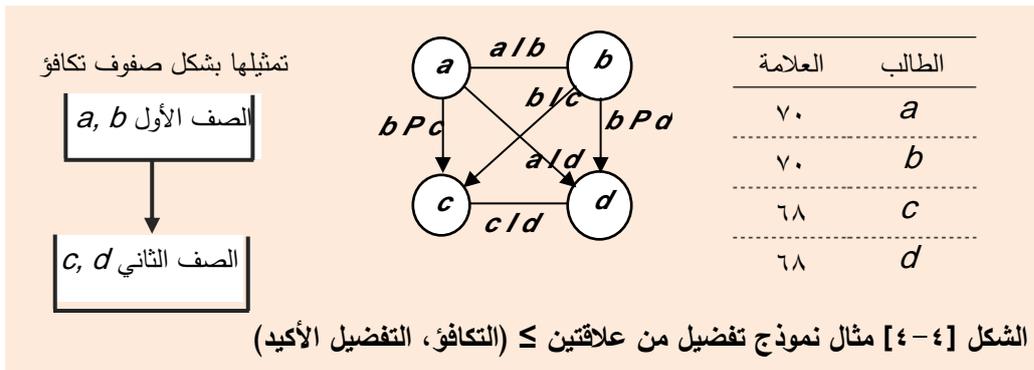
في حال كانت جميع العلامات مختلفة عن بعضها البعض، وقبل متخذ القرار أن أي فرق يعني أن الطالب ذو العلامة الأكبر يعني التفضيل لصالحه، نحصل أيضاً على نموذج تفضيلات من علاقة واحدة هي علاقة التفضيل الأكيد نعبر عنها بعلاقة الأكبر > كما يبين الشكل [٤-٣].



٤-٢-٢ نموذج تفضيل من علاقيتين

ربما يكون هذا النموذج هو الأكثر رواجاً في الواقع، حيث تكون العلاقة الأولى متناظرة ومتعدية والعلاقة الثانية غير متناظرة ولكنها متعدية أيضاً. كمثل على هاتين العلاقتين الترتيب الناتج عن علاقة أكبر ومساواة \leq ، حيث تعبر علاقة المساواة عن التكافؤ وعلاقة الأكبر عن التفضيل الأكيد، وتشكل البدائل المتكافئة صف تكافؤ، ثم يتم ترتيب صفوف التكافؤ بشكل كامل، وندعو هذه البنية بالترتيب شبه التام.

مثال (٣-٤). علامات الطلاب في مقرر نظرية القرارات كما هو مبين في الشكل [٤-٤].



يمكن إيجاد نماذج تفضيل مكونة من أكثر من علاقيتين في بعض الحالات الخاصة وهي جديرة بالاهتمام (Roy, 1985, 1996)، خصوصاً عندما يتم إدخال عتبات تفضيل لتعويض النقص في المعلومات كما سنرى في الفصل الحادي عشر، لكن سنكتفي بنماذج التفضيلات المعبر عنها بعلاقتين على الأكثر.

٤-٣ تصنيف مشكلات القرار أو إشكاليات القرار

غالباً ما يتم اللجوء في حل مشكلات القرار إلى ترتيب البدائل ثم اختيار البديل الأول والنظر إليه على أنه أفضل البدائل، أو تقسيم الترتيب إلى فئات في حال كان المطلوب هو تصنيف البدائل، لكن لا يمكن الإثبات أن البديل الذي يقع في الترتيب الأول هو أفضل البدائل (راجع القضية الأولى في نهاية الفصل)، أو الفرز إلى فئات بناءً على نتائج الترتيب، لذلك من الضروري تعريف المشكلة ضمن إطار يوجه البحث عن الحل وتصنيف مشكلات القرار حسب الهدف النهائي من القرار أي: اختيار أفضل بديل، أو ترتيب البدائل، أو تصنيفها، ندعوها بإشكاليات القرار (Roy, 1996).

٤-٣-١ إشكالية الاختيار *Choice Problem*

يُقصد بها اختيار، أو وضع إجرائية متكررة، لانتقاء أفضل البدائل وقد يكون بديلاً واحداً أو أكثر؛ وتتص الإشكالية على طرح الهدف من دراسة مشكلة القرار كمسألة اختيار بدائل محكوم عليها على أنها "الأفضل"، أي توجيه الدراسة لإظهار مجموعة جزئية A' من A صغيرة قدر الإمكان ومصممة مباشرة على ما يجب أن تكون عليه نتيجة القرار. يجب أن يكون اختيار المجموعة الجزئية كما يلي:

✓ من أجل كل بديل من المجموعة المتبقية A/A' ، هناك بديل من A' أفضل منه تماماً.

✓ أو أنها مجموعة البدائل التي يحكم عليها متخذ القرار بأنها كافية ومناسبة للتخلي عن البدائل الأخرى.

عندما لا تقتصر المجموعة المنتقاة على بديل واحد فقط، فإن البدائل التي تحويها تبدو: إما متكافئة وأفضل من جميع البدائل المتبقية (الحل الأمثل)، أو ناتجة عن حل بالتراضي من مجموعة البدائل الممكنة، أو صعوبة المقارنة فيما بينها بالنظر إلى المعلومات المتوفرة.

مثال (٤-٤) اختيار موقع لبناء جامعة.

تقرر تشييد بناء جديد للجامعة، يجب اختيار الموقع، مع الأخذ بالاعتبار لتكاليف التشييد وفترات التسليم والإنجاز، وملاءمة البناء الجديد لطموحات أطراف القرار (العاملين، الطلبة، السلطات المحلية، التعليم العالي، ...) وبما ينسجم مع الأهداف الجديدة للجامعة. طلب رئيس الجامعة إجراء

دراسة تفصيلية لاختيار الموقع، وذلك بعد أن أنجزت دراسة تمهيدية لحصر كافة المواقع في المنطقة والمرشحة لإشادة بناء الجامعة، ثم فرز هذه المواقع بحسب أهليتها لإجراء الدراسة التفصيلية عليها، وبعد المناقشة مع ممثلي الأطراف المعنية والمعلومات الأولية المتوفرة، تم اختيار ٥ مواقع فقط لإنجاز الدراسات التفصيلية. تبدو المشكلة إذاً بأنها اختيار أفضل موقع لبناء الجامعة، أي البحث فيما إذا كان هناك موقعاً محدداً يبدو من وجهة نظر رئيس الجامعة أفضل جوهرياً من المواقع الأربعة الأخرى، وبالتالي يجب إظهار المبررات الكافية التي يستطيع من خلالها رئيس الجامعة إقناع الأطراف الأخرى بالموقع، مع الأخذ بالاعتبار قلة الموارد المتوفرة للدراسة، وبأن منظومات قيم الأطراف وأهدافها متباينة، لذلك لا يجب على الحل المقترح أن يؤدي بشكل تلقائي إلى موقع واحد فقط، إلا إذا كانت مبررات "الأمثلية" واضحة لجميع الأطراف وغير قابلة للنقاش، وبالتالي لا يمكن استثناء إمكانية اختيار موقعين (أو ثلاثة) متكافئين أو غير قابلين للمقارنة.

يوضح هذا المثال أن الحل المطلوب هو اختيار موقع واحد أو أكثر، ولكل منها المبررات الكافية ليكون أفضل من جميع المواقع المستبعدة، ولم نعد إلى ترتيب المواقع مثلاً ثم اختيار الموقع ذي الترتيب الأول، فالمشكلة هي اختيار الموقع الأفضل وليس ترتيب البدائل، وتظهر هذه الإشكالية بشكل واضح في بحوث العمليات خصوصاً تلك المعروفة بنماذج الأمثلية.

٤-٣-٢ إشكالية التصنيف *Classification Problem*

يُقصد بها فرز البدائل أو وضع إجرائية تصنيف البدائل في فئات محددة. تظهر هذه الإشكالية بشكل خاص في مسابقات التوظيف، قبول عروض، إقراض، ... الخ.

تنص على طرح الهدف من دراسة مشكلة القرار كمسألة فرز البدائل ضمن فئات، أي توجيه الدراسة لإظهار تصنيف البدائل في هذه الفئات؛ يُقصد بالفرز هنا وضع كل بديل في فئة واحدة وواحدة فقط، حيث يتم الفرز بناءً على مقارنة البديل مع كل فئة وإقرار قبول انتمائه إلى الفئة أو لا وذلك بغض النظر عن وضعه بالنسبة للبدائل الأخرى، لذلك يجب الانتباه كثيراً إلى هذا الأسلوب في المقارنة، مثلاً عندما نقارن بديل بفئة "المقبول" وكانت النتيجة عدم قبوله فيها، لا يعني أنه ينتمي آلياً إلى إحدى الفئتين الأخرتين "قائمة الانتظار" أو "المرفوض"، وقد تكون الفئات مرتبة أو غير مرتبة، مثلاً، إذا أردنا تصنيف مجموعة من العاملين حسب حاجتهم للتدريب في مجال معين إلى ثلاث فئات: بحاجة

إلى تدريب، أو يمكنه الانتظار، أو ليس بحاجة إلى تدريب، لا يعني أن العامل الذي يقع في الفئة الأولى أنه "أفضل" من العامل الذي يقع في الفئة الأخيرة أو العكس.

تُعتبر التقنيات الإحصائية المعروفة باسم نماذج التصنيف *Classification Methods* مفيدة جداً في هذا المجال خصوصاً إذا كان عدد البدائل كبير، ويتم التصنيف وفقاً لبعدها وقرب البدائل من بعضها البعض (Walpole et al., 2012).

مثال (٥-٤) القبول في مسابقة.

تود إدارة الشركة أن تضع طريقة جديدة للتوظيف على أساس فحص أضايبير المرشحين من جهة ومقابلات إضافية في حال عدم كفاية الإضبارة لإقرار القبول الأكيد، أو الرفض الأكيد من جهة أخرى، وتم تشكيل لجنة للقبول مؤلفة من ٥ إلى ٦ أشخاص، تتضمن إضبارة المرشح حوالي ٢٠ معلومة عن وضعه الاجتماعي، خبراته السابقة، حالته الشخصية والنفسية المستندة على نتائج اختبارات ذات مصداقية، وتتساءل اللجنة فيما إذا كان بالإمكان إجراء معالجة آلية مسبقة للأضايبير في المرحلة الأولى من التحضير للقرار والبحث عن المعلومات في حالة المقابلات، مما يُسهل عمل اللجنة ويُخفف من الانحرافات، وتهتم دراسة المشكلة إذاً بوضع إجرائية قابلة للتأتمة لفحص الأضايبير موجهة لمساعدة لجنة القبول من أجل اتخاذ قرار بشأن الحالات التي يمكن الحكم فيها مباشرةً من خلال الإضبارة بالقبول أو بالرفض ولا تبدو المقابلة ضرورية، أي أن تصميم الإجرائية يجب أن يتم من أجل فرز الأضايبير إلى ثلاث فئات، مع الإشارة إلى أن هذه التجزئة ليست إلا مقترحاً، وليست القرار نفسه:

الفئة الأولى A1: الأضايبير التي تبدو معلوماتها كافية لاقتراح القبول دون مقابلة.

الفئة الثانية A2: الأضايبير التي تبدو معلوماتها غير كافية لاقتراح القبول أو الرفض.

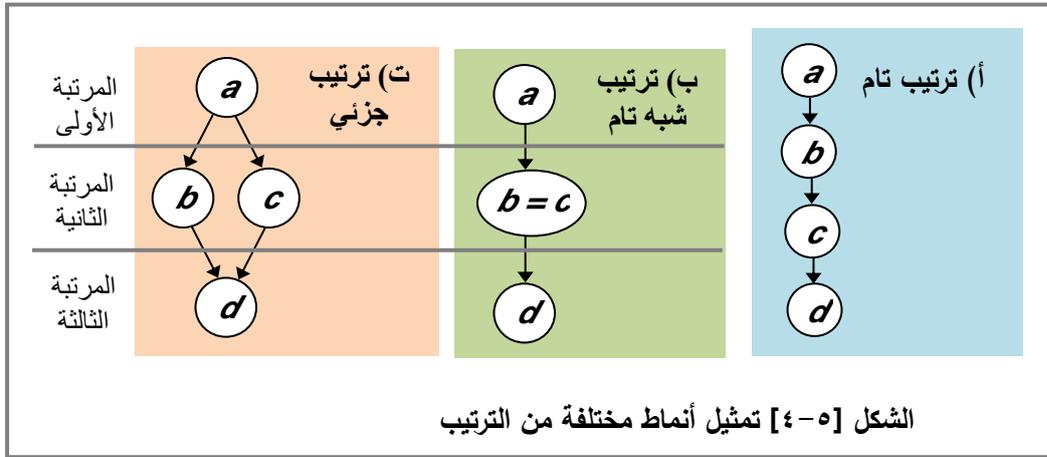
الفئة الثالثة A3: الأضايبير التي تبدو معلوماتها كافية لاقتراح الرفض دون مقابلة.

لتصميم الطريقة الجديدة، من الضروري جداً تحديد خصائص المرشح "المقبول" والمرشح "المرفوض" أي الواجب فرزه إلى الفئة الأولى أو الثالثة، من الواضح أن المشكلة هنا مسألة تصنيف، وليس مهماً أبداً الأفضلية بين بدائل الفئة الواحدة، بل المهم هو انتماء البديل إلى الفئة أو لا.

٤-٣-٣ إشكالية الترتيب Ranking Problem

أي ترتيب البدائل بحسب الأفضلية تصاعدياً أو تنازلياً، أو وضع إجرائية ترتيب متكررة. حيث تنص على طرح الهدف من دراسة مشكلة القرار، كمسألة ترتيب البدائل أي توجيه الدراسة لإظهار وضع البدائل بالنسبة لبعضها البعض وفقاً لنموذج تفضيلات متخذ القرار، ويأخذ بديلين نفس الترتيب عندما لا تسمح المعطيات بالتمييز بينهما، وبالتالي يمكن النظر إلى البدائل التي تقع في نفس الترتيب إما أنها متكافئة، أو غير قابلة للمقارنة ولكن وقعت بنفس الترتيب بسبب موقعها بالنسبة للبدائل الأخرى كما يبين الشكل [٤-٥]، ففي الحالة (أ) هناك ترتيب تام مؤلف من ٤ مراتب (صفوف)، في حين تُظهر الحالتان (ب) و (ت) نمطين من الترتيب مؤلفين من ٣ صفوف، ورغم أن النتيجة واحدة إلا أن وقوع البديلين b و c في نفس الصف الثاني في الحالة (ب) نتيجة التساوي أو التكافؤ بين البديلين، بينما أتيا في نفس الصف في الحالة (ت) بسبب كونهما أسوأ من البديل a وأفضل من البديل d .^(٢٦)

بعكس إشكالية الفرز، لا تنتج الصفوف في إشكالية الترتيب من تعاريف مسبقة، بل يأخذ الصف معناه من موقعه النسبي في الترتيب، لذلك يجب أن نكون حذرين بفرض التوصل إلى ترتيب تام للصفوف.



مثال (٤-٦) وضع خطة إعلانية مطبوعة.

يقوم مكتب الإعلانات بشكل شبه يومي بتعريف خطط لنشر الإعلانات واختيار عناوين الدوريات المطبوعة والوسائل الطرقية، حيث تمر الخطة الإعلانية بالمراحل الآتية:

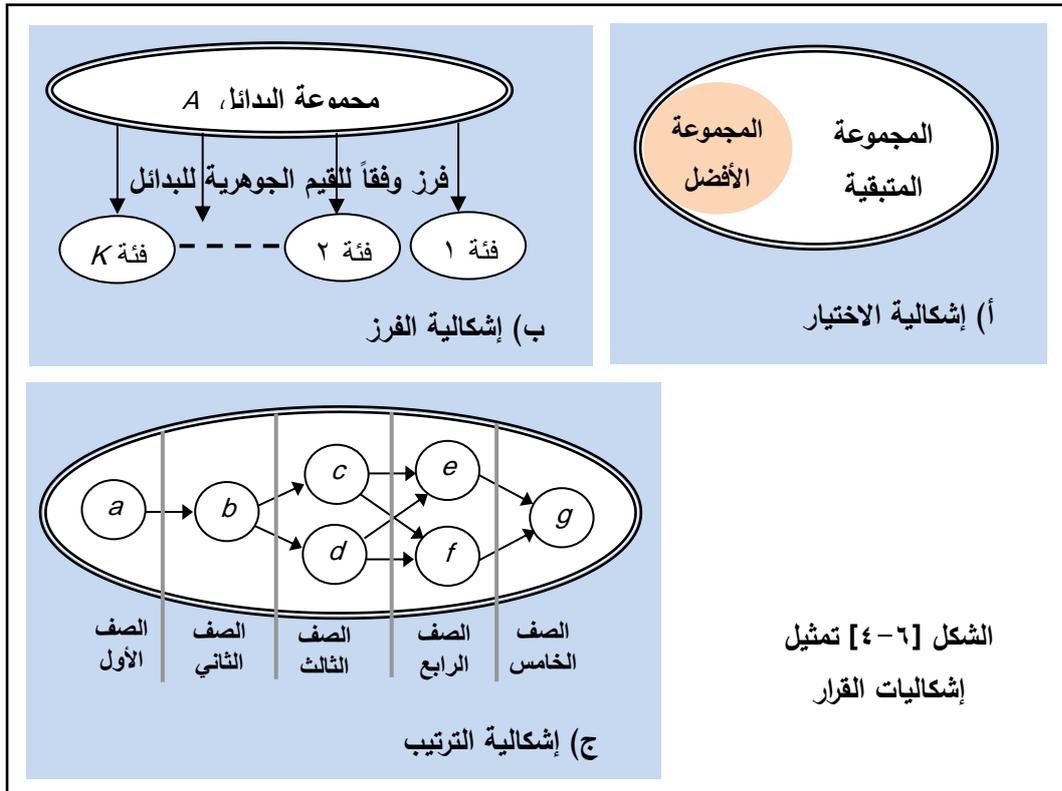
^{٢٦}. انظر الملحق الرياضي لهذا المقرر حول علاقات الترتيب وخصائصها.

- (a) اختيار عدد من العناوين من خلال أسس متعارف عليها بما ينسجم مع مميزات الخطة.
- (b) اختيار سريع على أساس الخبرة، والاحتفاظ بعدد قليل من العناوين التي يتعامل معها المكتب.
- (c) تقييم العناوين المختارة في (b) وفقاً للأسس المحددة في (a) وإدراجها في الخطة.
- (d) مناقشة العناوين مع الزبون التي تبدو عموماً منسجمة وفق التقييم في (c) وتحضير تركيبتين أو ثلاثة مفترضة فعالة للخطة.
- (e) دراسة معمقة لانسجام كل تركيبة من العناوين مع بعضها، ومع الخطة، ومن ثم القرار النهائي في حال توافق إحدى هذه التركيبات مع الخطة وإلا عودة إلى المرحلة (d).
- يعتبر مدير المكتب أن المرحلة الأخيرة (e) معقدة جداً، وبأنه يمكن تحضيرها بشكل أفضل بجعل المراحل السابقة أكثر مرونة وسرعة، ويطلب دراسة تركز على التحسينات الآتية:
- أ- في المرحلة (a): حصر جميع وجهات النظر وفقاً لمميزات الخطة الإعلانية.
- ب- في المرحلة (b): تخفيف القيود بحيث يمكن اختيار قائمة أولية تضم عشرات العناوين.
- ت- في المرحلة (c): التصريح عن التقييمات الواجب الاستناد عليها.
- ث- في المرحلة (d): إجرائية مرنة لتوجيه المناقشات حول التركيبات وعلى التخيل والإبداع.
- قرر مهندس الدراسة أن الهدف من الدراسة هو وضع إجرائية لترتيب بدائل المجموعة A أي عناوين الدويات تصاعدياً بحسب أفضليتها للإدراج في الحملة على أن تُستخدم بشكل متكرر كما يلي:
- i. اختيار أول عنوان من الصف الأول في الترتيب.
- ii. حذف جميع العناوين التي تتشابه مع العنوان الأول أو يبدو انتقاؤها غير منسجم معه.
- iii. اختيار عنوان آخر من الصف الأول والذي يحوي عنصر واحد على الأقل غير محذوف.
- iv. حذف جميع العناوين التي تتشابه أو غير منسجمة مع العنوان الأخير الذي تم انتقائه في (iii).
- v. تكرار هذه العملية أي المراحل (iii ، iv) حتى تتحقق شروط التوقف.
- vi. شروط التوقف: التوقف عن انتقاء عناوين جديدة عندما نصل إلى حدود القيود المفروضة.

٤-٣-٤ اختيار الإشكالية

لا يُفرض اختيار الإشكالية بشكل تلقائي بل يتعلق بالهدف من القرار من جهة، وبمنظور مهندس الدراسة لمعالجة المشكلة من جهة أخرى، فقد توافق إما اختيار إحدى الإشكاليات المرجعية أو تركيبية منها حتى دون الفصل فيما بينها بشكل صريح، ومع ذلك لا بد من وضع بعض العوامل المساعدة على اختيارها وتبريرها:

- ✓ في مقدمتها، الهدف من القرار.
 - ✓ عوامل متعلقة بالوصول إلى المعلومات.
 - ✓ عوامل متعلقة بدور وبمواقف الأطراف الفاعلة.
 - ✓ عوامل متعلقة بحدود ومدى مرحلة الدراسة.
- كما يبين الشكل [٤-٦] تمثيل الإشكاليات الثلاث السابقة.



٤ - ٤ فئات نماذج البحث عن الحل

تهدف هذه الفقرة إلى تسليط الضوء على مدى تنوع وتعقيد النماذج الممكن استخدامها في الحكم الإجمالي واتخاذ القرار النهائي، وندعوها بإجرائية التجميع الإجمالي للتفضيلات *Aggregation Procedures*، إذ لا يمكن الجزم بأفضلية نموذج على آخر إلا من خلال تلبيته للهدف من تطبيقه، أو أهمية الظاهرة المدروسة، أو توفر البيانات المناسبة، أو حتى اكتمال الإطار النظري للنموذج، ولا تتضمن فئات النماذج هنا التقنيات الموجهة لتوصيف ظواهر السلوك ومتغيراته كالإحصاء الوصفي أو التحليل متعدد الأبعاد أو غيرها من تقنيات التوصيف، وبالتأكيد يُمكن الاستفادة من تقنيات التوصيف في جميع مراحل صناعة القرار، والسبب الجوهرى يعود إلى أن هذه التقنيات غير موجهة للاستنتاج، في حين أن الهدف الأساسي من نماذج القرار هو إصدار حكم أو استنتاج وليس توصيف فقط.

يمكن تصنيف النماذج المساعدة في صناعة القرار ضمن ثلاث فئات رئيسية وفقاً لطبيعة التابع المستخدم في تجميع التقييمات الجزئية والحكم الإجمالي لاتخاذ القرار، كما يلي:

الفئة الأولى: نماذج وحيدة المعيار *Mono-criterion Models*،

الفئة الثانية: نماذج متعددة المعايير *Multiple Criteria Models*،

الفئة الثالثة: نظم دعم القرارات *Decision Support Systems*.

٤ - ٤ - ١ نماذج وحيدة المعيار *Mono-criterion Models*

وهي الأكثر انتشاراً خصوصاً في العلوم الاجتماعية والاقتصادية، وتعتمد على مفهوم أساسي ألا وهو أن المفاضلة الإجمالية بين البدائل تتم وفق التقييمات النهائية الناتجة عن نموذج تجميع التقييمات الجزئية، بحيث يكون لكل بديل تقييم إجمالي واحد فقط *Score* (لذلك ندعوها وحيدة المعيار)، وتتراوح درجة تعقيدها بين النماذج "الحدسية" البسيطة رياضياً وبين النماذج الاحتمالية المعقدة كما هو مبين أدناه.

✓ نماذج ذات طابع وصفي مثل بعض الاستكشافات البسيطة *heuristics* يلجأ إليها مهندس أو متخذ القرار استناداً إلى إدراكه للمخاطر ونزعه للتفاؤل أو للتشاؤم، أو طرق وصفية أكثر تعقيداً مثل

استبعاد (إضافة) البدائل غير المناسبة (المناسبة) بشكل تدريجي إلى أن يحصل على بديل يعتبره مقبولاً، كما يمكن المفاضلة بين البدائل وفق آلية مشابهة للبحث عن كلمة في القاموس *Lexicographic*، وتستخدم هذه النماذج عادةً في مراحل استكشاف المشكلة والتعرف على البدائل المتاحة ومقارنة أولية فيما بينها، أو استخدام مخرجاتها كمدخلات لأنماط أخرى من النماذج أكثر تعقيداً بهدف زيادة فعاليتها، وسنتعرف في الفصل الخامس على أهم هذه النماذج.

✓ نماذج المنفعة وتفرعاتها، واستخدام مفاهيم الاحتمالات الشرطية ونظرية بايز، بالاستعانة بشجرات القرار، لتحديد هيكلية البدائل وتقييماتها مع تقدير احتمال التقييمات التي يمكن أن تأخذها، وسنرى هذه الفئة بالتفصيل في الفصلين السادس والسابع.

✓ نماذج بحوث العمليات التي تعتمد مفاهيم الأمثلية أو التاويج *Optimization* ضمن هذه الفئة (*Keeney & Raiffa, 1976*؛ كولو، ١٩٩٨)، وذلك للمساعدة في صياغة مشكلة القرار أو في حلها؛ وقد نالت هذه الفئة الكثير من الاهتمام، وأثبتت نجاحاً كبيراً خصوصاً في الحالات التي يكون تدخل الإنسان فيها ضعيفاً نظراً لصعوبة التعبير عن قيوده وتفضيلاته، ولن نتعرض بالتفصيل لهذه المجموعة من النماذج ضمن هذا الكتاب كونها مأخوذة بالاعتبار في العديد من المراجع الأخرى التي تتحدث عن نظرية القرارات.

✓ نماذج الإحصاء القراري *Decisional Statistics* التي تهدف إلى تعميم الخصائص المستنتجة من دراسة العينة على المجتمع، وتقرير قبول أو رفض فرضيات موضوعة مسبقاً، ومن أهمه: تقدير المتوسط *Estimation Problem*، أو التحقق من فرضية ما *Testing Problem*، أو طرق القياس الاقتصادي *Econometric Methods*، وسنتعرض لأهم النماذج الإحصائية الموجهة للمساعدة في صناعة القرارات في الفصل العاشر من هذا الكتاب.

٤-٤-٢ نماذج متعددة المعايير *Multiple Criteria Models*

تستند إلى مفهوم المقارنة الثنائية بين البدائل، دون أية فرضيات أو قيود مسبقة على تفضيلات متخذ القرار؛ حيث يتم المفاضلة بين البديلين حسب المعلومات المتوفرة عن تقييم البدائل وأوزان المعايير، وذلك بتقدير حجم الموافقة (مفهوم التوافق *Concordance*) والمعارضة (مفهوم المعارضة

(Discordance) لكل من البديلين عبر علاقة ثنائية تقيس شدة أولوية *Outranking* كل بديل في مقابل الآخر (Roy et al., 2013). يمكن لهذه الفئة من النماذج استخدام تقييمات من مختلف الأنماط (وصفية، كمية، ترتيب)، نظراً لأن المقارنات الثنائية تتطلب كماً كبيراً من الحسابات، فإن استخدامها يكون فعالاً عندما يكون عدد البدائل قليلاً أو استخدام نظم معلوماتية مساعدة، وسنعود للمفاهيم الأساسية لهذه الفئة من النماذج في الفصل الحادي عشر.

٤-٣-٤ نظم دعم القرار *Decision Support Systems*

تعتمد على تصميم نظم برمجية خاصة تساعد في حل مشكلة محددة؛ وهي تختلف جوهرياً عن الفئتين السابقتين كونها لا تعتمد نماذج صريحة للتفضيلات، بل يتم بناء نموذج التفضيلات تدريجياً عبر مفهوم التفاعلية *Interactivity* بين متخذ القرار الذي يعطي أجوبة على أسئلة النظام الذي بدوره يستثمرها لاستنتاج تفضيلات أخرى، يجري تدريجياً تكرار حلقة الأسئلة والأجوبة إلى أن يتم التوصل إلى البديل الأنسب، حيث تُصبح منظومة الخبرات والأحكام جزءاً من عملية بناء النموذج، لذلك ندعوها أحياناً بالنظم الخبيرة *Expert Systems* (Sprague & Carlson, 1982)؛ ويمكن تصميم نظم موجهة لنمط محدد من المشكلات وليس لمشكلة بعينها، وفي هذه الحالة يتم برمجة عدة نماذج حيث يقوم متخذ القرار بمقارنة حلول هذه النماذج. يتكون عادةً نظام دعم القرار من قاعدة بيانات *Database* ومن قاعدة معرفية *Knowledge Base* (نماذج، قواعد حكم)، ومن خوارزمية، أو برنامج للإستنتاج بالإضافة إلى واجهة تخاطب ملائمة، وقد أصبحت مثل هذه النظم منتشرة بكثرة في مجالات عديدة بعد التطورات الكبيرة في تكنولوجيا المعلومات وتقانات الذكاء الصناعي، وسنعود إليها بشيء من التفصيل في الفصل الثاني عشر.

اختبارات وأسئلة الفصل الرابع Tests

(١) أسئلة صح / خطأ True/False

خطأ	صح	السؤال
		١ لحل مشكلة القرار، غالباً ما يكفي تعريف البدائل والمعايير.
		٢ يُقصد بنموذج التفضيلات الإجمالية تجميع تفضيلات متخذ القرار الجزئية وفق المعايير.
		٣ يُنظر إلى تقييمات البدائل وفق المعايير كأحكام جزئية لمتخذ القرار.
		٤ يُصدر متخذ القرار أحكامه للمفاضلة بين البدائل بناءً على خصائص وتقييم هذه البدائل.
		٥ لا يمكن إيجاد إلا مستويين اثنين فقط من حالات التفضيل.
		٦ أحد أهم أسباب عدم القدرة على التفضيل بين بديلين هو نقص المعلومات.
		٧ يمكن إيجاد أربع حالات تفضيل على الأقل بين البديلين.
		٨ يمكن دوماً إسناد حالتي تفضيل اثنتين على الأقل بين بديلين محددين.
		٩ يُوضع نموذج تفضيلات لمتخذ القرار بناءً على المعلومات المتوفرة ومنظومة أحكامه وقيمه.
		١٠ تتمتع جميع علاقات التفضيل بخاصيتي التعدي والتناظر.
		١١ هناك دوماً حالتين فقط تنتج عن المقارنة بين أي بديلين هما التكافؤ والتفضيل.
		١٢ تترجم حالة اللامقارنة رفض متخذ القرار اتخاذ موقف على مستوى نمذجة التفضيلات.
		١٣ تُمثل صفوف التكافؤ نموذج تفضيلات من علاقة واحدة فقط.
		١٤ تمثل علاقة الأكبر أو يساوي ك نموذج تفضيلات إجمالي بعلاقتي تفضيل.
		١٥ تتمثل مشكلات القرار دوماً في حالة إيجاد البديل الأمثل.
		١٦ يُقصد بإشكالية الاختيار انتقاء أفضل البدائل وقد يكون واحداً أو أكثر.
		١٧ تؤدي إشكالية الترتيب دوماً إلى ترتيب تام لجميع البدائل.
		١٨ تؤدي إشكالية التصنيف إلى ترتيب البدائل واختيار الأفضل.
		١٩ تصنف نماذج البحث عن الحل النهائي حسب طبيعة التابع المستخدم في تجميع التقييمات الجزئية والحكم الإجمالي.
		٢٠ تُعتبر نماذج القرار متعددة المعايير حالة خاصة من نماذج وحيدة المعيار.
		٢١ تعتمد نظم دعم القرار نماذج صريحة للتفضيلات دون استخدام المعلوماتية.
		٢٢ تعتمد نظم دعم القرارات مفهوم وتقنيات التفاعلية <i>Interactivity</i> لحل مشكلة القرار.

(٢) أسئلة خيارات متعددة Multiple Choices

١- لكي نتمكن من إصدار حكم تفضيل إجمالي بين بديلين، لا بد من توفر:

- أ) تقييمات البدائل
 ب) تفضيلات متخذ القرار
 ج) إجرائية أو طريقة للحكم الإجمالي
 د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٢- حالتى التفضيل الأكثر انتشاراً بين بديلين هي:
 أ) التكافؤ والتفضيل الأكيد
 ب) الأكبر والأصغر
 ج) اللامقارنة والتفضيل الضعيف
 د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٣- عند عدم القدرة على الحسم بتفضيل أكيد لأحد البديلين أو بالتكافؤ بينهما، يكون لدينا حالة:
 أ) تفضيل ولامقارنة
 ب) اللامقارنة
 ج) التفضيل الضعيف
 د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٤- بالإضافة إلى حالتى التكافؤ والتفضيل الأكيد، يمكن الحصول على حالتين أخريتين لدى المقارنة بين أي بديلين بشكل إجمالي، هما:
 أ) التكافؤ واللامقارنة
 ب) الأكبر والأصغر
 ج) اللامقارنة والتفضيل الضعيف
 د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٥- تؤدي علاقات التفضيل الأساسية إلى نمذجة تفضيلات القرار الإجمالية كما يلي:
 أ) بعلاقة واحدة
 ب) بعلاقتين
 ج) بثلاثة علاقات أو أكثر
 د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٦- يمكن الحصول بنتيجة ترتيب البدائل بشكل إجمالي على عدة أنماط من الترتيب هي:
 أ) ترتيب كلي، وترتيب شبه تام، وترتيب جزئي
 ب) المساواة، والأكبر، والأصغر
 ج) التكافؤ، والتفضيل، واللامقارنة
 د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٧- يمكن تصنيف أي مسألة قرار ضمن إطار إحدى الإشكاليات الثلاث الآتية:
 أ) الاختيار، والأمثلية، والانتقاء
 ب) التكافؤ، والتفضيل، واللامقارنة
 ج) الاختيار، والترتيب، والتصنيف
 د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٨- في إشكالية الاختيار، يُنظر إلى كل بديل لم يتم اختياره على:
 أ) أن هناك بديل في المجموعة المنتقاة أفضل منه ب) أن هناك بديل في المجموعة المنتقاة يساويه
 ج) على أنه أسوأ البدائل ولا يجب انتقاه
 د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٩- في إشكالية التصنيف، يجب فرز كل بديل بناءً على تقييماته إلى:
 أ) كل من الفئات بعد ترتيبها
 ب) فئة واحدة وواحدة فقط
 ج) إلى فئتين على الأقل ثم حذفه
 د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ١٠- في إشكالية الترتيب، يتم ترتيب البدائل تصاعدياً أو تنازلياً حسب:

- أ) تموضعها بالنسبة للمعايير والفئات
ب) لا يمكن ترتيبها أصلاً بل يجب اختيار الأفضل
ج) تموضعها بالنسبة لبعضها البعض
د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١١- أهم العوامل المساعدة على اختيار الإشكالية ما يلي:

- أ) الهدف من القرار
ب) دور ومواقف أطراف القرار الفاعلة
ج) حدود ومدى مرحلة الدراسة
د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

١٢- تُصنف النماذج المساعدة في صناعة القرار حسب طبيعة:

- أ) التابع المستخدم في تجميع التقييمات الجزئية
ب) البدائل إذا كانت كلية أو جزئية
ج) المعايير إذا كانت وصفية أو كمية
د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٣- تُصنف نماذج الحكم الإجمالي في ثلاث فئات هي:

- أ) وحيدة المعيار، ومتعددة المعايير ونظم دعم القرار
ب) كلية، وجزئية، وفرعية
ج) مستمرة، متقطعة، ومجالات
د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٤- تُصنف نماذج المنفعة وتفرعاتها ضمن فئة النماذج:

- أ) متعددة المعايير
ب) نظم دعم القرار
ج) وحيدة المعيار
د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٥- تُصنف نماذج المتعددة المعايير على مفهومي:

- أ) الموافقة والمعارضة
ب) المنفعة وشجرة القرارات
ج) التفاعلية والمنفعة
د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٣) أسئلة ١ قضايا للمناقشة

السؤال (١) حالات التفضيل.

- ١) اشرح بإيجاز حالات التفضيل الأربعة.
- ٢) ما هي مبررات إدخال حالتَي اللامقارنة بين حالات التفضيل؟
- ٣) ما هي مبررات إدخال حالة التفضيل الضعيف بين حالات المقارنة.
- ٤) ما هي الشروط الواجب توفرها لاعتبار نموذج التفضيلات كاملاً؟

السؤال (٢) نماذج علاقات التفضيل الإجمالية.

- ١) ما هو المقصود بنموذج تفضيلات إجمالي من علاقة واحدة فقط؟ وأعط مثلاً عنه.
- ٢) ما هو المقصود بنموذج تفضيلات إجمالي من علاقَتين اثنتين فقط؟ وأعط مثلاً عنه.

السؤال (٣) إشكاليات القرار.

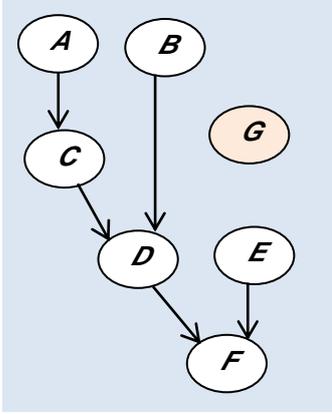
- ١) اشرح بإيجاز الإشكاليات الثلاث للقرار: الاختيار، الترتيب، والتصنيف.
- ٢) ما هو الفرق بين إشكاليتي الترتيب والتصنيف؟
- ٣) وضح بالرسم تمثيل كل من هذه الإشكاليات.
- ٤) ما هي أهم العوامل المساعدة على اختيار الإشكالية؟

السؤال (٤) فئات نماذج البحث عن الحل.

- ١) ما هو المبدأ المعتمد في تصنيف نماذج الحكم الإجمالي والبحث عن الحل النهائي؟
- ٢) اشرح إيجاز الفئات الثلاث لنماذج البحث عن الحل.
- ٣) برأيك، لماذا تتمتع الفئة الأولى من النماذج بانتشار واسع؟

القضية الأولى: هل أنا في الترتيب الأول!؟

ليكن لدينا مخطط علاقات التفضيل الأكيد المرفق لمجموعة من البدائل، حيث السهم يعني علاقة تفضيل أكيد متعدية. لنحاول تطبيق قاعدتين في الترتيب فنحصل على ترتيبين كما هو مبين في الجدول.



قاعدة (٢) عدد البدائل حيث البديل أفضل منها	قاعدة (١) لا يوجد بديل أفضل منه	المرتبة الأولى
A فقط	G ، E ، B ، A	المرتبة الثانية
C ، B	فقط C	المرتبة الثالثة
E ، D	فقط D	المرتبة الرابعة
G ، F	فقط F	

حاول مناقشة حالة كل من البديلين G و E.

حسب القاعدة الأولى: البديل G يأتي في المرتبة الأولى، وحسب الثانية يأتي في المرتبة الأخيرة !

الفصل الخامس: نماذج بحوث العمليات

Models in Operations Researchs

عن عليّ بن أبي طالب كرم الله وجهه، قال:



"إن العلم ذو فضائل كثيرة، فرأسه التواضع، وعينه البراءة من الحسد، وأذنه الفهم، ولسانه الصدق، وقلبه حسن النية، وعقله معرفة الأشياء، ويده الرحمة، ورجله زيارة العلماء، وحكمته الورع، وسلاحه لين الكلمة، وجيشه محاورة العلماء، وماله الأدب، وزاده المعرفة، ودليله الهدى، ورفيقه صحبة الأخيار".

ملخص الفصل:

بحوث العمليات ليست تقنيات وأدوات رياضية فقط، بل هي قبل كل شيء منهج في التفكير بحل المشكلات، ولا نقصد من هذا الفصل الدخول في تفاصيل نماذج بحوث العمليات فهي مجال واسع جداً، ولكن بهدف الإشارة إلى الأكثر انتشاراً للمساعدة على صناعة القرارات. سنرى ما هو المقصود ببرنامج رياضي والحل الأمثل، وستكون البرمجة الخطية البسيطة محور هذا الفصل، على صعيد صياغة مشكلة القرار وحلها بيانياً ثم باستخدام طريقة *Simplex*.

كلمات مفتاحية *Key Words*:

البرمجة الرياضية *Mathematical Programming*، التآويج *Optimization*، البرمجة الخطية *Linear Programming*، خوارزمية *Simplex Algorithm*، طريقة *PERT*، المسار الحرج *Critical Path*.

مخطط الفصل:

- ١-٥ مدخل إلى بحوث العمليات.
- ٢-٥ مسألة التآويج *Optimization Problem*.
- ٣-٥ البرمجة الخطية (حالة تعليمية).
- ٤-٥ خوارزمية *Simplex* لحل برنامج خطي.
- ٥-٥ مسألة الترتيب باستخدام *PERT*.
- اختبارات وأسئلة الفصل الخامس *Tests*.

٥-١ مدخل إلى بحوث العمليات

منذ نجاح تطبيقاته خلال الحرب العالمية الثانية، يُعتبر بحوث العمليات *Operations Researchs* من أهم التطورات على صعيد تطبيق الرياضيات في المنظمات الصناعية والخدمية، وتسعى نماذجه الرياضية إلى البحث في استخدام الموارد بهدف الوصول إلى حلول مثلى *Optimal Solutions* لمشكلات القرار، وتتوسع كثيراً تطبيقات بحوث العمليات، وتكاد تطبق في جميع المجالات، كونها تحاول تجريد المشكلة، ووضع طرق لحلها بمعزل عن مجال التطبيق قدر الإمكان، مما أعطاها خصوصية التواجد على تقاطعات علوم متعددة، في مقدمتها الرياضيات، علوم المعلومات، العلوم الاقتصادية، والعلوم الإنسانية.

بحوث العمليات هي مجموعة من النماذج والطرق: نماذج لطرح المسألة وطرق لحلها، وتعتمد على الجبر الخطي *Linear Algebra* ونظرية البيانات *Graph Theory* ونظرية الاحتمالات *Probability Theory*؛ وتُصنف بحوث العمليات ضمن إطار ما يدعى "تقنيات اتخاذ القرار" أو "الإدارة العلمية"، كما يتفرع عنها عدد كبير من النماذج، وذلك حسب نمط المشكلة التي تعالجها (*Hillier & Lieberman, 2005*)، ويمكن تصنيفها عموماً في ثلاث فئات (انظر الفقرة حول تصنيف إشكاليات القرار):

أ- فئة موجهة للبحث عن أفضل البدائل/الخيارات المتاحة، وندعوها بنماذج التأييج أو الأمثلة *Optimization*، ومنها مثلاً نماذج البرمجة الخطية مثل طريقة *Simplex*، أو البرمجة الديناميكية، أو نماذج البرمجة الرياضية الأخرى، أو نماذج خاصة بالتموين والتخزين.

ب- فئة موجهة للبحث عن أفضل ترتيب للبدائل/الخيارات *Arrangement*، ومنها مثلاً طريقة البحث عن المسار الحرج في طريقة *PERT*، أو صفوف الانتظار *Queuing Models*، أو تحديد أفضل شجرة أصغرية تغطي مخطط شبكي.

ج- فئة موجهة لتصنيف البدائل *Classification*، ومنها طرق التصنيف الإحصائي، مثل التحليل العاملي *Factor Analysis*، أو التحليل العنقودي *Cluster Analysis*، أو نماذج تخصيص المهام على العاملين، أو على الآلات *Assignment Problem*.

التطبيقات لا تعد ولا تحصى، نذكر منها في مجال العلوم الإدارية:

(١) توزيع وتخطيط موارد الإنتاج: شركة نسيج تصنع عدّة منتجات، تتطلب هذه المنتجات موارد من المواد الأولية، آلات، يد عاملة ... حيث كمياتها محدودة في الشركة، تملك الشركة معطيات عن سوق المنتجات ويمكنها بالتالي تحديد هامش الربح لكل منتج (اليامور، ٢٠٠٩). ما هي المنتجات التي يجب على الشركة إنتاجها؟ وما هي الكمية التي يمكن إنتاجها من كلّ منتج بحيث تحقق أكبر ربح ممكن؟

(٢) ترتيب وتخطيط العمليات الإنتاجية: شركة تودّ تصنيع مواد كيميائية بكميات معروفة. تتم معالجة هذه المواد في وحدات معالجة خاصة (تبخير، تكثيف...) انطلاقاً من المواد الخام أو نصف الخام. نعلم من أجل كل منتج: سلسلة تصنيعه واستهلاك كلّ وحدة من سلسلة التصنيع. كيف يمكن تصور ترتيب عمليات التصنيع لهذه المنتجات التي تسمح باستيفاء الطلب في أقصر زمن ممكن؟

(٣) تركيب خلائط: مصنع مثلجات وبوظة ينتج عدة أنواع من البوظة والتي ليست إلا خلائط من نفس المواد الأساسية (حليب ومشتقاته، سكر، بيض ...)، سعر المبيع لكل منها محدد ومعروف في السوق. يجب أن تحوي هذه المثلجات نسب محددة من العناصر الغذائية وغيرها (دسم، ماء، ملونات...). من بين التركيبات الممكنة. ما هي "الوصفة" التي تسمح بإنتاج المثلجات المرغوبة بأقل تكلفة؟

(٤) التمويل ونقل البضائع: تملك شركة عدة معامل تعالج عدة أنواع من الخشب (الشوح، السنديان، ...) بكميات معروفة. يتم تمويل المعامل عن طريق أسواق الوكلاء بأسعار ترتبط بتنوع الأخشاب والوكلاء، الكميات المتوفرة عند الوكلاء محدودة وكلفة النقل تعتمد على بعد وقرب الوكيل من المعمل، (الزوبعي وآخرون، ٢٠١٢). انطلاقاً من أي وكيل وما هي كمية كل نوع من الخشب المتوقع تمويل المعامل بها لاستيفاء الطلب بأقل كلفة ممكنة؟

(٥) اختيار الاستثمارات: شركة تصنع مواد كهربائية وميكانيكية (محركات كهربائية، كهربائيات منزلية، ...) ضمن سوق حيث التنافس على أشده ويتطور بسرعة، تدرس الشركة إمكانية تغيير منتجاتها، أو تجديد بعض قطاعاتها، كل مشروع استثماري ممكن لديه عدة متغيرات كما يمكن تأجيله إلى أجل لاحق، مع الإشارة إلى أن بعض المشاريع لا يمكن فصلها عن بعضها أي أن قبول البعض منها يقيد إنجاز أخرى. ضمن هذه القيود، كيف يمكن اختيار أفضل المشاريع مع الأخذ بعين الاعتبار الإمكانيات التمويلية للشركة؟

ما هو المشترك في كل هذه المسائل؟

بعد تحديد الأهداف، كيف يمكن استخدام الموارد بشكل أمثل؟ أو كيف يمكن أقلمة الموارد والاحتياجات؟ أو بشكل أدق: كيف يمكن توزيع الموارد بالشكل الأمثل لتحقيق الهدف المطلوب مع الأخذ بعين الاعتبار القيود المفروضة؟

يُقصد بالموارد: رؤوس الأموال، المواد الأولية، التجهيزات، الأفراد، الوقت، ...؛

وبالأهداف: تخفيض التكلفة، الزمن، المخزون، الخسارة، الانحراف عن التوقعات، المخاطرة، أو تحسين المبيعات، الدخل، الفعالية، وحتى الرضا النفسي ...؛

كما يُقصد بالقيود: محدودية الموارد، قانونية، فنية، تجارية، مالية، سياسية أو بشرية، ...

بمعنى آخر:

✓ البحث عن أكبر *Maximization* أو أصغر قيمة *Minimization* لتابع هدف محدد
، *Objective Function*

✓ وجود قيود *Constraints* تحد من الوصول للهدف المرجو،

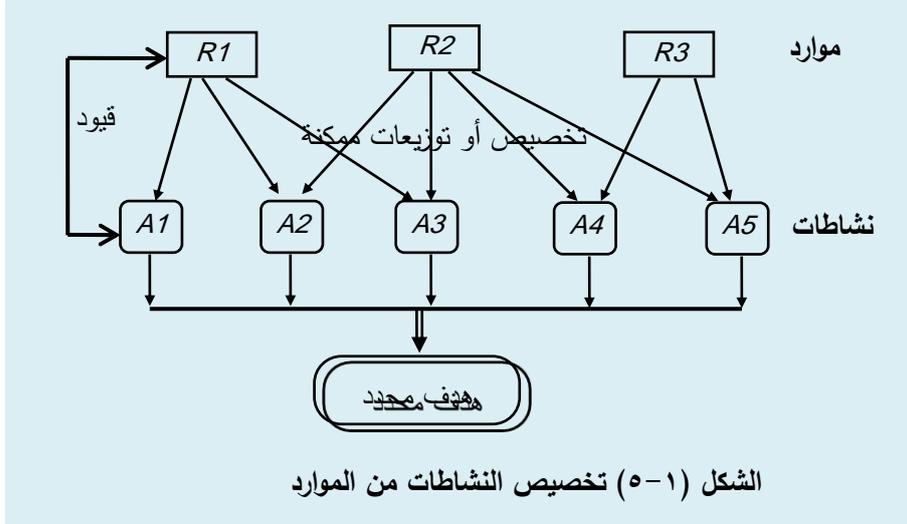
✓ وجود خيارات متعددة *Alternatives* للفعل أو للقرار،

✓ صياغة التابع الهدف والقيود على شكل معادلات أو متراجحات *Equations or Inequalities*، وأغلب الأحيان تكون خطية.

وبالتالي، يأخذ الشكل العام للنموذج وفقاً لنهج بحوث العمليات: تعظيم *Maximize* أو تقليل *Minimize* التابع الهدف، تحت مجموعة من القيود *Constraints*.

نقول عن حل النموذج أنه قابل للتنفيذ *Feasible* إذا حقق جميع القيود، ونقول عنه أنه حل أمثل *Optimal* إذا كان أفضل الحلول المقبولة (أكبر قيمة أو أصغر قيمة).

عندما نتحدث عن توزيع الموارد، يجب التحديد: توزيع الموارد بين النشاطات الممكنة، كمثال عن نشاطات الشركة نذكر: اختيار أي فئة من المنتجات، أي نوع من الآلات، أية فئة من الأفراد ... أو أية فئة ناتجة عن تركيبة من الفئات السابقة، وكذلك إيجاد مستويات النشاطات التي تستهلك الموارد من أجل تحقيق هدف محدد بشكل أمثل ضمن مجموعة من القيود، كما يوضح الشكل (١-٥).



الشكل (٥-١) تخصيص النشاطات من الموارد

في العديد من الحالات العملية، يصعب التمييز بين ما يترجم لتابع اقتصادي وبين ما يترجم لقيود، إذ يمكن تحويل التابع الاقتصادي إلى قيد والقيود إلى تابع اقتصادي، ويعتمد تحديد التابع الهدف على ما تُركز عليه أو يسعى لتحقيقه متخذ القرار؛ في حالة تمويل الاستثمارات مثلاً، قد يطلب إيجاد القيمة العظمى للسيولة (التابع الهدف) بشرط ألا تتجاوز النفقات المالية ١٠% من المبالغ المقترضة (القيد)، أو قد يطلب إيجاد الحد الأدنى من النفقات المالية (التابع الهدف) بحيث يكون هناك دوماً حد أدنى من السيولة لا تقل عن مبلغ محدد. بشكلٍ عام، يترجم التابع الهدف ما نريده ونتترجم القيود ما لا نريده أو ما لا نستطيعه، ويجب على أي نموذج (X, Y, Z) أن يحقق الشروط الآتية:

- أ- لا تأخذ متغيرات القرار X إلا قيماً عددية.
- ب- أن يكون Z تابع رياضي للمتغيرات X تحليلي حيث يتم البحث عن القيمة العظمى (أو الصغرى) للتابع.
- ج- أن تكون Y_j مجموعة من التوابع الرياضية للمتغيرات X ومحدودة من الأعلى أو الأدنى، وتعبر هذه الحدود عن قيود الموارد.
- د- ترتبط التوابع Z, Y_j بالمجاهيل X عن طريق معاملات كمية $a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj}, c_1, c_2, \dots, c_n$ ، وهي معطيات مباشرة أو تحسب من المعطيات الخام وليست بأي حالٍ من الأحوال مجهولة، ولكن يمكن تعديلها بهدف دراسة حساسية النموذج ومدى استقرار الحل النهائي.

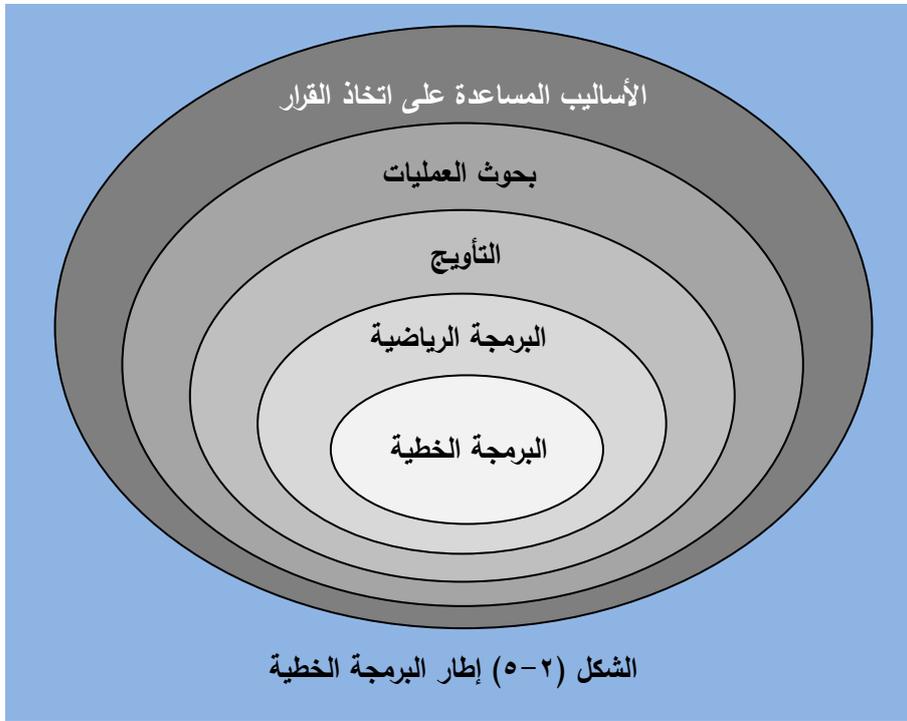
ويُمثَّل البرنامج^(٢٧) الرياضي *Mathematical Program* بالشكل الآتي:

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \text{ أوجد قيم متغيرات القرار}$$

بحيث يكون $Z = f(X) = f(x_1, x_2, \dots, x_n, c_1, c_2, \dots, c_n)$ أكبر (أو أصغر) ما يمكن

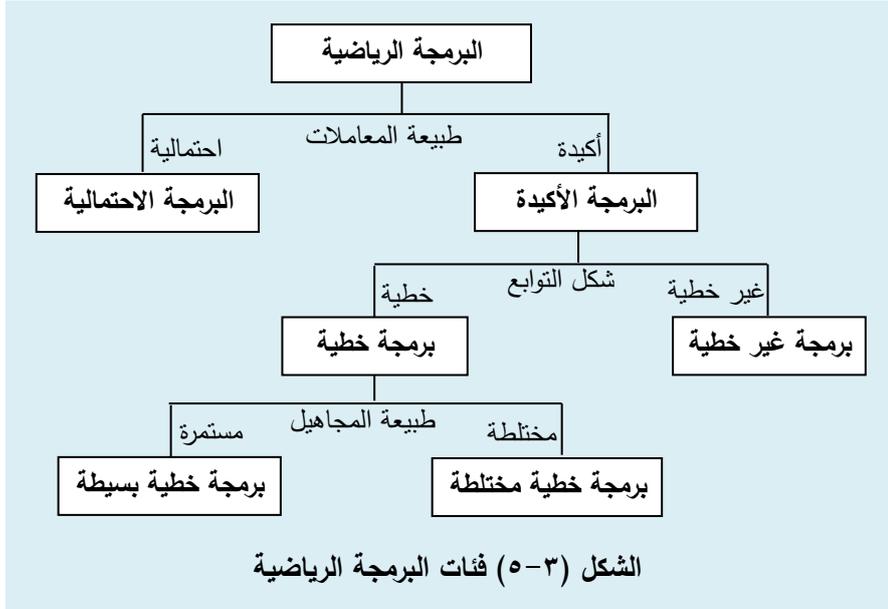
$$Y_j = g_j(X) = g_j(x_1, x_2, \dots, x_n, a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj}) \geq \leq b_j \quad j = 1, 2, \dots, m \text{ تحت القيود}$$

التقنية الأكثر انتشاراً في بحوث العمليات هي البرمجة الخطية *Linear Programming*، وهي جزء من نماذج البرمجة الرياضية *Mathematical Programming*، وهذه الأخيرة هي جزء من نماذج التاويج والتي بدورها هي فئة من نماذج بحوث العمليات، كما هو مبين في الشكل (٢-٥)، حيث تُعتبر نماذج بحوث العمليات فئة مهمة من الأساليب المساعدة على اتخاذ القرارات.



تختلف نماذج البرمجة الرياضية حسب طبيعة متغيرات القرار X وشكل التتابع Z, Y كما هو مبين في الشكل (٣-٥).

^{٢٧}. ليس لمصطلح برنامج هنا أي علاقة بمصطلح البرمجة في المعلوماتية.



سنهتم فيما يلي بالبرمجة الخطية البسيطة *Simple Linear Programming* فقط كونها الأكثر انتشاراً وتطبيقاً، ويمكنها في العديد من الحالات تمثيل مشكلات القرار بشكل مقبول وقد لا تستطيع في حالات كثيرة أخرى، كما يتوفر العديد من البرمجيات المعلوماتية المساعدة على استخدامها بسهولة. يجب أن تتوفر في المشكلة خمس فرضيات أساسية، كي نتمكن من معالجتها بطرق حل البرامج الخطية البسيطة:

- (١) التأكد التام *Certainty*: كافة متغيرات ومعاملات المسألة محدودة ومؤكدة.
- (٢) النسبية *Proportionality*: يعني أن المقادير المستخدمة تتناسب خطياً مع قيم المتغيرات. مثلاً، إذا كان القطعة الواحدة من المنتج تحتاج ٣ وحدات من أحد الموارد، فإن ١٠ قطع من المنتج يحتاج ٣٠ وحدة من المورد.
- (٣) الجمع *Additive*: النشاطات مستقلة، معيار الإنجاز الإجمالي هو حاصل جمع الكميات الناتجة عن النشاطات الفردية، الربح مثلاً هو مجموع الأرباح من جميع المنتجات.
- (٤) قابلية التجزئة *Divisibility*: متغيرات القرار هي قيم حقيقية ويمكن قبول أجزاء من المنتج. مثلاً، إنتاج ١٠,١٥ طاولة، وهذا مستحيل ويمكن في هذه الحالة اللجوء إلى طرق أخرى مثل البرمجة الخطية بأعداد طبيعية.

٥) اللاسلبية *Non-Negativity*: لا يمكن لمتغيرات القرار أن تأخذ قيمة سالبة انسجاماً مع طبيعتها. مثلاً، لا يمكن قبول إنتاج - ١٠ طاولات!

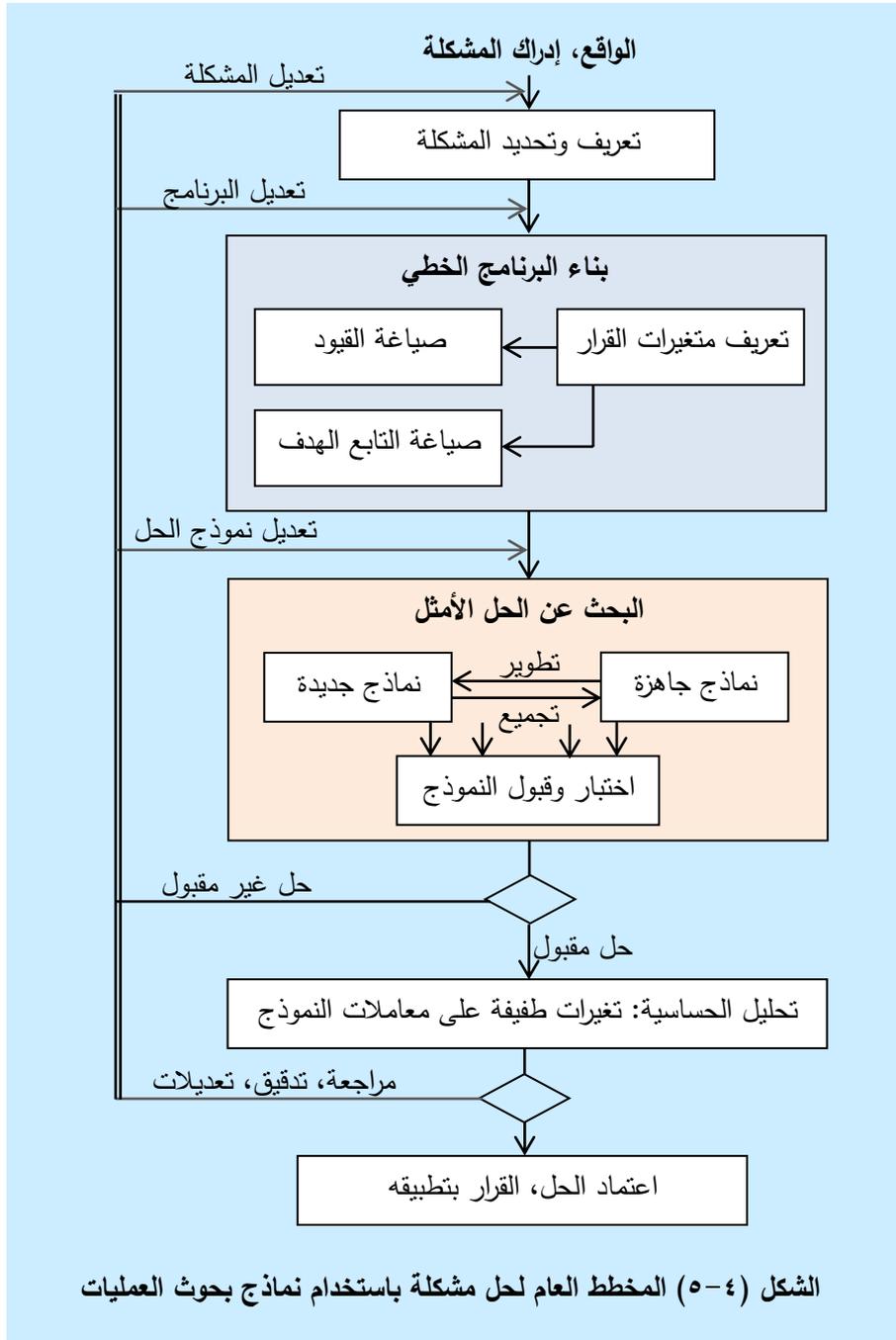
ويأخذ الإطار العام لحل مشكلة برمجة خطية مخططاً منطقياً كما يبين الشكل (٤-٥)، حيث يمكن ملاحظة ثلاثة مستويات:

أ- المستوى الأول: يتعلق بتعريف المشكلة ومتغيراتها،

ب- المستوى الثاني: البحث عن النموذج (الطريقة) المناسب للبحث عن الحل،

ج- المستوى الثالث: يتعلق بقبول نتائج النموذج وتطبيقها.

كما نلاحظ أن هذا المخطط يأخذ بالاعتبار مفاهيم المنظومة، حيث تظهر بوضوح آلية التغذية العكسية *Feedback*، وبالتالي لا يجب النظر إليه كنموذج جامد بل متطور ويأخذ بالاعتبار واقع المشكلة ومنظومة القرار بشكل عام.



الشكل (٥-٤) المخطط العام لحل مشكلة باستخدام نماذج بحوث العمليات

٥-٢ مسألة التوزيع *Optimization Problem*

سنحاول في هذه الفقرة صياغة المشكلة عبر مثال حول مشكلة تمويل استثمار بشكل أمثلي.

قررت شركة مشروع شراء آلات جديدة، يتجاوز حجم المشروع إمكانيات التمويل الذاتي للشركة، ومن أهم مصادر التمويل المتاحة لها: قرض من وكيل الآلات، وقروض مصرفية؛ يشمل كل مصدر تمويل حلاً وسطاً بين أقساط التسديد، ومعدل الفائدة حسب فترة التسديد، للمزيد حول كيفية استخدام البرمجة الخطية في تمويل القروض انظر (رمضان & رشيد، ٢٠١١).

تضع الشركة هدفاً لها: تحديد التوزيع الأمثل بين مختلف مصادر التمويل الممكنة بحيث تكون النفقات المالية أقل ما يمكن وألاً تقع أبداً بعجز في السيولة.

معطيات المسألة:

مبلغ الاستثمار يساوي \$١٤٠,٠٠٠. نفرض بأنه في حال دخول الآلات في نهاية عام ١٩٩٧ ستكون قيد الخدمة الفعلية في نهاية ١٩٩٨ ويبدأ إهلاكها اعتباراً من نهاية ١٩٩٩ بمعدل ٢٥% سنوياً، نفرض أيضاً بأن موجودات الشركة تساوي \$٤٥٠,٠٠٠ وتُهلك على ثلاث سنوات اعتباراً من بداية ١٩٩٧، يتم حساب السيولة في الصندوق في نهاية كل عام وتوزع جميع الأرباح على مالكي الشركة الذين لا يعتزمون زيادة رأس مال الشركة.

مصادر التمويل الممكنة:

- ✓ الوكيل يطلب سلفة تساوي \$٤٠٠,٠٠٠ عند إجراء الطلبية و \$٦٠٠,٠٠٠ كحدّ أدنى عند التسليم، أي يسمح بقرض لا يزيد عن \$٤٠٠,٠٠٠ يدفع على دفعتين (في نهاية ١٩٩٩ وفي نهاية عام ٢٠٠٠) بمعدل فائدة ٥% سنوياً على المبالغ المتبقية.
- ✓ قروض من المصرف قصيرة ومتوسطة الأجل فقط في نهاية ١٩٩٧ أو في نهاية ١٩٩٨ بحسب الشروط الآتية:

القرض قصير الأجل: فترة التسديد سنتان ومعدل الفائدة ٨%

القرض متوسط الأجل: فترة التسديد ٤ سنوات ومعدل الفائدة ١٠%

جميع الفوائد بسيطة وليست مركبة، تمّ تجميع إمكانيات الإقراض ومواعيد الدفع كما يلي:

معدل الفائدة	السنة					مصدر التمويل
	٢٠٠١	٢٠٠٠	١٩٩٩	١٩٩٨	١٩٩٧	
٥ %	X	X				وكيل
٨ %				X	X	قرض قصير الأجل
			X	X		
١٠ %		X	X	X	X	قرض متوسط الأجل
	X	X	X	X		

ما هي متغيرات المسألة؟

يتم حلّ المسألة في حال علمنا المبالغ التي يجب اقتراضها من الوكيل والمصرف، فهذه المبالغ هي إذاً متغيرات المسألة، لنرمز لها كما يلي:

x : المبلغ المقترض من الوكيل.

y_1 : قيمة قرض المصرف قصير الأجل منذ ١٩٩٧.

y_2 : قيمة قرض المصرف قصير الأجل منذ ١٩٩٨.

Z_1 : قيمة قرض المصرف متوسط الأجل منذ ١٩٩٧.

Z_2 : قيمة قرض المصرف متوسط الأجل منذ ١٩٩٨.

تدعى الرموز x, y_1, y_2, Z_1, Z_2 مجاهيل المسألة، أو متغيرات القرار *Decision Variables*، والتي يجب إيجاد قيم لها.

وما هي المعادلات؟

عما تبحت الشركة؟ نعم بأنها تريد تقليل النفقات المالية ولنرمز لها بـ Z ، والتي يعبر عنها بشكل تابع للمجاهيل السابقة:

$$Z = \text{فوائد الوكيل} + \text{فوائد المصرف عن قرض قصير الأجل} + \text{فوائد المصرف عن قرض متوسط الأجل}$$

يجب تفصيل هذه المعادلة بالطرق المعروفة في حساب الفوائد البسيطة أي:

$$Z = 0.05(x+0.5x) + 0.08(y_1+0.50y_1) + 0.08(y_2+0.50y_2) + 0.10(z_1+0.75z_1+0.50z_1+0.25z_1) + 0.10(z_2+0.75z_2+0.50z_2+0.25z_2)$$

يدعى هذا التابع بالتابع الاقتصادي، أو التابع الهدف *Objective Function* الذي يجب إيجاد حدّه الأدنى أي أن تكون النفقات المالية أقل ما يمكن.

ليس هذا فقط، بل إن الشركة لا تريد أن تقع في عجز بالسيولة خلال السنوات القادمة، فكيف يمكن ترجمة هذا الشرط؟ لأجل ذلك يفترض إنشاء جدول بمصادر السيولة واستخداماتها لكل سنة، وتحسب سيولة العام الجاري (أو التدفق f) بالفرق بين المصادر والاستخدامات كما يوضح الجدول [٥-١].

الجدول [٥-١] مثال، جدول التمويل														
العام	المصادر						الاستخدامات							
	بنك متوسط الأجل	بنك قصير الأجل	وكيل	الموجودات		وكيل	قصير أجل من المصرف		متوسط الأجل مكن المصرف		فوائد			
				قديمة	حديثة		قسط	فوائد	قسط	فوائد				
١٩٩٧	z_1	y_1										400	150	
١٩٩٨	z_2	y_2	X									1000	150	
١٩٩٩												0.05 x	350	150
٢٠٠١												0.02 5 x	350	
٢٠٠٢													350	
٢٠٠٣													350	
														اهتلاكات

$$f(1997) = 150000 + y_1 + z_1 - 400000$$

$$f(1998) = 150000 + x + y_2 + z_2 - 1000000 - 0.5 y_1 - 0.08 y_1 - 0.25 z_1 - 0.1 z_1$$

$$f(1999) = 150000 + 350000 - 0.5 x - 0.05 x - 0.5 y_1 - 0.5 y_2 - 0.04 y_1 - 0.08 y_2 - 0.25 z_1 - 0.25 z_2 - 0.075 z_1 - 0.1 z_2$$

$$f(2000) = 350000 - 0.5 x - 0.025 x - 0.5 y_2 - 0.04 y_2 - 0.25 z_1 - 0.25 z_2 - 0.05 z_1 - 0.075 z_2$$

$$f(2001) = 350000 - 0.25 z_1 - 0.25 z_2 - 0.025 z_1 - 0.05 z_2$$

$$f(2002) = 350000 - 0.25 z_2 - 0.025 z_2$$

تعطى السيولة في نهاية كل عام: سيولة العام السابق + تدفق العام الحالي

بعد الاختصارات البسيطة تصبح معادلات السيولة:

$$f(1997) = y_1 + z_1 - 250000$$

$$f(1998) = x + 0.42 y_1 + y_2 + 0.65 z_1 + z_2 - 1100000$$

$$f(1999) = 0.45 x - 0.12 y_1 + 0.42 y_2 + 0.325 z_1 + 0.65 z_2 - 600000$$

$$f(2000) = -0.075 x - 0.12 y_1 - 0.12 y_2 + 0.025 z_1 + 0.325 z_2 - 250000$$

$$f(2001) = -0.075 x - 0.12 y_1 - 0.12 y_2 - 0.25 z_1 + 0.025 z_2 + 100000$$

$$f(2002) = 0.075 x - 0.12 y_1 - 0.12 y_2 - 0.25 z_1 - 0.25 z_2 + 450000$$

يجب أن تكون جميع هذه الكميات غير سالبة (≥ 0). هذا يقود إلى كتابة عدّة متراجحات (أو قيود) مع عدم إغفال أن قيمة مبلغ الوكيل يجب ألا تقلّ عن \$٤٠٠,٠٠٠.

تأخذ المسألة الشكل الآتي:

أوجد x, y_1, y_2, z_1, z_2 بحيث:

$$Z = 0.075 x + 0.12 y_1 + 0.12 y_2 + 0.25 z_1 + 0.25 z_2 \text{ أصغر ما يمكن}$$

تحت القيود الآتية:

$$f(1997) = y_1 + z_1 - 250.000 \geq 0$$

$$f(1998) = x + 0.42 y_1 + y_2 + 0.65 z_1 + z_2 - 1.100.000 \geq 0$$

$$f(1999) = 0.45 x - 0.12 y_1 + 0.42 y_2 + 0.325 z_1 + 0.65 z_2 - 600.000 \geq 0$$

$$f(2000) = -0.075 x - 0.12 y_1 - 0.12 y_2 + 0.025 z_1 + 0.325 z_2 - 250.000 \geq 0$$

$$f(2001) = -0.075 x - 0.12 y_1 - 0.12 y_2 - 0.25 z_1 + 0.025 z_2 + 100.000 \geq 0$$

$$f(2002) = 0.075 x - 0.12 y_1 - 0.12 y_2 - 0.25 z_1 - 0.25 z_2 + 450.000 \geq 0$$

ما تم إنجازه حتى الآن ليس إلا ترجمة للمشكلة من لغة متخذ القرار إلى لغة رياضية، ونقول بأننا طرحنا المسألة رياضياً بالشكل السليم، أي استطعنا بناء نموذج رياضي للمشكلة، حيث ينتمي هذا النموذج إلى فئة البرامج الخطية البسيطة؛ ولإيجاد الحلّ، نلجأ إلى طرق حلّ البرامج الرياضية كما سنرى من خلال دراسة الحالة التعليمية اللاحقة.

٣-٥ البرمجة الخطية (حالة تعليمية)

١-٣-٥ نص ونموذج المشكلة

تُصنع شركة منتجين جديدين A و B في الأسواق. أظهرت دراسة السوق أن عدد زبائن المنتج A لا يتعدّى ١٢٥ ألف في العام و ٣٦٠ ألف للمنتج B . تملك الشركة موازنة محدودة لأجل طرح المنتجين في السوق لا تتجاوز ٦٠٠ ألف ليرة سورية. التكاليف المباشرة هي ٤ ليرة لكل وحدة من A و ١ ليرة لكل وحدة من B . لا تدخل النفقات الثابتة (الإدارة وغيرها) في الموازنة السابقة، وتقول الشركة بأنها لن تتغير مهما كانت الكميات المنتجة من A و B .

من جهة أخرى، يتم تصنيع المنتجين على سلسلتي إنتاج مختلفتين إلا في نقطة واحدة حيث تتم المعالجة على نفس الآلة. زمن العمل هو ٨ ساعات لكل ١٠٠٠ قطعة من A و ٥ ساعات لكل ١٠٠٠ قطعة من B، لأسباب تتعلق بالسوق تريد الشركة طرح المنتجين خلال أقل من عام (نأخذ العام يساوي ٢٠٠٠ ساعة عمل). أخيراً، يتوقع أن يكون ربح المنتج A يساوي ٢ ليرة/القطعة والمنتج B ١ ليرة/القطعة.

ما هي الكميات الواجب إنتاجها من المنتجين A و B من أجل أن يكون الربح الإجمالي (نرمز له ب Z) أكبر ما يمكن؟

صياغة المشكلة

لنرمز لعدد القطع المنتجة من A بـ x_1 و من B بـ x_2 (بالآلاف). أولاً، لا يمكن لـ x_1 و x_2 أن تكونا سالبتين: $x_1 \geq 0$ و $x_2 \geq 0$

بحسب الشروط المفروضة من السوق: $x_1 \leq 125$ و $x_2 \leq 360$

تبلغ التكاليف المباشرة للإنتاج: $1000(x_1 + x_2)$ ويجب ألا تزيد عن ٦٠٠٠٠٠٠ ليرة أي:

$$4x_1 + x_2 \leq 600$$

نفس المناقشة من أجل زمن التصنيع: $8x_1 + 5x_2 \leq 2000$

أخيراً نريد أن يكون الربح الإجمالي أعظم ما يمكن أي: $\text{Max } \{ Z = 2x_1 + x_2 \}$

وتمثل المسألة بشكل برنامج خطي:

	(١)	$\text{Max } \{ Z = 2x_1 + x_2 \}$	التابع الهدف :
			تحت القيود الآتية { 1 } :
مجموعة متراجحات القيود: { 1 }	(٢)	$x_1 \leq 125$	قيد السوق
	(٣)	$x_2 \leq 360$	قيد السوق
	(٤)	$4x_1 + x_2 \leq 600$	قيد الموازنة
	(٥)	$8x_1 + 5x_2 \leq 2000$	قيد الزمن
			$x_2 \geq 0$ $x_1 \geq 0$

ما ندعوه حلاً للبرنامج الخطي (أو للمسألة) هو مجموعة القيم المعطاة للمجاهيل (المتغيرات) بحيث تتحقق المتراجحات {1}، ونقول عن البرنامج أو الحل بأنه قابل للتنفيذ إذا كانت هذه القيم أكبر أو

تساوي الصفر بالإضافة إلى الشرط السابق؛ مثلاً: $x_1 = -100$, $x_2 = 300$ هو حل للمسألة لأن $\{ \}$ محققة، ولكنه غير قابل للتنفيذ، في حين $x_1 = 100$, $x_2 = 200$ هو حلّ قابل للتنفيذ كون x_1 تمثل عدد القطع، ويبقى السؤال هل هو الحل الأمثل؟

٥-٣-٢ الدراسة الاقتصادية

لنحاول مناقشة المسألة من وجهة النظر الاقتصادية.

حيث أن ربح القطعة من A يساوي ٢ ليرة ومن B يساوي ليرة واحدة، فقد يخطر لنا أن ننتج أقصى ما يمكن من A ولا ننتج شيئاً من B أي $x_2 = 0$. لندرس القيود بحسب هذه الفرضية:

$$\text{القيود رقم (٢) يفرض: } x_1 \leq 125$$

$$\text{القيود رقم (٤) يفرض: } x_1 \leq 600/4 = 150$$

$$\text{القيود رقم (٥) يفرض: } x_1 \leq 2000/8 = 250$$

لنفرض إذاً بأننا أنتجنا ١٢٥ ألف من A وبالتالي يكون الربح: $125 x_2 = 250.000$

نلاحظ بأنه لدينا فائض من الموازنة ١٠٠ ألف ليرة ومن الوقت ١٠٠٠ ساعة عمل، يمكن إذاً إنتاج كمية ما من B ، وكما يشير قيد الموازنة فإنه أكثر تقييداً من الوقت الفائض لذلك ننتج ١٠٠ ألف قطعة من B ، في هذه الحالة تنفذ الموازنة، ومع ذلك يبقى لدينا فائض من الوقت.

$$\text{مع } x_1 = 125 \text{ و } x_2 = 100 \text{ يكون الربح الإجمالي يساوي: } 250 + 100 = 350$$

في حال لم ننتج إلاً من المنتج B أي $x_1 = 0$ ، لندرس وضع القيود كما في السابق:

$$\text{القيود رقم (٣) يفرض: } x_2 \leq 360 \text{ هذا الشرط هو الأشد تقييداً}$$

$$\text{القيود رقم (٤) يفرض: } x_2 \leq 600$$

$$\text{القيود رقم (٥) يفرض: } x_2 \leq 400$$

الربح الإجمالي يكون ٣٦٠,٠٠٠، أي أكبر منه في حال لم ننتج إلاً من A رغم أن ربح القطعة من A هو الأكبر؛ يأتي هذا من أن إمكانيات تقبل السوق للمنتج B تساوي تقريباً ضعف إمكانياته لتقبل A ، فيصبح لدينا إذاً: $x_1 = 0$ و $x_2 = 360$

الوقت الفائض المتبقي $2000 - 360 \times 5 = 200$ والموازنة الفائضة $600 - 360 = 240$

ويساوي الربح الإجمالي ٣٦٠,٠٠٠ ليرة، وكما هو واضح هذا الحل قابل للتنفيذ، ولكن ما زال لدينا الفائض من وقت العمل والموازنة، يمكن أيضاً إنتاج ما أمكن من A دون إنقاص x_2 .

يمكن إنتاج A ضمن حدود وقت العمل المتبقي ٢٠٠ ساعة عمل أي $٨/٢٠٠ = ٢٥$ ألف قطعة من A أو ضمن حدود الموازنة الفائضة أي $٤/٢٤٠ = ٦٠$ ألف قطعة من A ، لكن وقت العمل لا يسمح بإنتاج أكثر من ٢٥ ألف فنعتمد هذه الكمية، ونحصل على برنامج أيضاً قابل للتنفيذ، ويسمح بزيادة الربح من أجل $x_1 = 25$ و $x_2 = 360$

الوقت الفائض المتبقي يساوي صفر والموازنة الفائضة تساوي: $240 - 25 \times 4 = 140$

وبالتالي يصبح الربح الإجمالي: $Z = 360 + 25 \times 2 = 410$

لم يعد بالإمكان التصنيع من A دون إنقاص الكمية المنتجة من B ؛ لندرس هذه الحالة لنرى ماذا يمكن أن نستفيد؟ لنخفض كمية B بمقدار ١٠ آلاف قطعة مثلاً:

ينقص الربح الإجمالي بمقدار $10 \times 1 = 10$ ونحقق توفير في الوقت يساوي ٥ ساعات $١٠ \times ٥ = ٥٠$ ساعة عمل وتوفير في الموازنة يساوي $١٠ \times ١ = ١٠$ آلاف ليرة. في هذه الحالة، يمكن زيادة إنتاج A ضمن حدود الوقت المتوفر (الوفر في الموازنة ليس له تأثير لأنه كان لدينا فائض قبل التعديل)، هذا التوفير في الوقت يسمح بإنتاج كمية من A تساوي $٨/٥٠ = ٦,٢٥$ ألف قطعة مما يسمح بزيادة الربح على A والإجمالي بمقدار $٢ \times ٦,٢٥ = ١٢,٥٠$ ألف ليرة وبالتالي يصبح الربح الإجمالي:

$$410 - 10 + 12.50 = 412.500$$

نجحنا إذاً في زيادة الربح عن طريق التبديل بين إنتاج ١٠ آلاف قطعة من B وإنتاج ٦,٢٥ ألف قطعة من A ، باعتبار أن تخفيض الإنتاج من B وزيادته من A مريح، فإلى أي نقطة يمكننا إجراء هذا التبديل؟

يجب طبعاً احترام القيد $x_1 \leq 125$ ولكن رأينا أن إنتاج هذه الكمية من A ليس أفضل من غيره ولذلك اتجهنا للإنتاج من B وفي الحالة الثانية لدينا ١٢٥ ألف فائض من الموازنة.

عندما نخفض إنتاج B بألف قطعة نوفر ١ ألف ليرة، ويمكن بفضل الوقت المتوفر إنتاج ٠,٦٢٥ ألف

قطعة من A بكلفة $0,625 \times 4 = 2,5$ ليرة للقطعة أي تزداد النفقات بمقدار $2,5 - 1 = 1,5$ ليرة وباعتبار أن فائض الموازنة يساوي 140 ألف فيمكن زيادة إنتاج A بمقدار $(140/1.5) \times 0.625$ أي:

$$(140 \times 5)/12 = (140/1.5) \times ((25/4)/10)$$

هذا يؤدي إلى تخفيض إنتاج B بمقدار $280/3 = 140/1.5$ ونجد الحل الآتي:

$$. x_1 = 25 + (140 \times 5)/12 = 250/3$$

$$. x_2 = 360 - 280/3 = 800/3$$

• الوقت المتبقي :

• الميزانية المتبقية:

$$\text{الربح الإجمالي: } (2 \times 250)/3 + 800/3 = 1300/3$$

لنحسب في هذه الحالة الربح الهامشي الناتج عن تخفيض إنتاج B بمقدار 10 آلاف مثلاً:

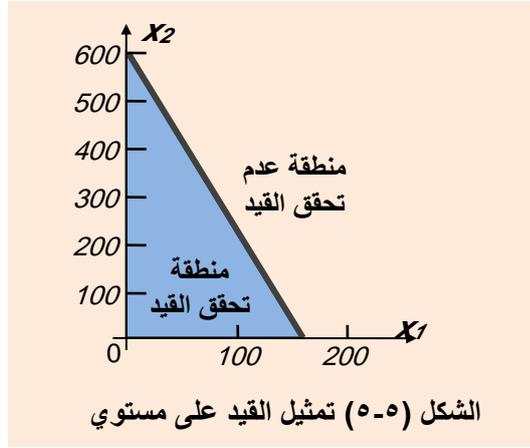
هامش ربح B ينقص بمقدار 10 آلاف ليرة، نوفر 50 ساعة عمل و 10 آلاف ليرة. التوفير في الوقت يسمح بإنتاج $8/50$ أي $6,25$ ألف قطعة من A والتوفير في الموازنة يسمح بإنتاج $4/10$ أي $2,5$ ألف قطعة من A وبالتالي لا يمكننا إنتاج أكثر من $2,5$ ألف من A ، مما يؤدي إلى زيادة الربح من طرف A بمقدار $2,5 \times 2 = 5$ آلاف ليرة، ولكن الربح الإجمالي ينقص بمقدار $5 - 10 = -5$ ألف ليرة، وباعتباره سالب، لم يعد بالإمكان تحسين الربح الإجمالي أي وصلنا إلى حدّ الأعظمي، القيم الأخيرة التي حصلنا عليها تشكل أفضل حل قابل للتنفيذ وهو ما ندعوه بالحلّ الأمثل *Optimal Solution*.

٥-٣-٣ الدراسة البيانية

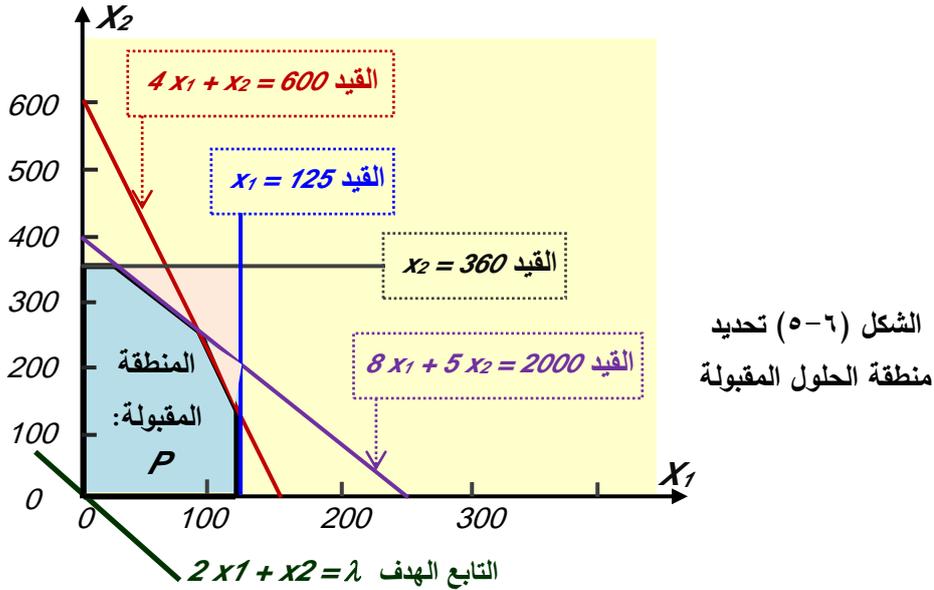
باعتبار أن المسألة لا تحوي إلا مجهولين x_1 و x_2 فيمكن تمثيلها على مستوي من محورين.

يمكن استيفاء كل متراجحة خطية من المتراجحات السابقة {1} في أحد نصفي المستوي المحدود بالمستقيم المرسوم عندما نستبدل التراجح بالتساوي، وهكذا يمكن استيفاء القيد رقم ٤: $x_1 + x_2 \leq 600$

في المنطقة المحددة بالمستقيم $4x_1 + x_2 = 600$ والذي يحوي مبدأ الإحداثيات كما يوضح الشكل (٥-٥)، مع الانتباه إلى أن x_1 و x_2 هي مقادير موجبة.



عندما نرسم مجموعة القيود على المستوي، فإنها تحدد منطقة محصورة بمستقيمات القيود هي في الواقع مجموعة الحلول القابلة للتنفيذ المحددة كما يبين الشكل (٥-٦).



نشير إلى أن الشكل الذي حصلنا عليه يدعى مضلع محدب ونرمز له بـ (P) ، يجب البحث الآن لإيجاد القيمة العظمى للربح أي للتابع $Z = 2x_1 + x_2$ على هذا الشكل. نلاحظ بأن جميع المستقيمات $2x_1 + x_2 = \lambda$ حيث λ معامل متغير، هي مستقيمات متوازية فيما بينها (لها نفس الميل)، جعل الربح أعظمي يعني الاختيار من بين هذه المستقيمات، المستقيم الذي يقطع المضلع والأبعد عن مبدأ الإحداثيات، ونلاحظ على الشكل بأن هذا المستقيم هو الذي يمر من النقطة رقم ٣، وهي نقطة التقاطع

بين القيدتين:

$$(٤) \quad 4x_1 + x_2 \leq 600 \quad \text{قيد الموزانة}$$

$$(٥) \quad 8x_1 + 5x_2 \leq 2000 \quad \text{قيد الزمن}$$

وبحل جملة المعادلتين، نجد $x_1 = 250/3$ و $x_2 = 800/3$ ، وقيمة التابع الهدف $Z = 1300/3$.

لا يمكن استخدام هذه الإجرائية البيانية في حال لدينا عدد كبير من المجاهيل والمتراجحات، وذلك لعدم القدرة على تمثيلها بيانياً.

لنلخص المسألة والنتائج:

لدينا مسألة تحوي n مجهول x_1, x_2, \dots, x_n و m متراجحة:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{1i}x_i + \dots + a_{1n}x_n \leq C_1$$

⋮

{1}

$$a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + a_{ji}x_i + \dots + a_{jn}x_n \leq C_j$$

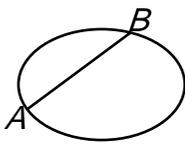
⋮

⋮

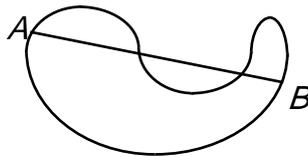
$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{mi}x_i + \dots + a_{mn}x_n \leq C_m$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

تحدد مجموعة القيود هذه في فضاء بـ n بعد شكل يدعى مضلع محدب، ونقول عن فضاء بأنه محدب إذا كان من أجل كل نقطتين A, B تنتميان إلى الفضاء، فإن كل نقطة تقع بينهما تنتمي إلى الفضاء:



مجموعة محدبة



مجموعة غير محدبة

يكتب التابع المطلوب تأويله بالشكل الآتي:

$$Z = b_1x_1 + b_2x_2 + b_ix_i + b_nx_n$$

يأخذ هذا التابع قيمته المثلى على حدود المضلع المحدب المعرف بالقيود، وبالتحديد على إحدى نقاط تقاطع القيود، وتدعى قمة أو ذروة *Summit* للمضلع إلا في حالات استثنائية، يمكن إذا استنتاج منطق الطريقة الذي تسمح بإيجاد هذه القيمة المثلى: نحسب إحداثيات كل ذرى المضلع وقيم Z الموافقة لها ومن ثم نأخذ القيمة الأكبر من بينها. للأسف، هذه الطريقة غير قابلة للتطبيق لأن عدد

الذرى يزداد بشكل جنوني^(٢٨) مع ازدياد عدد المجاهيل وعدد القيود، لذلك يجب البحث عن إجرائية تقربنا خطوة خطوة من هذه القيمة حتى نصل إليها، تدعى مثل هذه الإجرائية بالخوارزمية .Algorithm

أثناء الدراسة الاقتصادية، كنا ننتقل من حالة إلى أخرى مع تحسين الربح الاقتصادي في كل مرة، لو فحصنا عن قرب الحالات التي مررنا بها لنجد بأنها تعبر عن ذرى المضلع وبالتالي كنا ننتقل من ذروة إلى أخرى، يمكن الاعتماد على مبدأ المعالجة الاقتصادية هذا ليكون قاعدة انطلاق نحو الإجرائية التي نبحث عنها: الانتقال من ذروة إلى أخرى، والقاعدة التي تحكم هذا الانتقال هي كون الربح الهامشي الناتج من التبديل موجباً، لنحاول تطبيق هذا المبدأ بإعطائه شكلاً جبرياً.

٥-٣-٤ الحل الجبري

لتسهيل الحسابات، لنترك القيدين $x_1 \leq 125$ و $x_2 \leq 360$ جانباً وفي جميع الأحوال ليس لها أي دور في حساب القيمة العظمى للربح Z. لدينا إذاً:

$$\text{Max } \{ Z = 2x_1 + x_2 \} \quad (1)$$

تحت القيود:

$$8x_1 + 5x_2 \leq 2000 \quad (2) \text{ قيد الزمن}$$

$$4x_1 + x_2 \leq 600 \quad (3) \text{ قيد الميزانية}$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

باعتبار أن التعامل مع معادلات في الجبر أسهل من التعامل مع متراجحات، سندخل مجهولين اصطناعيين x_3 و x_4 لتحويل المتراجحتين (٢) و (٣) إلى معادلات:

$$(2') \quad 8x_1 + 5x_2 + x_3 = 2000$$

$$(3') \quad 4x_1 + x_2 + x_4 = 600$$

$$x_3 \geq 0$$

$$x_4 \geq 0$$

^{٢٨}. هذا ما يدعى بالانفجار التوافقي: *combinatory Explosion* (مثال، مسألة الشطرنج)

تعبر هذه المجاهيل الاصطناعية أو الوهمية عن الفرق بين طرفي المتراجحة، ولذلك ندعوها أحياناً بمجاهيل الفرق *Slack Variables*.

نلاحظ على الشكل البياني بأنه في كلّ ذروة من ذرى المضلع هناك إحداثيتان معدومتان من الإحداثيات x_1, x_2, x_3, x_4 . هذه إحدى الخواص العامة للمضلع المحدبة المعرفة بـ m متراجحة تحوي n مجهول حيث $n > m$: ذرى المضلع لها $m-n$ إحداثية معدومة و فقط الذرى لديها هذه الخاصية. كل حلّ يحوي $m-n$ مجهول معدوم ندعوه حلّ قاعدي أو برنامج أساسي *Basic Solution*، أي يوافق إحدى ذرى المضلع. يمكن الاستنتاج حالياً بأن كل حل مثالي للمسألة هو حل أساسي أو قاعدي.

في المثال السابق، يمكن بسهولة إيجاد حل قاعدي: $x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 2000, x_4 = 600$. تمثل هذه النقطة مبدأ الإحداثيات O وفي هذه النقطة تكون $Z = 0$ حيث $Z = 2x_1 + x_2$ وبالتالي فإن إعطاء أية قيمة موجبة لـ x_1 أو x_2 يؤدي إلى زيادة قيمة Z ، وهذا ناتج من كون الأرباح الهامشية لكلا المجهولين موجبة: $\Delta Z/\Delta x_1 = 2 > 0$ و $\Delta Z/\Delta x_2 = 1 > 0$ لنبحث إذاً عن حل يكون لدينا $x_1 = 0$ و $x_2 > 0$ ، يمكن ذلك من (٢) بجعل $x_3 = 0$ فنحصل على $x_2 = 2000/5 = 400$ ومن (٣) نحصل على قيمة جديدة لـ x_4 : $400 = 20 - x_4 = 600$.

وجدنا إذاً برنامجاً أساسياً جديداً يوافق ذروة جديدة من المضلع، في هذه النقطة $Z = 400$. نلاحظ بأنه من أجل زيادة Z والانتقال من حل قاعدي إلى الحل التالي، فقد ألغينا مجهولاً غير معدوم وأظهرنا مجهولاً معدوماً بجعله موجباً، المجاهيل الأخرى تبقى موجبة في حال كانت كذلك أو معدومة.

للاختيار من بين المجاهيل المعدومة، ما نريد أن نجعله موجباً، يجب أن يكون ربحه الهامشي في التابع الاقتصادي موجباً ولذلك يجب اختيار مجهول معاملة في التابع الاقتصادي موجباً، لأنه يسبب في زيادة الربح، وإعادة كتابة التابع Z بدلالة x_1 و x_3 :

$$\text{من (٣) نجد: } x_2 = 2000/5 - x_3/5 - 8x_1/5 \quad (٤)$$

$$\text{ومنه } Z = 400 + 2/5 x_1 - x_3/5 \quad \text{أي: } Z = 400 - x_3/5 - 8x_1/5 + 2x_1 \quad (٦)$$

من أجل زيادة Z من $Z = 400$ ، يجب اختيار $x_1 > 0$ والمحافظة على $x_3 = 0$ ولكن إلى أي نقطة

يمكن زيادة x_1 ؟

من المعادلة (٤) نجد من أجل $x_3 = 0$: $8/5 x_1 - x_2 = 400$ فأقصى قيمة يمكن إعطاؤها لـ x_1 هي ٢٥٠، ولكن يجب الأخذ بالاعتبار القيد الثاني (٣٤) الذي يحوي x_4 و $x_2 \neq 0$ و x_1 الذي نريد جعله موجباً، كما نلاحظ من هذا القيد يصعب دراسة تأثيرات زيادة x_1 ولذلك ندرس التأثيرات على x_4 ، الأبسط هو التعبير عن x_4 بدلالة x_3 و x_1 . من (٤) و (٣٤):

$$(٥) \quad x_4 = 200 - 12/5 x_1 + x_3/5 \quad \text{أو} \quad x_4 = 600 - 4 x_1 - [400 - x_3/5 - 8/5 x_1]$$

يمكن حالياً جعل $x_3 = 0$ ملاحظة بأن أكبر قيمة يمكن إعطاؤها لـ x_1 هي تلك التي تعدم x_4 أي: $x_1 = 250/3 = 83.33$

يجب استيفاء المعادلتين (٤) و (٥) بنفس الوقت والمكافئتين لـ (٢٤) و (٣٤) ولذلك يجب اختيار قيمة لـ x_1 الأصغر من القيمتين الحديتين المحسوبتين أعلاه أي: $x_1 = 250/3$ فنحصل على الحالة الآتية:

$$x_1 = 250/3$$

$$x_2 = 400 - 8/5 x_1 = 400 - 400/3 = 800/3$$

$$x_3 = x_4 = 0$$

$$Z = 400 + 2/3 x_1 = 400 + 100/3 = 1300/3$$

هذا هو الحل المثالي الذي حصلنا عليه بيانياً.

لنضع حالياً النقاط على الحروف حول هذه الطريقة:

أ- نعتبر عن Z بدلالة مجاهيل معدومة (تدعى أحياناً مجاهيل غير أساسية).

ب- نختار مجهولاً معدوماً من بين المجاهيل التي يكون معاملاتها موجبة.

ج- نزيد قيمة هذا المجهول حتى يصبح مجهولاً آخر غير معدوم (أو أساسي) معدوماً. المجاهيل الأخرى تبقى أكبر من الصفر، لأجل ذلك يجب التعبير مسبقاً عن المجاهيل الأساسية بدلالة المجاهيل غير الأساسية.

لنطبق هذه القواعد على البرنامج الأخير الذي حصلنا عليه:

يجب التعبير عن Z بدلالة x_3 و x_4 :

$$(٦) \quad Z = 400 + 2/5 x_1 - x_3/5$$

$$x_1 = 5/12 [200 - x_4 + x_3/5] \text{ تعطي (٥)}$$

$$Z = 400 + 2/5 [250/3 - 5/12 x_4 + x_3/12] - x_3/5 \text{ ومنه}$$

$$Z = 400 + 100/3 - x_4/6 - x_3/6$$

نستنتج بأن معاملات x_3 و x_4 سالبة، وبالتالي فإن جعل x_3 أو $x_4 < 0$ يؤدي إلى إنقاص Z وليس إلى زيادتها مما يسمح لنا بالقول بأننا وصلنا للحل الأمثل.

نعيد دوماً نفس سلسلة الحسابات السابقة حتى نصل إلى مرحلة، حيث تصبح جميع المعاملات في التابع الاقتصادي سالبة.

ما فعلناه في هذه الفقرة هو في الواقع إيجاد مبادئ طريقة لإيجاد الحل الأمثل، ومعروفة في جميع مراجع بحوث العمليات بخوارزمية السيمبلكس *Simplex*.

٥-٤ خوارزمية *Simplex* لحل برنامج خطي

٥-٤-١ شرح الخوارزمية

كما أشرنا في السابق إلى أن زيادة عدد المجاهيل أو المتراجحات يؤدي إلى زيادة جنونية في كمية الحسابات المطلوب إجرائها، ولذلك فكر عالم الرياضيات *Dantzig* (١٩٥١) في خمسينيات القرن الماضي بوضع طريقة للحل بأقل عدد ممكن من الحسابات، لنرى كيفية إجراء هذه الحسابات عملياً وتخفيضها قدر المستطاع، مع الإشارة إلى توفر الكثير من البرمجيات المعلوماتية في الأسواق تتضمن هذه الطريقة ومنها برنامج *MS Excel*.

$$(١) \quad \text{المسألة هي: } \{ Z = 2x_1 + x_2 \} \text{ Max}$$

تحت القيود:

$$(٢) \quad 8x_1 + 5x_2 + x_3 = 2000$$

$$(٣) \quad 4x_1 + x_2 + x_4 = 600$$

نعيد كتابة المعادلة الأولى بنفس شكل المعادلتين الأخريين: $Z - 2x_1 - x_2 = 0$

تمثل المعادلات الثلاث السابقة بشكل جدول:

- ✓ عمود رقم (٠) للطرف الثاني من المعادلات،
- ✓ عدد أعمدة أخرى بعدد المجاهيل،
- ✓ سطر Z للتابع الاقتصادي،
- ✓ عدد أسطر أخرى بعدد المجاهيل الأساسية.

نضع في نقطة تقاطع عمود وسطر معامل المجهول الموافق للعمود المعني والموجود في معادلة سطر

المعادلة المعنية، حيث يُكتب في المثال السابق كما يلي:

	(٠)	x_1	x_2	x_3	x_4
x_3	٢٠٠٠	٨	٥	١	٠
x_4	٦٠٠	٤	١	٠	١
Z	٠	٢-	١-	٠	٠

لزيادة Z يجب جعل مجهول غير أساسي موجباً أي مجهولاً يكون معاملُه موجباً في تعبير Z. في حالة الكتابة السابقة، يجب اختيار مجهول انطلاقاً من سطر Z يكون معاملُه سالباً، لنأخذ x_2 مثلاً؛ فمن أجل أن نعلم حتى أية قيمة يجب زيادة x_2 ، نأخذ أصغر قيمة محسوبة من المعادلات: $2000 = 5x_2$ و $600 = x_2$

هذا مكافئ لنسب ثوابت العمود (٠) على ثوابت العمود x_2 وأخذ أصغر قيمة في الجدول السابق، نجد هنا بأن المجهول الذي سيعدم هو x_3 . يبقى أن الطريقة التي تسمح باستنتاج جدول الحالة الجديدة من الجدول السابق أي $x_1 = x_2 = 0$ و $x_3, x_4 > 0$.

لإيجاد الصيغ الرياضية المطلوبة، سنحاول صياغة المسألة البسيطة السابقة بشكل رموز:

	(٠)	x_1	x_2	x_3	x_4
x_3	c_1	a_{13}	a_{23}	١	٠
x_4	c_2	a_{14}	a_{24}	٠	١
Z	a_0	$-b_1$	$-b_2$	٠	٠

حيث $c_1, c_2, a_0 > 0$ وكذلك $(-b_2 < 0)$ و $b_2 > 0$ وأخيراً $c_1/a_{23} < c_2/a_{24}$ ، يجب إذاً جعل $x_2 > 0$ حتى ينعدم x_3 ، وتصبح منظومة المعادلات الممثلة في الجدول هي:

$$(١) \quad x_3 + a_{13} x_1 + a_{23} x_2 = c_1$$

$$(٢) \quad x_4 + a_{14} x_1 + a_{24} x_2 = c_2$$

$$(٣) \quad Z - b_1 x_1 - b_2 x_2 = a_0$$

يجب حالياً التعبير عن x_2 و x_4 و Z بدلالة x_1 و x_3 ، من المعادلة الأولى نجد:

$$(٤) \quad 1/a_{23} x_3 + a_{13}/a_{23} x_1 + x_2 = c_1/a_{23}$$

أي يخرج سطر x_3 ويدخل بدلاً عنه سطر لـ x_2 ومن المعادلة الأخيرة (٤) نرى كيف يجب أن يكتب سطر x_2 الجديد:

$$(٠) \quad \begin{array}{cccccc} & x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & \\ x_2 & c_1/a_{23} & a_{13}/a_{23} & 1 & 1/a_{23} & . \end{array}$$

بمقارنة هذا السطر مع سطر x_3 في جدول البداية، نجد بأنه يمكن استنتاجه بسهولة بتقسيم معاملات سطر x_3 على المعامل a_{23} الذي يقع على تقاطع x_2 (المجهول الداخل) و x_3 (المجهول الخارج)، يدعى هذا العنصر بالمحور *Pivot*.

يمكن تعميم هذه الخاصية بسهولة: ليكن لدينا برنامج خطي، بعد تحويل المتراجحات إلى معادلات، كما رأينا هناك n مجهول و m قيد، فهناك معادلة واحدة فقط تحوي المجهول الأساسي الذي ينعدم. للحصول في هذه المعادلة على معامل يساوي الواحد للمجهول غير الأساسي الذي يجب جعله موجباً، يكفي تقسيم كل المعاملات على معامل المجهول غير الأساسي والذي دعونه بالمحور، وهكذا نكون قد حصلنا على قاعدة المرور من حالة إلى أخرى من حيث المبدأ أفضل من السابقة.

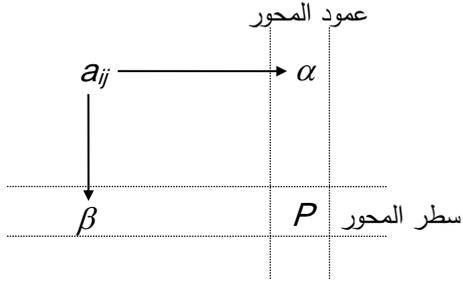
لنعد إلى مسألتنا، في المرحلة التالية يجب التعبير عن المجهول x_4 بدلالة x_1 و x_3 ولذلك نستبدل x_2 في (٢) بقيمتها المحسوبة في (٤) فنجد:

$$x_4 + [a_{14} - (a_{24} \cdot a_{13}/a_{23})] x_1 - a_{24}/a_{23} x_3 = c_2 - c_1 a_{24}/a_{23}$$

هذا يسمح برؤية كيف يمكن استنتاج سطر x_4 الجديد من القديم:

(a) المعامل الموجود في عمود المحور يصبح صفر

(b) من أجل أي عنصر آخر a_{ij} ، نطرح منه قيمة تساوي $\alpha \cdot \beta / P$ معرفة بالشكل التالي:



P : قيمة المحور

α : العنصر الموجود في نفس

سطر a_{ij} و نفس عمود P

β : العنصر الموجود في نفس عمود a_{ij}

ونفس سطر P

تطبق هذه القاعدة على كل الأسطر والأعمدة بما فيها سطر Z والعمود (٠).

لنرى ذلك من أجل سطر Z : نستبدل قيمة x_2 في (٣) بالقيمة المحسوبة في (٤):

$$Z - b_1 x_1 - b_2 [c_1/a_{23} - 1/a_{23} x_3 - a_{13}/a_{23} x_1] = a_0$$

$$Z - [b_1 - b_2 a_{13}/a_{23}] x_1 + b_2/a_{23} x_3 = a_0 + b_2 c_1/a_{23}$$

أي أن القاعدة السابقة محققة.

لنعد حالياً إلى مسألتنا ولنطبق هذه الطريقة بالتدرج:

جدول الانطلاق:

	(٠)	x_1	x_2	x_3	x_4
x_3	٢٠٠٠	٨	٥	١	٠
x_4	٦٠٠	٤	١	٠	١
Z	٠	-2	-1	٠	٠

لاختيار المجهول الذي سيدخل القاعدة: نختاره من خلال قيم المعاملات السالبة لـ Z وليكن x_2 ، ولاختيار المجهول الذي سيخرج من القاعدة: نختار من عمود x_2 المجهول الذي يقابل أكبر قيمة للمعامل وهي هنا ٥ وبالتالي نكون قد حددنا المحور، حيث يُؤشّر بسهم على عمود المجهولين الداخل والخارج ويحاط المحور بدائرة أو مربع.

الجولة التالية، نقسم سطر المحور على ٥، ونعدم جميع عناصر عمود المحور، وذلك بطرح سطر المحور من الأسطر الباقية كل لوحده بحيث نحصل على الصفر المطلوب (مع الانتباه الشديد على الإشارة الجبرية، وقيمة المعامل المطلوب تصفيره). مثلاً: تم الحصول على قيم سطر x_4 بطرح سطر المحور بعد تقسيمه على ٥ من قيم سطر x_4

x_4	600	4	1	0	1
-	400	8/5	1	1/5	0
=	200	12/5	0	- 1/5	1

فحصل على الجدول الجديد التالي:

(٠)	x_1	x_2	x_3	x_4	
x_2	400	8/5	1	1/5	0
x_4	200	12/5	0	- 1/5	1
Z	400	- 2/5	0	- 1/5	0

نعيد إجراء نفس الإجرائية السابقة تماماً فنحصل على جدول الجولة الثالثة:

(٠)	x_1	x_2	x_3	x_4	
x_2	800/3	0	1	1/3	- 2/3
x_1	250/3	1	0	- 1/12	5/12
Z	1300/3	0	0	1/6	1/6

باعتبار أن جميع ثوابت Z أصبحت موجبة فنكون قد وصلنا إلى الحل المثالي.

كيف نقرأ الحل من الجدول؟

في عمود Z نجد ما دعيناه مجاهيل القاعدة، قيمة كل مجهول نأخذها من العمود (٠) إن وجد في القاعدة وإن لم يكن موجوداً فقيمه تساوي الصفر، القيمة العظمى للتابع الاقتصادي (الربح في هذه الحالة) هي القيمة المقابلة لـ Z في العمود (٠). الحل المثالي هو إذاً:

$x_1 = 250/3$	$x_2 = 800/3$	$x_3 = 0$	$x_4 = 0$
$Z = 1.300/3$			

٥-٤-٢ تمرين على خوارزمية Simplex

لنطبق خوارزمية simplex مباشرةً على المثال التالي:

$$\text{Min } \{ Z = 4x_1 + 3x_2 \}$$

ضمن القيود: $x_1, x_2 > 0$

$$2x_1 + x_2 \leq 12$$

$$x_1 + 2x_2 \leq 12$$

نعيد كتابة المتراجحات بمعادلات وذلك بإدخال مجاهيل الفرق (الاصطناعية):

$$2x_1 + x_2 + x_3 = 12$$

$$x_1 + 2x_2 + x_4 = 12$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 > 0$$

نضعها في جدول ومن ثم نحدد المحور: يدخل x_1 (معامله في Z هو الأكبر بالقيمة المطلقة) إلى

القاعدة ويخرج x_3 (معامله في العمود هو الأكبر)

	(٠)	x_1	x_2	x_3	x_4
x_3	12	2	1	1	0
x_4	12	1	2	0	1
Z	0	-4	-3	0	0

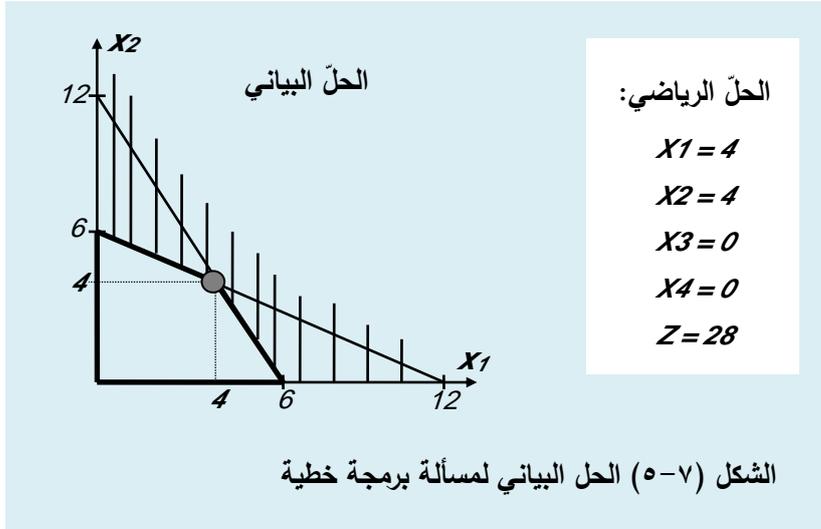
الجولة الأولى: تقسيم سطر x_3 على ٢ وتصفير جميع قيم عمود المحور ولتحديد محور جديد:

	(٠)	x_1	x_2	x_3	x_4
x_1	6	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0
x_4	6	0	$\frac{3}{2}$	$-\frac{1}{2}$	1
Z	24	0	-1	2	0

نعيد نفس الحسابات السابقة على المحور الجديد فنجد الحل المثالي:

	(٠)	x_1	x_2	x_3	x_4
x_1	4	1	0	$\frac{2}{3}$	$-\frac{1}{3}$
x_4	4	0	1	$-\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$
Z	28	0	0	$\frac{5}{3}$	$\frac{2}{3}$

نجد على الشكل (٥-٧) كيفية الحصول على الحل بيانياً.



٥-٤-٣ ملاحظات حول استخدام خوارزمية Simplex

تتبع أغلب الانتقادات على استخدام نماذج البرمجية الخطية من الفرضيات القاسية التي يجب أن تتحقق في المشكلة وهي صعوبة التحقق في الواقع دون مستوى عالي من تعقيد البرنامج (Baillageon, 1996).

(١) نفترض بأن جميع المتغيرات مستقلة: في الواقع، هذه الفرضية ليست دوماً محققة ومع ذلك يجب أن نبحث عن شروط تحقيقها.

(٢) جميع التوابع (القيود والتابع الهدف) خطية، أي أن المتغيرات تزداد أو تنقص بشكل نسبة خطية مهما كانت قيمها، مع تقريب معقول يمكن صياغة معظم مشكلات القرار على شكل توابع خطية.

(٣) نفرض عادةً الطرف الثاني في المعادلات c_j بأنها موجبة، فإن لم يكن كذلك يكفي ضرب المعادلة بـ ١- للحصول على طرف ثاني موجب.

(٤) كذلك نفرض بأن x_j موجبة وهي في الواقع العملي غالباً محققة كونها تمثل عناصر ذات معنى في الواقع، فإن لم يكن كذلك يمكن إجراء بعض التحويلات مثلاً: $x_j = x_{j1} - x_{j2}$ مع $x_{j1} > 0$ و $x_{j2} > 0$.

(٥) نفرض أيضاً بأن الـ m معادلة مستقلة عن بعضها، هذه أيضاً فرضية واقعية ليس لها تأثير فعلي،

لكنها مهمة من الناحية النظرية لعمل النماذج، إن يكن الحال كذلك، فهذا يعني أن بعض المعادلات هي تركيبة خطية لبعضها الآخر، أي أن تحقيق الأولى يؤدي بشكل حتمي إلى تحقيق الثانية، وبالتالي لا يوجد ضرورة لأخذها بالاعتبار.

(٦) نفرض بأن عدد معادلات القيود أكبر من عدد المجاهيل وهذا أساسي، في الحقيقة لو كان العكس وباعتبار أن هذه المعادلات مستقلة خطياً فالجملة لا تقبل أي حلّ، ولا يوجد هناك مسألة أمثلية، في حال كونها متساويين فالجملة تقبل حل واحد ووحيد فقط ولم يعد لمسألة الأمثلية قيمة فعلية.

(٧) نفرض أن القيود يمكن التعبير عنها بمعادلات، وفي حال تواجد بعض المتراجحات فيمكن تحويلها إلى معادلات بإضافة مجاهيل الفرق كما رأينا في طريقة *Simplex*.

(٨) في العديد من المشكلات، قد نكون أمام حالات تبدو متناقضة أو صعبة الحل، وبالتالي يصعب تطبيق الطرق المتعارف عليها، ويجب البحث عن نماذج خاصة، من هذه الحالات:

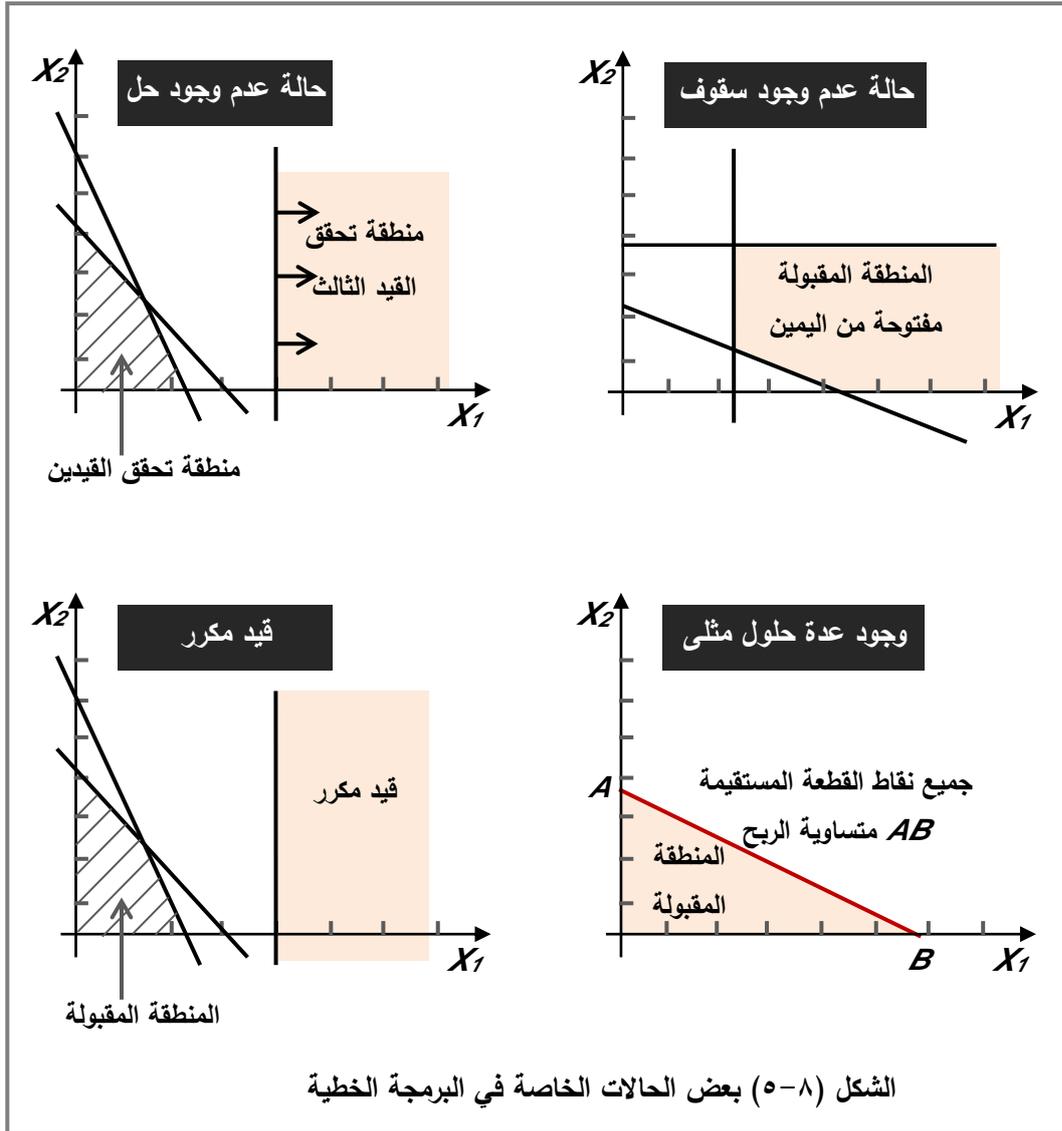
أ- عدم وجود منطقة حلول مقبولة *Infeasible*.

ب- عدم وجود سقف *Unboundedness*.

ج- تكرار القيود *Redundancy*.

د- وجود عدة حلول مثلى *Alternate Optimal Solutions*.

ويبين الشكل (٨-٥) تمثيلاً بيانياً لهذه الصعوبات.

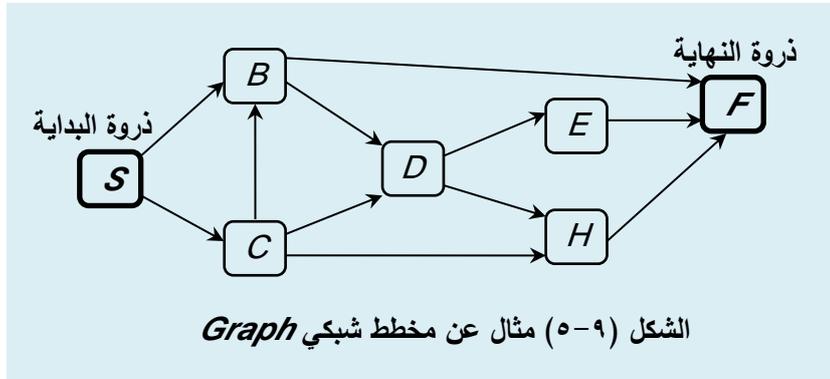


٥-٥ مسألة الترتيب باستخدام PERT

تُعتبر مسألة ترتيب مجموعة من الخيارات أو المهام أو العناصر من المسائل الهامة في صناعة القرارات، ولاحظنا أن معظم النماذج التي تعرضنا لها حتى الآن تبدو وكأنها مسألة ترتيب للبدائل، سنحاول في هذه الفقرة حل مسألة ترتيب مهام المشروع باستخدام خوارزمية PERT^(٢٩)، كما يمكن للقارئ الاستزادة عن إدارة المشاريع من خلال دليل إدارة المشروعات PMBOK الصادر عن معهد إدارة المشروعات في الولايات المتحدة الأمريكية (PMI-PMBOK, 2013).

١-٥-٥ مفاهيم المخطط الشبكي والمسار الحرج

تستند طريقة PERT إلى مفاهيم المخططات الشبكية *Graph Theory* (Stauber et al., 1959)، والمخطط الشبكي هو مجموعة من الذرى متصلة بمسئقيات موجّهة (أسهم)، وعادةً ما يكون لديه ذرتي بداية *Start*، أي لا يوجد أي سهم داخل إليها، ونهاية *Finish* أي لا يوجد أي سهم خارج عنها. يرمز له بالشكل $G = (U, V)$ حيث U : مجموعة الذرى، و V : مجموعة الأسهم التي تصل بين الذرى كما يوضح الشكل (٥-٩).



يمكن تمثيل المخطط الشبكي جبرياً على شكل مصفوفة $M[I,J]$ ، حيث توضع إشارة + (أو ١) في

^{٢٩}. وُضعت طريقة لتخطيط المشاريع المعقدة دعيت بـ *PERT* (Program Evaluation Research Task) وذلك بالاستناد إلى مفاهيم المخططات الشبكية *Graph Theory*، في خمسينيات القرن الماضي أثناء التخطيط لبناء منظومة صواريخ *Polaris* ونشرها في أوروبا الشرقية بأسرع وقت.

حال هناك ارتباط و إشارة - (أو ٠) في حال عدم وجوده، حيث يبين الجدول [٢-٥] التمثيل المصفوفي للمخطط السابق.

الجدول [٢-٥] تمثيل المخطط الشبكي جبرياً							
من إلى	الأعمدة: ذرى البداية (I)						
	A	B	C	D	E	F	G
A		١	١				
B				١			١
C		١		١		١	
D					١	١	
E							١
F							١
G							

المسار *Path* هو تتالي مستمر لأسهم، ويُعطى في بعض الحالات طول السهم الذي يصل بين الذروة i والذروة j : t_{ij} ويمكن أن يكون مسافة أو زمن تنفيذ المهمة، ويعرف في هذه الحالة طول المسار كمجموع أطوال الأسهم المكونة له، ويعرف المسار الحرج *Critical Path* بأنه الطريق الأطول (أو الأقصر حسب الحالة) الذي يصل بين ذرتي البداية والنهاية.

تستعمل طريقة *PERT* مخططات شبكية لها بعض الخصائص المميزة:

- أ- تمثل كل ذروة i "موعد فني" يتم عندما تكون جميع المهام التي نهايتها i قد تم إنجازها، بعد الوصول إلى هذا الاجتماع يمكن البدء بتنفيذ المهام التي لها الذروة i كبداية.
- ب- يمثل كل سهم ij مهمة *Task* ويرتبط به مباشرة الزمن المقدر لإنجازها t_{ij} .
- ج- مخطط مترابط أي يمكن وصل كل ذروتين من المخطط الشبكي بسلسلة.
- د- مخطط دون دارات، حيث الدارة هي مسار تتطابق فيه ذرتي البداية والنهاية، وبدون عقد والعقدة هي دارة تتكون من ذروة واحدة.
- هـ- مخطط غير متناظر أي إذا كان هناك من أجل كل سهم ij لا توجد إمكانية تواجد سهم معاكس ji .
- و- هناك ذروة بداية واحدة وذروة نهاية واحدة، وإن لم تكن موجودة نقوم بإنشائها.

كما تُعرّف بعض التواريخ والهوامش المفيدة لكل مهمة على المخطط كما يلي:

١. التاريخ المنتظر أو أقرب تاريخ t_j لذروة i : هو أقرب تاريخ من تاريخ البدء بالمهمة حيث موعد اللقاء الفني يمكن أن يتم، أي هي أقرب تاريخ ممكن للبدء بالمهمة.

٢. التاريخ الحدي أو أبعد تاريخ t_j^* لذروة i : هو أبعد تاريخ من تاريخ البدء بالمهمة حيث موعد اللقاء الفني يمكن أن يتم، أي هي أبعد تاريخ ممكن للبدء بالمهمة.

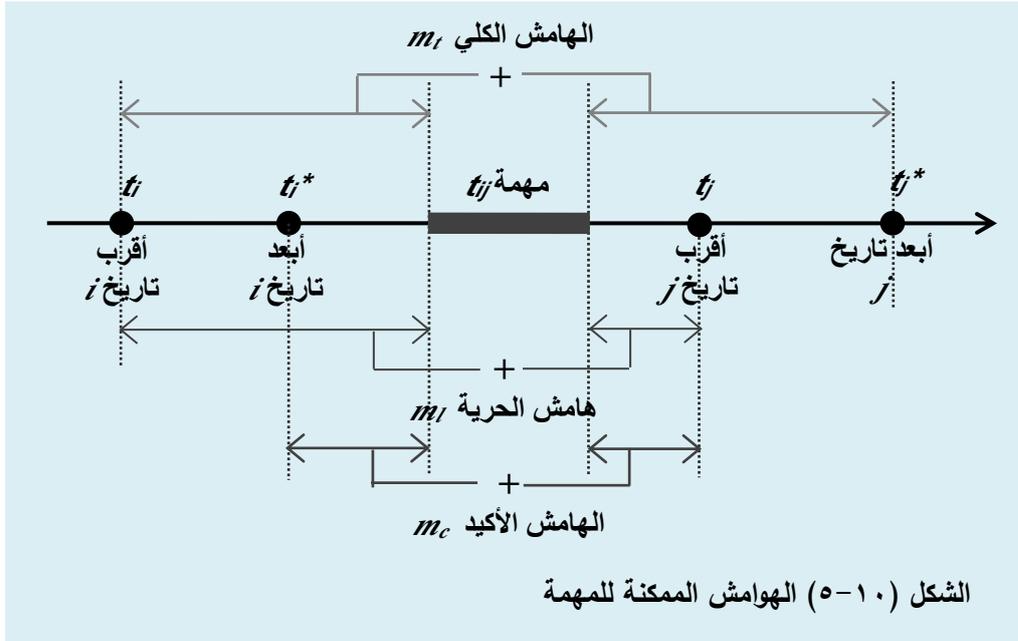
٣. مجال السماح لمهمة i هو الفرق بين أقرب تاريخ وأبعد تاريخ لهذه المهمة.

٤. هامش الحرية $ml = t_j - t_i - tij$ هو أقصى تأخير مسموح به أثناء التنفيذ دون التأثير على أقرب تاريخ بدء للمهام اللاحقة لها، وهناك هامش حرية موجب أو صفر لكل مهمة. كل مهمة "حرجة" لها هامش حرية مساوياً للصفر، ولكن العكس ليس بالضرورة صحيحاً، أي ليس بالضرورة إذا كان الهامش يساوي الصفر أن تكون المهمة حرجة.

٥. الهامش الكلي: $mt = t_j^* - t_i - tij$ ، هو أقصى تاريخ مسموح به لإنجاز المهمة دون التأثير على أبعد تاريخ بدء لذروة النهاية، كل مهمة حرجة لها هامش كلي يساوي الصفر والعكس صحيح. عندما يستهلك الهامش الكلي لمهمة ما فإنه يظهر مسار حرج جديد انطلاقاً من ذروة النهاية لهذه المهمة.

٦. الهامش الأكيد $mc = t_j - t_i^* - tij$ هو فترة انتظار إجبارية، حتى لو بدأت المهمة في أبعد تاريخ، فإنها ستنتهي قبل أقرب تاريخ بدء للمهام اللاحقة لها، يمكن أن يكون موجباً أو سالباً، يعتبر برنامج التخطيط متوازن إذا كان لدينا الكثير من الهوامش الأكيدة السالبة.

كما نجد على الشكل (١٠-٥) تمثيلاً لهذه الهوامش من أجل مهمة محددة.



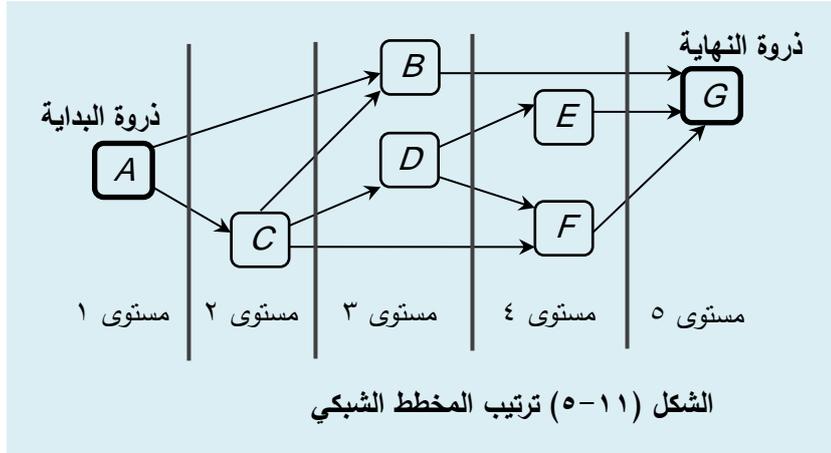
قد يحوي المخطط حلقات *Cycle* أو أن يكون غير مترابط *Not Compact*، لذلك يجب إعادة ترتيب الذرى بتجميعها في مستويات كما هو الحال في الشجرة العائلية (كل مستوى يمثل جيل)، حيث نلجأ إلى طريقة هندسية إذا كان المخطط بسيطاً أو إلى طريقة جبرية إذا كان معقداً، ويعاد رسم المخطط بحسب المستويات، لنحصل على مخطط شبكي مرتب وفقاً لمفاهيم السوابق *Predecessors* واللواحق *Successors*، حيث ندعو ذروة *z* بأنها لاحقة لذروة *i* إذا كان هناك سهم صادر من *i* باتجاه *z* و ندعو ذروة *i* بأنها سابقة لذروة *z* إذا كان هناك سهم واصل إلى *z* منطلقاً من *i*، ويتم الترتيب إما بحذف السوابق أو بحذف اللواحق.

مثال (٥-١) ترتيب المخطط الشبكي.

لنأخذ المثال المبين في الشكل (٥-١١).

(A) الترتيب عن طريق حذف السوابق: تشكل الذروة A المستوى الأول، لأنه لا يوجد ذرى سابقة لها، إذا حذفنا الأسهم الصادرة عن A فإننا نلاحظ بأن الذروتين B و C لا يتبقى لهما سوابق، وبالتالي تشكلان المستوى الثاني، إذا تابعنا العملية لحذف الأسهم الصادرة عن B و C فسندرى بأن الذروة D لن يتبقى لها ذرى سابقة وبالتالي تشكل المستوى الثالث. نتابع عملية الحذف هذه حتى تنتهي جميع الذرى، ودوماً باتجاه واحد (من اليسار إلى اليمين)، ونحدد بالتالي

مستويات المخطط الشبكي بترتيب تصاعدي.



(B) الترتيب عن طريق حذف اللواحق: بنفس المنطق السابق، ولكن نبدأ من اليمين إلى اليسار ونحذف الذرى التي ليس لها لواحق، ومن ثم الأسهم الواصلة إلى ذروة ليس لها ذرى لاحقة، وندعوه ترتيب تنازلي. حيث نبدأ بالذروة التي لا يصدر عنها أي سهم فتكون الذروة G نضعها في الترتيب الأخير، ثم نحذف هذه الذروة فنجد أن الذرى E, F, B لا يصدر عنها أي سهم نضعها في الترتيب ما قبل الأخير، وهكذا نحذف هذه الذرى ونستمر بترتيب المخطط.

قد لا يتوافق الترتيبين الناتجين بحسب الطريقتين السابقتين كما يبين الجدول [٣-٥] لترتيب المخطط السابق.

الجدول [٣-٥] ترتيب المخطط الشبكي تنازلياً وتصاعدياً		
ترتيب تصاعدي: حذف اللواحق	ترتيب تنازلي: حذف اللواحق	
A	A	المستوى الأول
C	C	المستوى الثاني
D	B, D	المستوى الثالث
E, F, B	E, F	المستوى الرابع
G	G	المستوى الخامس

لاستكمال البيانات التي تحتاجها عملية حساب المسار الحرج، لا بدّ من تقييم المخطط الشبكي أي تقدير زمن كل مهمة، ووضعه على السهم الذي يمثلها في المخطط؛ ليس من السهولة في بعض الأحيان تحديد هذه الأزمنة بدقة ولكن يمكن في بعض الحالات تقديرها بشكل احتمالي، ويفضل في

هذه الحالة استجواب الخبراء المعنيين بطبيعة المهمة عن: أقل زمن متوقع لإنجازها t_m ، وأكبر زمن متوقع t_M ، والزمن الأكثر رجحاناً t_p ، ثم نستخدم نوع من المتوسط المثقل في احتساب زمن المهمة t كما يلي:

$$t = \frac{t_m + 4t_p + t_M}{6}$$

٥-٥-٢ خوارزمية Ford للبحث عن المسار الحرج

تسمح هذه الخوارزمية بإيجاد أقرب وأبعد تاريخين ممكنين للبدء بتنفيذ كل مهمة من مهام المشروع، وبالتالي إيجاد مسار المهام الحرجة *Critical Path* للمشروع باستخدام خوارزمية فورد-فولكرسون للتدفق الأعظمي المار بالشبكة (Ford & Fulkerson, 1956).

حساب أقرب تاريخ:

- (١) اصطلاحاً: ذروة البداية لها التاريخ صفر.
 - (٢) المسارات المشكلة من سهم واحد منطلقة من ذروة البداية يكون طولها هو قيمة السهم فقط.
 - (٣) هناك ذروة أو أكثر متصلة فقط مع ذروة البداية: تشكل هذه الذرى المستوى الثاني في الترتيب، أقرب تاريخ لها هو قيم الأسهم التي تصلها بذروة البداية.
 - (٤) بعد تحديد هذه التواريخ، نقوم بحساب طول المسارات (المكونة من سهمين)، والتي تمر من ذروة البداية وذروة من المستوى الثاني، وذلك بإضافة التاريخ الذي تم تحديده وقيمة السهم الصادر عن الذروة، بحسب هذه المنطقية يمكن حساب طول جميع المسارات الصادرة عن ذروة البداية.
 - (٥) في كل ذروة، نحتفظ بأطول مسار (أكبر القيم)، كأقرب تاريخ لهذه الذروة.
 - (٦) تاريخ ذروة النهاية والمسار الحرج: نتابع حساب أقرب تاريخ لكل ذروة حتى نصل إلى ذروة النهاية، يعتبر أقرب تاريخ لها هو زمن إنجاز المشروع. نعتبره أيضاً أبعد تاريخ ممكن لإنجاز المشروع، يمكن انطلاقاً من هذا التاريخ العودة إلى الوراء لاستنتاج أبعد تاريخ لذرى سابقة.
- يدعى المسار الذي يسمح بتحديد أقرب تاريخ لذروة النهاية بالمسار الحرج: أي كل ذروة تقع على المسار الحرج يكون أقرب تاريخ مساوياً لأبعد تاريخ ولا مجال لأي تأخير في تنفيذها.

حساب أبعد تاريخ: نتبع نفس منطق حساب أقرب تاريخ.

(١) نعتبر أقرب تاريخ لذروة النهاية هو أبعد تاريخ لإنجازها، هناك ذروة أو أكثر متصلة بذروة النهاية (المستوى $n-1$ بحسب طريقة حذف الذرى اللاحقة)، أبعد تاريخ لهذه الذرى هو الفرق بين أبعد تاريخ لذروة النهاية وقيمة السهم الواصل بين الذروة المعنية وذروة النهاية.

(٢) بعد تحديد هذه التواريخ، نقوم بحساب قيمة المسارات المكونة من سهمين، والتي تصل ذروة النهاية بكل ذروة من ذرى المستوى $n-1$ وذلك بطرح قيمة السهم للذروة المعنية من أبعد تاريخ للذروة القادم السهم منها.

بهذه الطريقة يمكن حساب طول جميع المسارات المؤدية إلى ذروة النهاية، ونجد دوماً أبعد تاريخ لذروة البداية هو دوماً صفر، دون أن ننسى بأن أقرب تاريخ وأبعد تاريخ للذرى الحرجة يكونان متساويين (مجال السماحية يساوي الصفر).

حساب الهوامش ومجال السماحية: بعد تحديد أقرب وأبعد تاريخ لكل ذروة، نضع جدول جميع المهام مع إشارة مميزة للمهام الحرجة، حيث يسمح حساب مجال السماحية بالتحقق من حسابات الهوامش الكلي والحر:

$$mt - ml = (tj^* - ti - tij) - (tj - ti - tij) \text{ أي:}$$

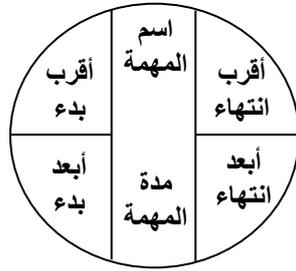
$$mt - ml = tj^* - tj = \text{مجال السماحية المحسوب عند الذروة النهائية } J$$

- ✓ من أجل مهمة حرجة: مجال السماحية والهامش الكلي والهامش الحر جميعها تساوي الصفر.
- ✓ إذا كان الهامش الكلي لعملية يساوي الصفر فهذه العملية حرجة، وإذا كان الهامش الحر يساوي الصفر فليس بالضرورة أن تكون العملية حرجة.
- ✓ يمكن للهامش الكلي أو للهامش الحر أن يكونا موجبين أو صفر، و يمكن للهامش الأكيد أن يكون موجب أو صفر أو سالب.
- ✓ يمكن لمهمة أن تقع بين ذروتين حرجتين دون أن تكون حرجة.

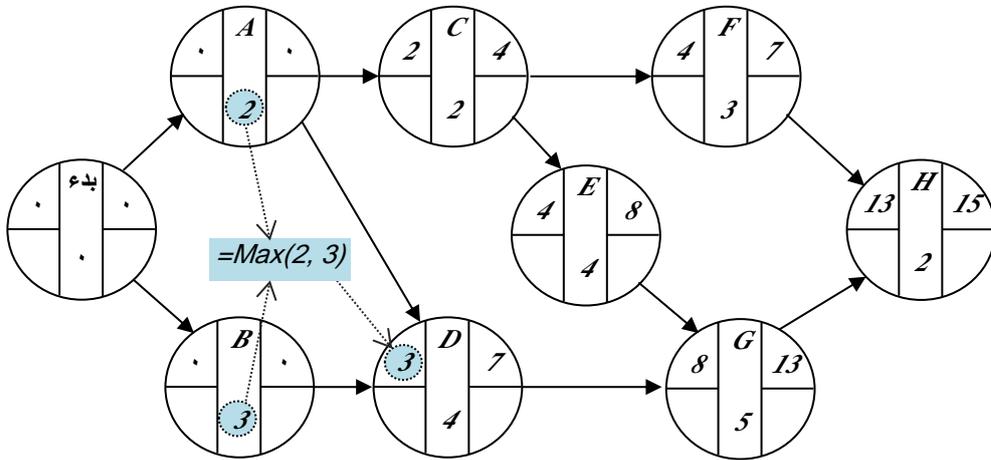
مثال (٢-٥) شركة لتصنيع الورق.

رمز المهمة	توصيفها	السوابق	المدة بالأيام
A	بناء المكونات الداخلية		٢
B	تعديل الرفوف والسطح		٣
C	بناء مجموعة التجميع	A	٢
D	تركيب الفرام Frame	A, B	٤
E	بناء Burner عالي الحرارة	C	٤
F	تركيب منظومة المراقبة	C	٣
G	تركيب وحدة التهوية	D, E	٥
H	الاختبارات	F, G	٢

نرمز للمهمة على المخطط بالشكل الآتي:



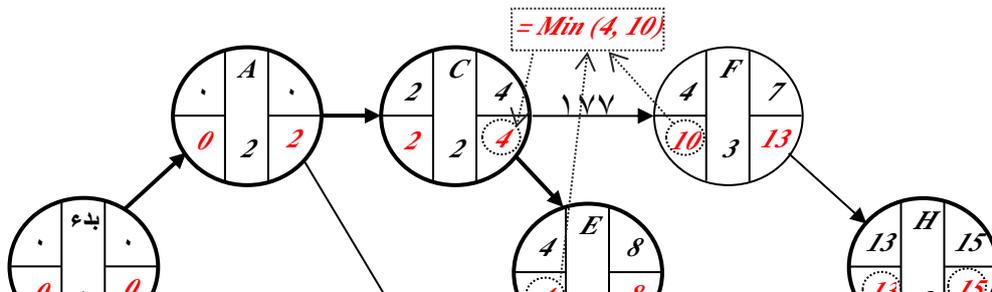
المخطط الأول: حساب مدة المشروع عبر قاعدة أقرب بدء كما يبين المخطط:



نجد أن مدة المشروع تساوي ١٥ يوم.

المخطط الثاني: لحساب المسار الحرج، نبدأ من نهاية المشروع وبمنطق تراجعي عبر قاعدة أقرب

موعد الانتهاء.



كما نجد في الجدول اللاحق [٥-٤] تفاصيل تواريخ البدء والإنتهاء والهوامش، لكل مهمة والمسار الحرج أيضاً.

الجدول [٥-٤] جدول نهائي بمدد المهام والمسار الحرج (باللون الأحمر الغامق)							
المسار الحرج	الهامش <i>LS-ES</i>	أبعد إنتهاء <i>LF</i>	أبعد بدء <i>LS</i>	أقرب إنتهاء <i>EF</i>	أقرب بدء <i>ES</i>	المدة <i>D</i>	رمز المهمة
نعم	٠	٢	٠	٢	٠	٢	A
كلا	١	٤	١	٣	٠	٣	<i>B</i>
نعم	٠	٤	٢	٤	٢	٢	C
كلا	١	٨	٤	٧	٣	٤	<i>D</i>
نعم	٠	٨	٤	٨	٤	٤	E
كلا	٦	١٣	١٠	٧	٤	٣	<i>F</i>
نعم	٠	١٣	٨	١٣	٨	٥	G
نعم	٠	١٥	١٣	١٥	١٣	٢	<i>H</i>

اختبارات وأسئلة الفصل الخامس Tests

(١) أسئلة صح / خطأ True/False

خطأ	صح	السؤال
		١ البرمجة الرياضية هي مجموعة من النماذج لطرح المشكلة وحلها.
		٢ يُقصد بالموارد رأس المال، المواد الأولية، التجهيزات، الزمن، الأفراد، ...
		٣ تبحث البرمجة الرياضية في إيجاد أكبر أو أصغر قيمة لتابع هدف محدد.
		٤ لا تأخذ بالاعتبار البرمجة الرياضية أية قيود على الموارد أو التابع الهدف.
		٥ في البرمجة الرياضية، لا فرق بين الأهداف والقيود.
		٦ يُقصد بالأمثلة Optimization البحث عن القيمة المثلى لتابع بعدة متحولات تحت قيود محددة.
		٧ تعتبر البرمجة الرياضية والأمثلة جزء من نماذج البرمجة الخطية.
		٨ يمكن التعبير عن أية مشكلة قرار ببرنامح خطي بسيط.
		٩ تُدعى متغيرات المسألة التي يجب إيجاد قيم لها بمتغيرات القرار.
		١٠ كل مسألة برمجة خطية من متغيرين اثنين فقط، يمكن تمثيلها وحلها بيانياً.
		١١ تُحدد مجموعة القيود منطقة الحلول القابلة للتنفيذ.
		١٢ تشكل القيود في فضاء المتغيرات دوماً مضلعاً محدباً.
		١٣ في حال كانت منطقة القيود مضلعاً محدباً، نبحث عن الحل الأمثل في نقاط الذرى ونختار أفضل قيمة.
		١٤ تُضاف المجاهيل الاصطناعية أو مجاهيل الفرق إلى طرفي متراجحات القيود.
		١٥ في حال وجود مضلع محدب في البرمجة الخطية، يتم الانتقال من ذروة إلى أخرى طالما أن الريح الهامشي موجباً.
		١٦ تُعتبر طريقة البحث عن الحل الأمثل على ذرى المضلع المحدب أساس طريقة Simplex.
		١٧ يتم تكرار حلقات البحث عن الحل في طريقة Simplex طالما أن قيم التابع الهدف تتحسن.
		١٨ تفترض طريقة Simplex أن جميع المتغيرات مستقلة.
		١٩ في البرمجة الخطية، ليس بالضرورة صياغة التوابع بشكل خطي.
		٢٠ يُعطي تطبيق طريقة Simplex دوماً حلاً وحيداً.
		٢١ تهدف طريقة PERT إلى ترتيب مهام المشروع باستخدام المخططات الشبكية.
		٢٢ يُقصد بالمسار الحرج Critical Path بأنه أطول طريق يصل بين ذروتي البداية والنهاية.
		٢٣ يُمثل السهم في طريقة PERT مهمة بين موعدين فنيين.

- ٢٤ في طريقة PERT، يجب أن يكون المخطط الشبكي مترابطاً أي يمكن وصل كل ذروتين بسلسلة.
- ٢٥ في طريقة PERT، يجب أن يكون المخطط الشبكي متناظراً.
- ٢٦ التاريخ المنتظر لذروة في طريقة PERT هو أقرب تاريخ ممكن للبدء بالمهمة.
- ٢٧ التاريخ الحدي لذروة في طريقة PERT هو أبعد تاريخ ممكن للبدء بالمهمة.
- ٢٨ مجال السماح لذروة هو الفرق بين أقرب تاريخ بدء وأبعد تاريخ بدء للمهمة.
- ٢٩ هامش الحرية في طريقة PERT هو أقصى تأخير ممكن مسموح به دون التأثير على أقرب تواريخ بدء للمهام اللاحقة.
- ٣٠ يتم ترتيب المخطط الشبكي في طريقة PERT بحذف السوابق أو اللاحق.
- ٣١ يكون للمهام التي تقع على المسار الحرج أقرب تاريخ بدء يساوي أبعد تاريخ بدء.
- ٣٢ يكون للمهام التي تقع على المسار الحرج مجال سماحية أكبر من الصفر.
- ٣٣ تبحث خوارزمية Ford في إيجاد المسار الحرج في مخطط PERT.

٢) أسئلة خيارات متعددة Multiple Choices

- ١- تعتبر نماذج البرمجة الرياضية *Mathematical Programming* من:
- (أ) تقنيات البرمجة الخطية البسيطة
(ب) الأدوات الرياضية ولا تفيد في صناعة القرار
(ج) التقنيات المهمة في صناعة القرارات
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٢- من أهم تطبيقات البرمجة الرياضية *Mathematical Programming* في العلوم الإدارية:
- (أ) تخطيط الإنتاج والتمويل
(ب) تركيب خلطات كيميائية أو خلطات المنتجات
(ج) اختيار الاستثمارات
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٣- يُقصد بالقيود في البرمجة الرياضية *Mathematical Programming* ما يلي:
- (أ) محدودية الموارد
(ب) التشريعات والأنظمة والقوانين
(ج) السيولة والفوائد والمتغيرات المالية
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٤- يُقصد بإيجاد الحل الأمثل في البرمجة الرياضية *Mathematical Programming* البحث عن:
- (أ) أكبر قيمة للتابع الهدف
(ب) أكبر أو أصغر قيمة للتابع الهدف حسب الحالة
(ج) أصغر قيمة للتابع الهدف
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٥- يمكن تصنيف نماذج البرمجة الرياضية *Mathematical Programming* كما يلي:
- (أ) برمجة أكيدة وبرمجة احتمالية
(ب) برمجة خطية وبرمجة بسيطة

ج) برمجة الأمثلة وبرمجة الترتيب (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٦- لدينا القيد الآتي على السيوولة لمنتجين $3x_1 + 4x_2 > 100$ ، فإن القيم الآتية تحقق هذا القيد:

أ) $x_1 = 10, x_2 = 10$ ب) $x_1 = 10, x_2 = 20$

ج) $x_1 = 0, x_2 = 25$ (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٧- لدينا القيدان الآتيين على موارد منتجين $3x_1 + 4x_2 > 100$ ، $x_2 > 40$ ، فإنه يكون لدينا:

أ) القيد الأول محقق مهما كانت قيم x_1 ب) القيدان محققان دوماً

ج) القيد الثاني محقق مهما كانت قيم x_2 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٨- حل البرنامج الخطي يعني إيجاد مجموعة قيم المتغيرات بحيث:

أ) تتحقق القيود الصفرية ب) تتحقق جميع القيود

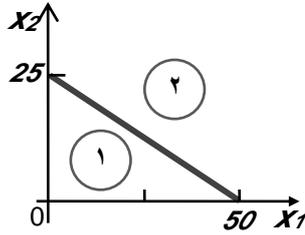
ج) تكون القيود المحققة قابلة للتطبيق (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٩- الحل الأمثل البرنامج الخطي يعني إيجاد مجموعة قيم المتغيرات بحيث:

أ) تتحقق جميع القيود ويأخذ التابع الهدف أفضل قيمة ب) تتحقق جميع القيود فقط

ج) يأخذ التابع أفضل قيمة بغض النظر عن القيود (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٠- لدينا القيد الآتي على السيوولة لمنتجين $2x_1 + 4x_2 \geq 100$ ، فإن المنطقة على الشكل المقابل التي تحقق هذا القيد هي:



أ) المنطقة (١)

ب) المنطقة (٢)

ج) الخط الأسود الفاصل بين المنطقتين فقط

(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١١- لدى تمثيل القيود على مستوي، فإن المنطقة المحصورة بين القيود تُدعى:

أ) منطقة التابع الهدف ب) المنطقة الفارغة

ج) منطقة الحلول المقبولة (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٢- في مسألة البرمجة الخطية، في حال الحصول على مضلع محدب كمنطقة محددة بالقيود، فإن:

أ) الحل الأمثل يكون على إحدى ذرى المضلع ب) الحل الأمثل يكون داخل المضلع

ج) الحل الأمثل يكون خارج المضلع (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٣- في مسألة البرمجة الخطية، ما ندعوه بمجاهيل الفرق *Slack Variables* أو الوهمية ما يلي:

أ) الفرق بين كل متراجحتين للقيود ب) الفرق عن الحل الأمثل

ج) الفرق بين طرفي متراجحات القيود (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

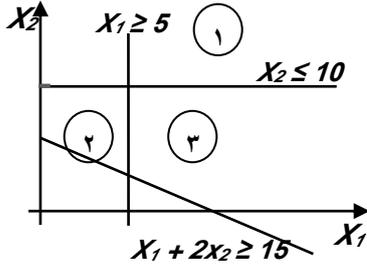
١٤- لا تعمل خوارزمية Simplex في البرمجة الخطية إلا في حالات:

- (أ) أن يكون مضلع المنطقة المقبولة مقعراً
 (ب) أن يكون مضلع المنطقة المقبولة محدباً
 (ج) تعمل في جميع الحالات
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٥- في خوارزمية Simplex، يتم تحديد المحور Pivot:

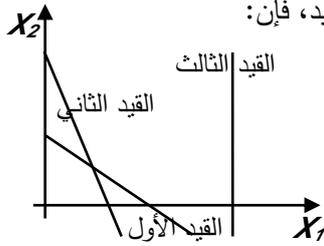
- (أ) تقاطع المجهولين الداخل والخارج من وإلى القاعدة
 (ب) متوسط قيم عمود التابع الهدف
 (ج) نقطة تقاطع جميع القيود
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٦- منطقة الحلول المقبولة في الشكل المقابل هي:



- (أ) المنطقة (١)
 (ب) المنطقة (٢)
 (ج) المنطقة (٣)
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٧- في الشكل المقابل، المنطقة المحققة للقيود هي القيم الأصغر من مستقيم القيود، فإن:



- (أ) القيد الأول مكرر ليس له معنى
 (ب) القيد الثاني مكرر ليس له معنى
 (ج) القيد الثالث مكرر ليس له معنى
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٨- في طريقة PERT، نبحث عن المسار الحرج Critical Path بين:

- (أ) جميع المسارات التي تصل بين أي ذروتين
 (ب) متوسط قيم مسارات المشروع
 (ج) جميع المسارات التي تصل ذروتي البداية والنهاية
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٩- في طريقة PERT، المسار الحرج Critical Path يعني المسار:

- (أ) الأطول الذي يصل بين ذروتي البداية والنهاية
 (ب) متوسط قيم مهام المشروع
 (ج) جميع مهام المشروع حيث هو أمثلها أكبر من الصفر
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٢٠- تستعمل طريقة PERT مخططات شبكة بخصائص مميزة أهمها:

- (أ) مخططات شبكية غير متناظرة
 (ب) مخططات شبكية بدون حلقات أو دارات
 (ج) مخططات شبكية مترابطة
 (د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

٢١- مجال السماحية لمهمة ما هو الفرق بين:

- (أ) أقرب تاريخ بدء وأبعد تاريخ انتهاء
 (ب) أقرب تاريخ وأبعد تاريخ بدء للمهمة
 (ج) أقرب تاريخ انتهاء وأبعد تاريخ بدء
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

- ٢٢- في طريقة *PERT*، هامش الحرية لمهمة ما هو:
 (أ) الفرق بين زمن مهمتي البداية والنهاية
 (ب) متوسط الفرق بين أزمنة مهام المسار الحرج
 (ج) أقصى تاريخ مسموح به للبدء بالمهمة
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٢٣- قبل البدء بالبحث عن المسار الحرج في طريقة *PERT*، يجب ترتيب مهام المشروع حسب:
 (أ) السوابق *Predecessors*
 (ب) اللواحق *Successors*
 (ج) السوابق واللواحق
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٢٤- من أجل كل مهمة تقع على المسار الحرج في طريقة *PERT*، فإن:
 (أ) هامش السماح والكلي والحر تساوي الصفر
 (ب) جميع الهوامش أكبر من الصفر
 (ج) جميع الهوامش أصغر من الصفر
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٣) أسئلة \ قضايا للمناقشة

السؤال (١) مفهوم البرمجة الرياضية وتطبيقاتها.

٤. ما هو المقصود بمصطلح البرمجة الرياضية، وما هي عناصر مسألة البرمجة الرياضية؟
٥. اشرح بإيجاز العلاقة بين نماذج بحوث العمليات والأساليب المساعدة على صناعة القرار؟
٦. ما هي أهم فئات البرمجة الرياضية، موضحاً موقع البرمجة الخطية فيها؟
٧. اذكر بعض تطبيقات البرمجة الرياضية.

السؤال (٢) ملاحظات حول طريقة *Simplex*.

ما أهم الملاحظات على عمل طريقة السيمبلكس *Simplex* لحل برنامج خطي؟

السؤال (٣) بعض الحالات الخاصة في البرمجة الرياضية.

بين بالرسم الحالات الخاصة الآتية التي تؤدي إلى مشاكل في البرنامج الخطي:

١. حالة عدم وجود سقف للقيود *Unsoundness*.
٢. حالة عدم وجود حل *Infeasible Region*.
٣. تكرار القيود *Redundancy*.
٤. وجود عدة حلول مثلى *Alternate Optimal Solutions*.

السؤال (٤) خصائص المخططات الشبكية التي تستخدمها *PERT*.

ما أهم خصائص المخططات الشبكية التي تستخدمها طريقة *PERT* لإيجاد المسار الحرج لمشروع ما.

السؤال (٥) تعريف تواريخ وهوامش مهام المشروع.

- (١) ما المقصود بكل من المصطلحات الآتية:
التاريخ المنتظر أو أقرب تاريخ بدء، التاريخ الحدي أو أبعد تاريخ بدء، مجال السماحية، هامش الحرية، الهامش الكلي، الهامش الأكيد.
- (٢) وضح بالرسم تموضع هذه التواريخ بالنسبة لبعضها البعض.

السؤال (٦) تمرين حول حل برنامج خطي بسيط Maximization.

ليكن لدينا البرنامج الخطي البسيط الآتي والمطلوب حله بيانياً.
 $Max \{ Z = 5 x_1 + 4 x_2 \}$

تحت القيود:

$$\begin{aligned} 6 x_1 + 4 x_2 &\leq 24 \\ x_1 + 2 x_2 &\leq 6 \\ -x_1 + x_2 &\leq 1 \\ x_2 &\leq 2 \\ x_1 ; x_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

السؤال (٧) تمرين حول حل برنامج خطي بسيط Minimization.

ليكن لدينا البرنامج الخطي البسيط الآتي، والمطلوب حله بالطريقة البيانية.
 $Min \{ Z = 0.3 x_1 + 0.9 x_2 \}$

تحت القيود:

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 &\geq 800 \\ 0.21 x_1 - 0.30 x_2 &\leq 0 \\ 0.03 x_1 - 0.01 x_2 &\geq 0 \\ x_1 ; x_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

السؤال (٧) مسألة برمجة خطية.

تقوم شركة بتصنيع ألعاب للأطفال وتعلبها في نوعين من الحزم كل منها تتكون من ١٢ لعبة وتصنع من نوع خاص من البلاستيك، يتوفر لدى الشركة ١٠٠٠ كغ من البلاستيك و ٤٠ ساعة زمن للإنتاج، مع العلم أنه يوجد ٦٠ عامل يعملون في المصنع؛ تتوقع الشركة ألا تستطيع بيع أكثر من ٧٠٠ حزمة، كما أن الطلب على النوع الأول من اللعب أكثر من النوع الثاني على ألا يزيد عن ٣٥٠ حزمة.
ترغب الشركة تعظيم الأرباح من بيع الحزم، حيث نجد في الجدول الآتي متطلبات الموارد وقيم الأرباح لكل نوع من الحزمتين:

الزمن اللازم	الحاجة من البلاستيك	ربح الحزمة الواحدة	
٣ ساعات	٢ كغ	\$ ٨	الحزمة الأولى
٤ ساعات	١ كغ	\$ ٥	الحزمة الثانية

والمطلوب:

- ١- وضع المسألة السابقة على شكل برنامج خطي.
- ٢- إيجاد قيمة الربح الأعظمي بطريقة الرسم البياني.

٣- التأكد من صحة الحل بطريقة سيمبلكس Simplex.

السؤال (٩) تمرين حول تطبيق طريقة PERT.

ليكن لدينا مهام المشروع المعرفة وفق الجدول الآتي، والمطلوب ارسام المخطط الشبكي وأوجد المسار الحرج بطريقة PERT.

المهمة	السوابق	المدة
A	-	٣
B	-	٢
C	-	٤
D	-	٣
E	B, A	٢
F	E	٤
G	F	٢
H	D	١
I	H, G	٢
J	I, C	٤

السؤال (١٠) حالة عملية (اليامور، ٢٠٠٩).

تصنع شركة فارنا لصناعة الأثاث المكتبي ثلاثة أنواع من المنتجات هي: طاولة اجتماعات (X1) ومنضدة مكتب (X2) وواجهة مكتبية (X3). يتطلب تصنيع هذه المنتجات مجموعة من الأنشطة: الاستلام والفحص للمادة الخام (الخشب)، التقطيع، الصقل، التجميع والتكيب، الصبغ وفيما يلي البيانات المستخرجة من سجلات هذه الشركة عن سنة واحدة، والطاقة المتاحة لكل نشاط من الأنشطة واحتياج الوحدة المنتجة لكل منتج من الطاقة في كل نشاط وفق الجدول الآتي:

النشاط	الطاقة المطلوبة (بالساعات) لتصنيع وحدة واحدة من المنتج		
	المنتج X1	المنتج X2	المنتج X3
الاستلام والفحص	٢	١	٢
التقطيع	١	١	٢
الصقل	٢	٠	١
التكيب	٢	٢	١
الصبغ	١	١	٢

حجم المبيعات السنوي المتوقع وسعر البيع والتكاليف وفق الجدول الآتي:

المنتج X3	المنتج X2	المنتج X1	
١٠٠٠	٤٠٠	٥٠٠	حجم المبيعات السنوي (وحدة)
١٧٨	١٦٠	١٧٠	سعر بيع القطعة الواحدة
٢٨	١٥	١٠	المواد الأولية المباشرة/وحدة
١٦	٢٣	١٢	الأجور المباشرة/وحدة
٢٢	١٢	١٥	نصيب الوحدة من التكاليف الثابتة

تواجه الشركة صعوبات في مقابلة الطلب على منتجاتها في ضوء كمية المبيعات السنوية، وتتوقع أن هنالك قيود واختناقات في الأنشطة المطلوبة لتصنيع المنتج، والقيود التي تحد من قدرتها على مواجهة طلبات المستهلكين، واتضح أن هناك مجموعة من القيود ووجدت أن الحل المناسب في ضوء هذه الحالة تحديد مزيج المنتجات الأمثل الذي يعظم الأرباح، وفي ضوء ذلك يتم تحديد مزيج المنتجات الأكثر ربحية، وبالتالي فإن حل مثل هذه المشكلة وتحديد مزيج المنتجات الأكثر ربحية سوف يتم من خلال الخطوات الآتية:

- (١) تحديد الأنشطة التي تشكل قيود في العملية الإنتاجية.
- (٢) تحديد هامش الإنجاز لكل منتج من المنتجات في ضوء نظرية القيود.
- (٣) تحديد مزيج المنتجات الأكثر ربحية باستخدام أسلوب البرمجة الخطية.

الفصل السادس: النماذج البسيطة في صناعة القرارات

Simple Models in Decision Making



لوحة العشاء الأخيرة

.The Last Supper, 1498

(٣٠) Leonardo da Vinci

٣٠. Leonardo di ser Piero da Vinci (١٤٥٢-١٥١٩) رسام، فيلسوف، رياضي، فلكي، موسيقار، مهندس، ...

باختصار مبدع إيطالي.

ملخص الفصل:

يُعالج هذا الفصل بعض الطرق المُستندة إلى الحدس والسلوك المنطقي نظراً لانتشارها وسهولة استخدامها دون الحاجة لأية معارف نظرية أو تقنيات رياضية محددة، وتُعتبر مقدمة لطرق أكثر تعقيداً. حيث نستعرض بعض النماذج البسيطة المستندة إلى الحدس، أو ذات الطابع الوصفي، وأخرى مستندة إلى القيمة المتوقعة مع استخدام مُبسّط لمفاهيم الاحتمالات، وحساب القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة.

كلمات مفتاحية:

الأرجحية *Likelihood*، الندم على الفرص الضائعة *Regret*، الحسنات والمساوى *Pros and Cons*، القاموسية *Lexicographic*، الحذف والإضافة *Conjunctive and Disjunctive*، القيمة المتوقعة *Expected Value*.

مخطط الفصل:

- ١-٦ نموذج الأرجحية *Equal Likelihood Model*.
- ٢-٦ النموذج التثاؤمي *Pessimistic Model (MaxMin)*.
- ٣-٦ النموذج التفاؤلي *Optimistic Model (MaxMax)*.
- ٤-٦ نموذج تجنب الندم على الفرص الضائعة *MinMax Model*.
- ٥-٦ نموذج تحليل الحسنات والمساوى *Pros and Cons Analysis*.
- ٦-٦ نموذج القاموس *Lexicographic Model*.
- ٧-٦ نماذج الحذف والإضافة *Conjunctive and Disjunctive Models*.
- ٨-٦ نموذج القيمة المتوقعة *Expected Value Model*.

تأتي أهمية تناول هذه النماذج من كونها تستند إلى الحدس والتفكير المنطقي وإلى سهولة استخدامها دون الحاجة لأية معارف نظرية، أو تقنيات رياضية محددة، وتُعطي بعض الأفكار على ابتكار والبحث عن نماذج مماثلة.

٦-١ نموذج الأرجحية *Equal Likelihood*

نعتبر وفق نموذج الأرجحية *Equal Likelihood Model* أن هناك نقصاً كبيراً في المعلومات وبالتالي بأن جميع حالات الطبيعة *States of Nature* أو المنافسة لها نفس إمكانية الحدوث، حيث يجري حساب التقييم الإجمالي لكل بديل كمتوسط لتقييمات البديل، ثم مقارنة المتوسطات الناتجة، واختيار البديل ذو المتوسط الأكبر (Petty & Cacioppo, 1981).

إذا كان لدينا مجموعة من البدائل A_i حيث $i=1, 2, 3, \dots, I$ ومجموعة من حالات الطبيعة S_j حيث $j=1, 2, 3, \dots, J$ وليكن a_{ij} الربح المتوقع للبديل i وفق حالة الطبيعة j ، فإن:

$$EV(A_i) = \frac{\sum_{j=1}^J a_{ij}}{J}$$

القيمة المتوقعة لكل بديل A_i تُحسب كمتوسط لتقييماتها:

وتكون القيمة المتوقعة للبديل الأفضل $EV = \max_{i=1}^I (EV(A_i))$ ، والبديل الأفضل هو البديل المقابل للقيمة الناتجة.

مثال (٦-١) نموذج الأرجحية.

لدينا الجدول الآتي [٦-١] لثلاث بدائل وأربع حالات ممكنة، حيث تمثل القيم في الجدول الأرباح المتوقعة (بالآلاف الدولار) لكل بديل في حال تحقق أي من حالات الطبيعة الأربعة.

الجدول [٦-١] تطبيق نموذج الأرجحية					
متوسط الربح المتوقع EV	S4 طلب هائل	S3 طلب كبير	S2 طلب متواضع	S1 طلب قليل	حالات الطبيعة البدائل
٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	A1 بناء مصنع صغير
٤٠	٦٠	٦٠	٤٠	٠	A2 بناء مصنع متوسط
٤٥	١٢٠	٦٠	٣٠	٣٠-	A3 بناء مصنع كبير

$$EV(A1) = \frac{20+20+20+20}{4} = 20$$

القيمة المتوقعة للبديل الأول: 20

$$EV(A2) = \frac{0+40+60+60}{4} = 40 \text{ : القيمة المتوقعة للبديل الثاني}$$

$$EV(A3) = \frac{-30+30+60+120}{4} = 45 \text{ : القيمة المتوقعة للبديل الثالث}$$

القيمة المتوقعة للبديل الأفضل $EV=Max(20, 40, 45)=45$ ، وهي القيمة المتوقعة للبديل A3 أي بناء مصنع كبير هو البديل الأفضل.

تجدر الإشارة إلى أن الخسارة قد تكون كبيرة في حال الاختيار فعلياً للبديل A3 وجاء الطلب قليل (تساوي - ٣٠) أي أن عوامل المخاطرة غير مأخوذة بالاعتبار وفق هذا النموذج.

لا يعني حساب متوسط الربح المتوقع، أننا سنرى القيمة الناتجة تتحقق لدى اختيار البديل الموافق لها، بل هي قيمة حسابية (وهمية) تُستخدم للمفاضلة بين البدائل، ففي المثال أعلاه، اختيار البديل الثالث يعني أن إحدى القيمة الأربعة: -٣٠، ٣٠، ٦٠، ١٢٠ هي التي ستتحقق حسب حالات الطبيعة وليس قيمة المتوسط ٤٥ التي ليست أصلاً بين القيم السابقة.

يعود استخدام هذا النموذج لبساطته وسهولة التعامل به، لكن يعاني من ضعف شديد باعتباره يقوم بتعويض خسارة كبيرة في إحدى الحالات على حساب الحالات الأخرى، كما يبين الجدول الآتي (٦-٢)، نلاحظ أن جميع البدائل متكافئة فجميعها لها نفس الربح المتوقع ٢٥، في حين قد لا يرى الكثيرون أنها متكافئة، ويعود السبب كما أشرنا إلى التعويض بين القيم الصغيرة والقيم الكبيرة، وهذه الظاهرة عامة لجميع النماذج المدعوة وحيدة معيار، أي التي يتم مقارنة البدائل وفق قيم تنتج عن مفاهيم الجمع سواء كان منقل أو غير منقل، وقد يكون هذا النمط من النماذج مفيداً عندما تكون التقييمات متقاربة حيث التعويض فيما بينها يكون بحده الأدنى.

الجدول [٦-٢] نقطة الضعف الجوهرية في نموذج الأرجحية					
الربح المتوقع	S4	S3	S2	S1	حالات الطبيعة البدائل
٢٥	٠	٠	٠	١٠٠	A1
٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	A2
٢٥	٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠ -	A3
٢٥	٢٥	٢٥	٥٠٠	٥٠٠ -	A4

٦-٢ النموذج التشاؤمي *MaxiMin*

كما يُشير العنوان، يستند هذا النموذج إلى نزعة التشاؤم (*Pessimistic Model (MaxiMin)*، أي يسعى لتجنّب الحالة الأسوأ، نفترض هنا أيضاً عدم توفر معلومات كافية عن احتمالات وقوع حالات الطبيعة (Bouyssou et al., 2006). وبحسب على النحو الآتي:

(١) تحديد الربح الأقل لكل بديل *Min*.

(٢) ثم تحديد أكبر القيم الناتجة *MaxMin*.

(٣) واختيار البديل المقابل لها.

إذا كان لدينا مجموعة من البدائل A_i حيث $i=1, 2, 3, \dots, I$ ومجموعة من حالات الطبيعة S_j حيث $j=1, 2, 3, \dots, J$ ، وليكن a_{ij} الربح المتوقع للبديل i وفق حالة الطبيعة j ، فإن:

القيمة المتوقعة لكل بديل A_i تُحسب الشكل الآتي: $EV(A_i) = \min_{j=1}^J (a_{ij})$.

وتكون القيمة المتوقعة للبديل الأفضل $EV = \max_{i=1}^I (EV(A_i))$ ، ويكون البديل الأفضل هو البديل المقابل لهذه القيمة، لذلك يدعى بعض الأحيان *MaxMin* أي أكبر أصغر القيم المتوقعة.

مثال (٦-٢) نموذج تشاؤمي، نفس بيانات المثال السابق (٦-١).

الجدول [٦-٣] تطبيق النموذج التشاؤمي					
أقل ربح ممكن	S4 طلب هائل	S3 طلب كبير	S2 طلب متواضع	S1 طلب قليل	حالات الطبيعة البدائل
٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	A1 بناء مصنع صغير
٠	٦٠	٦٠	٤٠	٠	A2 بناء مصنع متوسط
٣٠-	١٢٠	٦٠	٣٠	٣٠-	A3 بناء مصنع كبير

الربح المتوقع الأقل للبديل الأول: $EV(A1) = \min\{20, 20, 20, 20\} = 20$

الربح المتوقع الأقل للبديل الثاني: $EV(A2) = \min\{0, 40, 60, 60\} = 0$

الربح المتوقع الأقل للبديل الأول: $EV(A3) = \min\{-30, 30, 60, 120\} = -30$

أكبر القيم الناتجة: $EV = \max(20, 0, -30) = 20$

وبالتالي فإن أكبر ربح متوقع ٢٠ يقابل البديل A_1 أي بناء مصنع صغير، وهو البديل الأفضل. يعاني النموذج أيضاً من نقطة ضعف جوهرية كما يبين الجدول الآتي [٦-٤]، لنأخذ نفس المثال السابق مع تغيير طفيف في القيم:

الجدول [٦-٤] نقطة الضعف الجوهرية في النموذج التشاؤمي					
أقل ربح ممكن	S4	S3	S2	S1	حالات الطبيعة البدائل
٠	١٠٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠	٠	A1
٠	١٠٠	١٠٠	٠	١٠٠	A2
٠	١٠	١٠	٠	١٠	A3

نلاحظ أن أقل ربح ممكن للبدائل الثلاثة هو صفر، وإن أكبر ربح متوقع هو صفر أيضاً ويقابل أي من البدائل الثلاثة مما يعني أنها متكافئة، وبالتالي يمكن اختيار أي منها دون تمييز، لكن من الواضح أنه يصعب القبول بأنها متكافئة!

٦-٣ النموذج التفاؤلي *MaxiMax*

على عكس مفهوم النموذج التشاؤمي، يسعى النموذج التفاؤلي (*Optimistic Model (MaxiMax)*) إلى تحديد الربح الأكبر لكل بديل، ثم تحديد أكبر القيم الناتجة، واختيار القيمة الأكبر، أي هناك الكثير من التفاؤل وبالتالي يمكن أن تكون الخسارة كبيرة جداً في هذه الحالة (Bouyssou et al., 2006)، لذلك ندعوه أيضاً بمعيار المقامرة *Gambler*.

إذا كان لدينا مجموعة من البدائل A_i حيث $i=1, 2, 3, \dots, I$ ومجموعة من حالات الطبيعة S_j حيث $j=1, 2, 3, \dots, J$ وليكن a_{ij} الربح المتوقع للبديل i وفق حالة الطبيعة j ، فإن:

$$EV(A_i) = \text{Max}_{j=1}^J (a_{ij})$$

القيمة المتوقعة لكل بديل A_i تُحسب الشكل الآتي:

وتكون القيمة المتوقعة للبديل الأفضل $EV = \text{Max}_{i=1}^I (EV(A_i))$ ويكون البديل الأفضل هو البديل المقابل لهذه القيمة، لذلك يدعى بعض الأحيان *MaxMax* أي أكبر أكبر القيم المتوقعة.

مثال (٦-٣) نموذج تفاؤلي، نفس بيانات المثال (٦-١).

الجدول [٥-٦] تطبيق النموذج التفاضلي					
أكبر ربح ممكن	S4	S3	S2	S1	حالات الطبيعة
	طلب هائل	طلب كبير	طلب متواضع	طلب قليل	البدايل
٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	A1 بناء مصنع صغير
٦٠	٦٠	٦٠	٤٠	٠	A2 بناء مصنع متوسط
١٢٠	١٢٠	٦٠	٣٠	٣٠-	A3 بناء مصنع كبير

الربح المتوقع الأقل للبديل الأول: $EV(A1)=Max\{20, 20, 20, 20\}=20$

الربح المتوقع الأقل للبديل الثاني: $EV(A2)=Max\{0, 40, 60, 60\}=60$

الربح المتوقع الأقل للبديل الأول: $EV(A3)=Max\{-30, 30, 60, 120\}=120$

أكبر القيم الناتجة: $EV = Max(20, 60, 120) = 120$

وبالتالي فإن أكبر ربح متوقع ١٢٠ يقابل البديل A3 أي بناء مصنع كبير، وهو البديل الأفضل.

يعاني النموذج أيضاً من نفس نقطة ضعف النموذج التفاضلي، لنأخذ نفس المثال السابق مع تغيير في القيم كما يبين الجدول الآتي [٦-٦]،

الجدول [٦-٦] نقطة الضعف الجوهرية في النموذج التفاضلي					
أكبر ربح ممكن	S4	S3	S2	S1	حالات الطبيعة
					البدايل
١٠٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠	A1
١٠٠٠	١٠٠	١٠٠٠	١٠٠	١٠٠	A2
١٠٠٠	١٠	١٠	١٠٠٠	١٠	A3

نلاحظ أن أكبر ربح ممكن للبدايل الثلاثة هو ١٠٠٠، وإن أكبر ربح متوقع هو ١٠٠٠ أيضاً ويقابل أي من البدايل الثلاثة، وبالتالي يمكن اختيار أي منها دون تمييز، لكن من الواضح للعديد من متخذي القرارات أنه لا يمكن القبول بأنها متكافئة!

٦-٤ نموذج تجنب الندم على الفرص الضائعة *MiniMax*

الغاية من النموذج هو تجنب الخسارات الكبيرة لذلك يدعى معيار تجنب الندم *Regret Model*

(MiniMax) مع الأخذ بالاعتبار لنفس الفرضيات السابقة بعدم توفر معلومات كافية عن احتمالات وقوع حالات الطبيعة (Loomes & Sugden, 1982). يُعتبر هذا النموذج وسيط بين النموذجين التشاؤمي والتفاؤلي، كمحاولة لتجاوز نقطة الضعف الجوهرية.

ليكن لدينا مجموعة من البدائل A_i حيث $i=1, 2, 3, \dots, I$ ومجموعة من حالات الطبيعة S_j حيث $j=1, 2, 3, \dots, J$ ، وليكن الربح المتوقع للبدليل i وفق حالة الطبيعة j ، حيث يتم اتباع الخطوات الآتية أثناء التطبيق الفعلي لتحديد القيمة المتوقعة والبدليل الأفضل:

(١) تحويل جدول الأرباح إلى جدول فرص الخسارة، وذلك بطرح أكبر ربح ممكن لكل حالة من حالات الطبيعة من قيم العمود $R_{ij} = a_{ij} - \text{Max}_{i=1}^I(a_{ij})$ وذلك من أجل جميع الأعمدة التي تمثل حالات الطبيعة $j=1, 2, 3, \dots, J$.

(٢) ثم نقوم بتحديد أكبر فرصة خسارة لكل بدليل، وذلك لتجنبها قدر الإمكان، بمعنى ما هي أكبر خسارة ممكنة في حال عدم اختيار هذا البدليل $R_{max}(a_i) = \text{Min}_{j=1}^J(R_{ij})$ وذلك من أجل جميع البدائل $i=1, 2, 3, \dots, I$ التي تمثل أسطر البدائل.

(٣) ثم نختار البدليل الذي يقابل أقل فرص الخسارة المحسوبة في (٢) أي أكبر القيم باعتبارها سالبة: $EV = \text{Max}_{i=1}^I(R_{max}(a_i))$ ، أي محاولة تجنب قيم الخسارة الأكبر.

مثال (٦-٤) نموذج تجنب الندم، نفس بيانات المثال (٦-١).

لنأخذ نفس البيانات في المثال أعلاه (٦-١)، حيث يبين الجدول [٦-٧] أن:

$$R(A1) = \text{Min}\{20-20, 20-40, 20-60, 20-120\} = -100$$

$$R(A2) = \text{Min}\{0-20, 40-40, 60-60, 60-120\} = -60$$

$$R(A3) = \text{Min}\{-30-20, 30-40, 60-60, 120-120\} = -50$$

أكبر فرصة خسارة ممكنة: $EV = \text{Max}\{R(A1), R(A2), R(A3)\} = -50$ وهي القيمة المتوقعة

المقابلة للبدليل الثالث $A3$ ، وبالتالي نعتبر هذا البدليل هو الأفضل كونه يقابل الأقل ندماً.

الجدول [٦-٧] تطبيق نموذج تجنب الندم على الفرص الضائعة					
حالات الطبيعة البدائل	S1 طلب قليل	S2 طلب متواضع	S3 طلب كبير	S4 طلب هائل	أكبر فرصة خسارة
A1 مصنع صغير	٠=٢٠-٢٠	٢٠=-٤٠-٢٠	٤٠=-٦٠-٢٠	١٠٠=-١٢٠-٢٠	١٠٠ -
A2 مصنع متوسط	٢٠=-٢٠-٠	٠=٤٠-٤٠	٠=٦٠-٦٠	٦٠=-١٢٠-٦٠	٦٠ -
A3 مصنع كبير	٥٠=-٢٠-٣٠-	١٠=-٤٠-٣٠	٠=٦٠-٦٠	٠=١٢٠-١٢٠	٥٠ -
أكبر ربح ممكن	٢٠	٤٠	٦٠	١٢٠	

٦-٥ نموذج تحليل الحسنات والمساوئ *Pros & Cons*

تعتبر من طرق المقارنة الوصفية، حيث يتم جدولة حسنات ومساوئ *Pros & Cons Analysis*، كل من البدائل المطروحة (Tversky, 1972)، وغالباً ما يتم الاعتماد على تقييم خبراء مختصين في المجال في تحديد مساوئ وحسنات كل من هذه البدائل، ثم يتم اختيار البديل ذي المساوئ الأقل والحسنات الأكثر؛ كما نلاحظ هناك حاجة في هذه الحالة إلى توضيح وتبرير الاختيار والقرار ولا يكفي تعداد الحسنات والمساوئ.

قد تكون هذه الفئة من النماذج مناسبة في حال كان عدد البدائل قليل، وكذلك لعدد محدود من المعايير، كما أنها لا تتطلب مهارات رياضية خاصة، وبالتالي يمكن استخدامها كمحاولة لاستكشاف فضاء الحلول ومقارنة أولية فيما بين البدائل.

يُمكن من حيث المبدأ البحث عن الصيغ الرياضية لهذه النماذج، لكن لا نرى ضرورة لذلك في المقرر الحالي، نظراً لتعقيدها ويمكن تطبيقها بسهولة دون اللجوء لهذه الصيغ.

مثال (٦-٥) استبدال سيارة.

يرغب رب العائلة باستبدال السيارة الحالية للعائلة، حيث تم التوافق على المتطلبات الآتية:

أن تكون صناعة أمريكية، أن تتسع لأربعة أفراد على الأقل وليس أكثر من ستة،

ألا يتجاوز السعر ٢٨ ألف دولار، أن تكون جديدة وصناعة السنة الجارية.

بحيث تُحقق الأهداف الآتية: أكبر راحة ممكنة، أكبر مستوى أمان ممكن، أكبر مستوى لفعالية

استهلاك الوقود، وأقل استثمار ممكن، هناك عدد كبير من السيارات تحقق متطلبات العائلة، لذلك يمكن البدء بحذف مجموعات السيارات التي تتجاوز حدود المتطلبات، مثلاً حذف جميع السيارات التي ليست صناعة أمريكية، حذف السيارات الفارهة التي يتجاوز سعرها ٢٨ ألف دولار، وهكذا، بنتيجة عملية الحذف، لنفترض بقي لدينا أربعة سيارات ندعوها A، B، C، D. كما يتم بناء المعايير استناداً إلى الأهداف الموضوعية كما يلي:

أ- الراحة: قياسها بعدد المقاعد، والمسافة بين مؤخرة المقعد الأول ونهاية المقعد الخلفي.

ب- الأمان: قياسها بعدد النجمات المعطاة لنموذج السيارة من قبل هيئة المرور الوطنية.

ت- استهلاك الوقود: قياسها عبر معدل استهلاك الوقود بالميل ضمن المدينة.

ث- الموائمة: يتم قياسها بمؤشر تقييم اختبارات نموذج السيارة من قبل جمعية حماية المستهلك.

ج- التكلفة: يُعبّر عنها بسعر الشراء.

تم وضع جدول تقييم نماذج السيارات المتوفرة [٦-٨] كما يلي:

الجدول [٦-٨] جدول تقييم السيارات لتطبيق تحليل الحسنتات والمساوي					
التكلفة (\$)	الموائمة	الوقود (ميل بالغالون)	الأمان (نجمة)	الراحة (إنش - مقاعد)	
٢٦٠٠٠	٨٠	٢١	١٤	٥ - ٨٦	سيارة A
٢١٠٠٠	٧٠	١٩	١٧	٦ - ٨٨	سيارة B
١٧٠٠٠	٦٥	٢٢	١٥	٥ - ٨٠	سيارة C
٢٤٠٠٠	٨٥	٢١	١٩	٦ - ٨٩	سيارة D
الأقل أهمية				أهمية المعايير الأكثر أهمية	

استناداً إلى التقييمات أعلاه، تم وضع جدول الحسنتات والمساوي لكل من السيارات المتوفرة الجدول

[٦-٩] أدناه، حيث يُمكن إجراء المحاكمة الوصفية كما يلي:

باعتبار أن السيارة D هي الأفضل وفق المعيارين الأكثر أهمية أي الأمان والراحة، وليست أسوأ من السيارات الثلاثة المتبقية وفق المعايير الأخرى، ولديها أكبر عدد من الحسنتات (٤)، وبالتالي فإن البديل الأفضل هي السيارة D، كما أنها تلبي جميع متطلبات العائلة.

الجدول [٩-٦] جدول الحسنات والمساوي لكل سيارة	
المساوي	الحسنات
التكلفة هي الأعلى أقل عدد من نجومات الأمان	سيارة A استهلاك الوقود مقبول الموائمة بالترتيب الثاني
أسوأ معدل استهلاك للوقود	سيارة B الثانية من حيث الراحة
الثانية من حيث نجومات الأمان مستوى الراحة سيئ الأسوأ من الموائمة	سيارة C الأقل تكلفة أفضل معدل استهلاك للوقود
	سيارة D الأكثر أماناً الأفضل من حيث الموائمة استهلاك وقود مقبول الأفضل من حيث الراحة

نلاحظ أن تطبيق هذه النماذج يستند بطبيعة الحال إلى نموذج تفضيلات في ذهن متخذ القرار، وإن كان من الصعب التعبير صراحةً عنه أو صياغته رياضياً، كما يُلاحظ أثناء التطبيق أن هناك محاكمة ذهنية تتم بشكل أو بآخر في ذهن متخذ القرار، سواء على صعيد أهمية المعايير أو التعويض بين القيم أو حتى إعادة النظر بتقييم بعض البدائل أو غيرها.

٦-٦ نموذج القاموس *Lexicographic*

يستند النموذج القاموسي *Lexicographic Model* على نفس آلية البحث عن كلمة في القاموس: البحث عن الحرف الأول فالثاني فالثالث، ... وهكذا، لذلك يُدعى بالنموذج القاموسي أو المعجمي (Manzini, 2012؛ Chrzan, 2009)؛ ويعمل النموذج كما يلي:

- (١) ترتيب المعايير وفق الأهمية من الأكثر إلى الأقل أهمية.
- (٢) ثم ترتيب البدائل وفق المعيار الأكثر أهمية.
- (٣) فإن تساوى بديلان في الترتيب بنتيجة الخطوة (٢)، ننقل إلى المفاضلة بينهما وفق المعيار التالي في الأهمية.
- (٤) نكرر الخطوتين (٢) و (٣) حتى يتم ترتيب جميع البدائل.

يُمكن من حيث المبدأ البحث عن الصيغ الرياضية لهذه الفئة من النماذج، لكن لا نرى ضرورة لذلك في المقرر الحالي، نظراً لتعقيدها وحيث أنه يمكن تطبيق النموذج بسهولة باتباع الخطوات السابقة دون الحاجة للصيغ الرياضية.

مثال (٦-٦) نفس بيانات مثال استبدال سيارة (٥-٦).

لنفترض أن المعيار الأكثر أهمية هو الأمان، يليه الراحة، ثم التكلفة، ثم معدل استهلاك الوقود، وأخيراً معيار الموائمة هو الأقل أهمية. بالنظر إلى جدول تقييم السيارات الأربعة السابق [٦-٨]، نجد أن السيارة *D* هي الأفضل وفقاً للمعيار الأكثر أهمية أي الأمان ويأخذ القيمة ١٩، وبالتالي نختارها.

لنفترض حالياً، وجود سيارة خامسة *E* لها نفس مستوى الأمان للسيارة *D* كما يبين الجدول [٦-١٠]، تتم المفاضلة بين السيارات كما يلي:

باعتبار أن السيارتين *E* و *D* لهما نفس مستوى الأمان بتقييم ١٩ وهو المعيار الأكثر أهمية، ننقل للمفاضلة بينهما فقط وفق المعيار التالي في الأهمية أي معيار الراحة، فنجد أن السيارة *D* هي الأفضل باعتبار أن مستوى الراحة البالغ ٨٩ أفضل من مستوى *E* البالغ ٨٧ وبفس عدد المقاعد.

الجدول [٦-١٠] جدول تقييم السيارات لتطبيق النموذج القاموسي				
الراحة (إنش) - مقاعد	الأمان (نجمة)	الوقود (ميل بالغالون)	الموائمة	التكلفة (\$))
٥ - ٨٦	١٤	٢١	٨٠	٢٦٠٠٠
٦ - ٨٨	١٧	١٩	٧٠	٢١٠٠٠
٥ - ٨٠	١٥	٢٢	٦٥	١٧٠٠٠
٦ - ٨٩	١٩	٢١	٨٥	٢٤٠٠٠
٦ - ٨٧	١٩	٢٢	٨٣	٢٥٠٠٠
ترتيب المعايير	الثاني	الأول	الرابع	الخامس
				الثالث

٦-٧ نماذج الحذف والإضافة *Conjunctive & Disjunctive*

تبحث فئة نماذج الحذف والإضافة *Conjunctive & Disjunctive Models* عن تلبية مستويات مقبولة لتقييمات البدائل أكثر من البحث عن الحل الأمثل، ويتم تحديد هذه المستويات من قبل متخذ

القرار أو مهندس القرار (Gilbride & Allenby, 2004).

تعمل آليتي الحذف أو الإضافة كما يلي:

✓ في نماذج الحذف أو الاستبعاد *Disjunctive*، يُطلب من البديل أن يحقق عتبة معينة على معيار واحد على الأقل؛ حيث نعتبر في البدء أن جميع البدائل مقبولة، ثم يتم استبعاد كل بديل لا يحقق العتبة لكل من المعايير التي تم تحديد عتبات من أجلها.

✓ في حين تطلب نماذج الإضافة *Conjunctive* من البديل أن يحقق عتبات دنيا على معايير محددة أو جميعها؛ حي نستبعد جميع البدائل في البدء واعتبارها غير مقبولة، ثم إضافة أو قبول كل بديل يُحقق جميع العتبات للمعايير التي تم تحديد عتبات من أجلها.

تبدو هذه النماذج مفيدة بشكل خاص كمرحلة أولية لاختيار مجموعة جزئية من البدائل لتحليل أكثر عمقاً لاحقاً، خصوصاً إذا كان عددها كبيراً، إذ ليس بالضرورة أن يتم تحديد عتبات قبول لجميع المعايير، وعادةً يؤخذ بالاعتبار المعايير الأكثر الأهمية.

من الواضح أن هذه النماذج تستخدم مفاهيم اجتماع المجموعات العددية *Union* في نماذج الحذف، والتقاطع *Intersection* في نماذج الإضافة.

مثال (٦-٧). نفس بيانات المثال السابق (٦-٦) المتعلق باستبدال سيارة.

نموذج الحذف: وضع قائمة (أو سلة) بجميع نماذج السيارات المتوفرة، ثم استبعاد كل سيارة يتجاوز سعرها \$ ٢٨٠٠٠، أو ليست صناعة أمريكية، أو لا تتسع لأربعة أفراد على الأقل أو تتسع لأكثر من ستة، أو ليست صناعة السنة الجارية.

نموذج الإضافة: وضع قائمة بيضاء (أو سلة فارغة) ثم إضافة أية سيارة من النماذج المتوفرة في السلة التي تحقق ما يلي: ألا يتجاوز سعرها \$ ٢٨٠٠٠، و صناعة أمريكية، و تتسع لأربعة أفراد على الأقل و ليس أكثر من ستة، و صناعة السنة الجارية.

٦-٨ نماذج القيمة المتوقعة *Expected Value*

في النماذج السابقة، لاحظنا عدم توفر معلومات كافية عن احتمالات وقوع حالات المنافسة أو الطبيعة، لذلك تم اللجوء إلى النماذج الوصفية أو الحدسية والتقديرات الذاتية، لكن في العديد من المشكلات تكون هذه المحاكمة الوصفية غير ضرورية إذا توفرت معلومات عن احتمالات وقوع الحالات، خصوصاً إذا كان لدينا إحصائيات سابقة موثوقة، ونلجأ إلى حساب القيمة المتوقعة *Expected Value* (Males, 2002).

في أغلب الأحيان يتم تقدير المبالغ المالية (ربح، خسارة، إيرادات، نفقات، تدفقات، ...) وحساب القيم المالية المتوقعة لكل من البدائل والمفاضلة بينها على أساس هذه القيم، لذلك تُدعى هذه النماذج بالقيمة المالية المتوقعة في بعض الأدبيات *EMV: Expected Monetary Value*.

٦-٨-١ نموذج الربح المتوقع الأكبر

نعنبر في هذه الحالة أنه يُمكن تقدير تقييمات البدائل مالياً، وأنه يمكن أيضاً تقدير احتمالات حالات الطبيعة، حيث نقوم بحساب التقييم الإجمالي لكل بديل كمتوسط لتقييمات البديل مثقلةً باحتمالات وقوعها، وندعوه بالقيمة المتوقعة *Expected Value*، ثم يتم مقارنة القيم المتوقعة الناتجة لكل من البدائل، واختيار البديل ذو القيمة المتوقعة أو الربح المتوقع الأكبر *Maximum Expected Profit*.

لتكن مجموعة البدائل A_i حيث $i=1, 2, 3, \dots, I$ ومجموعة حالات الطبيعة S_j حيث $j=1, 2, 3, \dots, J$ ، وليكن الربح المتوقع للبديل i من أجل الحالة j مع احتمال تحققها p_j ، فإن:

$$EV(A_i) = \sum_{j=1}^J p_j a_{ij}$$

القيمة المتوقعة للبديل A_i تُحسب بالشكل الآتي

وتكون القيمة المتوقعة للبديل الأفضل هي أكبر القيم المتوقعة الناتجة حيث نختار البديل المقابل

$$EV = \max_{i=1}^I (EV(A_i))$$

لهذه القيمة:

يشبه هذا النموذج إلى حدٍ كبير نموذج الأرجحية المذكور في الفقرة (٦-١)، لكن باحتمالات مختلفة، ويُمكن الاستنتاج بسهولة أن نموذج الأرجحية هو حالة خاصة من هذا النموذج عندما تكون جميع احتمالات حالات الطبيعة متساوية مما يكافئ الحديث عن المتوسط الحسابي.

تجدر الإشارة إلى أن حساب القيمة المتوقعة لا يعني أننا سنراها تتحقق لدى اختيار البديل الموافق لها، بل هي قيمة حسابية تُستخدم للمفاضلة بين البدائل، وقد لا تكون أصلاً موجودة بين التقييمات الفعلية للبدائل.

مثال (٦-٨) نفس بيانات المثال السابق (٦-١).

لنفترض احتمال $S1$ يساوي ٤٠%، احتمال $S2$ يساوي ٣٠%، احتمال $S3$ يساوي ٢٠%، واحتمال $S4$ يساوي ١٠%، نقوم بحساب الربح المتوقع لكل بديل بحاصل جمع أرباح البديل بعد ضربها باحتمال وقوع كل من الحالات الأربعة كما هو مبين في الجدول [٦-١١].

الجدول [٦-١١] تطبيق نموذج القيمة المتوقعة					
القيمة المتوقعة للربح EV	$S4$ طلب هائل ١٠%	$S3$ طلب كبير ٢٠%	$S2$ طلب متواضع ٣٠%	$S1$ طلب قليل ٤٠%	حالات الطبيعة البدائل
٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	$A1$ بناء مصنع صغير
٣٠	٦٠	٦٠	٤٠	٠	$A2$ بناء مصنع متوسط
٢١	١٢٠	٦٠	٣٠	٣٠-	$A3$ بناء مصنع كبير

$$EMV(A1) = 20 \times 40\% + 20 \times 30\% + 20 \times 20\% + 20 \times 10\% = 20 \quad \text{الربح المتوقع لـ } A1$$

$$EMV(A2) = 0 \times 40\% + 40 \times 30\% + 60 \times 20\% + 60 \times 10\% = 30 \quad \text{الربح المتوقع لـ } A2$$

$$EMV(A3) = -30 \times 40\% + 30 \times 30\% + 60 \times 20\% + 120 \times 10\% = 21 \quad \text{الربح المتوقع لـ } A3$$

نختار البديل ذو الربح المتوقع الأكبر ٣٠ المقابل للبديل الثاني $A2$ ببناء مصنع متوسط.

٦-٨-٢ القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة $EVPI$

عندما يكون لدينا حالات احتمالية فإنه يُمكن ومن المفيد حساب القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة والكاملة $EVPI: Expected Value of Perfect Information$ ، حيث تسمح هذه الأخيرة لمتخذ القرار بمعرفة المبلغ الأقصى الذي يمكن دفعه مقابل الحصول على المعلومات الأكيدة، رغم استحالة تواجدها على أرض الواقع، ولكن يمكن الحصول على كم كبير من المعلومات عبر الدراسات التسويقية أو سواها (التجسس الصناعي مثلاً)، وبالتالي فإن تقدير قيمة هذه المعلومات مفيد جداً لمتخذ القرار.

يتم حساب القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة $EVPI$ كما يلي:

(1) حساب القيمة المتوقعة مع معلومات أكيدة أي في ظروف التأكد التام $EVwPI: Expected$

$Value with Perfect Information$ ، وذلك بأخذ أكبر ربح ممكن لكل حالة من حالات الطبيعة

S_j ، ثم حساب متوسط هذه القيم مثقلةً باحتمالات الحالات: $EVwPI = \sum_{j=1}^J p_j Max_j(S_j)$.

(2) ثم نطرح منها قيمة الربح المتوقع الأكبر EMV المحسوب أعلاه في الفقرة (1-8-6).

أي أن القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة $EVPI$ هي الفرق بين القيمة المتوقعة مع معلومات أكيدة

والقيمة المتوقعة بدون معلومات: $EVPI = EVwPI - EMV$.

مثال (9-6) نفس بيانات المثال السابق (8-6).

قيمة الربح المتوقع EV بدون معلومات كانت تساوي 30 للبدل A_2 .

حساب القيمة المتوقعة في ظروف التأكد التام $EVwPI$:

أكبر ربح ممكن من أجل الحالة S_1 هو 20 واحتمال الحالة هو 40%

أكبر ربح ممكن من أجل الحالة S_2 هو 40 واحتمال الحالة هو 30%

أكبر ربح ممكن من أجل الحالة S_3 هو 60 واحتمال الحالة هو 20%

أكبر ربح ممكن من أجل الحالة S_3 هو 120 واحتمال الحالة هو 10%

فتكون القيمة المتوقعة مع معلومات أكيدة $EVwPI$ تساوي 76 كما يلي:

$$EVwPI = 20 \times 40\% + 40 \times 30\% + 60 \times 20\% + 120 \times 10\% = 76$$

وبالتالي تكون القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة $EVPI$ تساوي 46 ألف دولار كما يلي:

$$EVPI = EVwPI - EMV = 76 - 30 = 46$$

بمعنى آخر، لا يجب على متخذ القرار دفع أكثر من 46 ألف دولار لأية معلومات إضافية كونه لا يتوقع الحصول على أكثر من ذلك.

تُشير دوماً إلى أن مفهوم القيم المتوقعة هي فقط من أجل تقييم كل من البدائل بقيمة إجمالية واحدة،

والمفاضلة بين البدائل على أساس هذه القيم، وليس أنها ستتحقق فعلياً.

من أهم حسنات نماذج القيمة المتوقعة أنها سهلة الاستخدام، ولا تتطلب الكثير من الموارد باستثناء رأي الخبراء لتقدير الاحتمالات وربما حالات الطبيعة الملائمة، في حين تتجاوز المساوىء مصداقية التقديرات إلى عدم القدرة على التعبير عن جميع أبعاد المشكلة بشكل مالي، مثلاً إذا كان لدينا مشكلة المفاضلة بين مشاريع استثمارية، يصعب جداً التعبير عن الأهمية الاستراتيجية أو التتموية للمشروع بشكل مالي.

٩-٦ تطبيقات

١-٩-٦ مقارنة النماذج

ليكن لدينا مشكلة الاختيار بين ثلاثة مشاريع استثمارية، حيث تم تقدير الإيرادات بآلاف الدولارات، وحالات السوق واحتمالاتها كما يبين الجدول الآتي [٦-١٢].

الجدول [٦-١٢] مثال، مقارنة النماذج			
S3	S2	S1	حالات السوق
١٠ %	٧٠ %	٢٠ %	احتمالاتها
٢١٠	٧٠	٥٠ -	مشروع P1
٤٠٠	٢٠٠	٥٠٠ -	مشروع P2
١٠٠	٥٠	٢٥	مشروع P3

لنطبق النماذج السابقة على هذا المثال: النموذج القاموسي، نموذج تجنب الندم على الفرص الضائعة، نموذج الأرجحية، النموذج التشاؤمي، النموذج التفاضلي، وأخيراً نموذج القيمة المتوقعة وحساب القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة لهذا النموذج.

النموذج القاموسي: حيث أن حالة الطبيعة الثانية S2 هي الأكثر أهميةً، وكأنا نفترض أن هذه الحالة ستتحقق، نختار المشروع ذو الإيراد الأكبر في هذه الحالة أي المشروع الثاني P2 وبقيمة متوقعة تساوي ٢٠٠ ألف \$.

نموذج تجنب الندم على الفرص الضائعة، نقوم بدايةً بحساب فرص الخسارة كما يبين الجدول [٦-١٣].

الجدول [٦-١٣] مثال، مقارنة النماذج: الفرص الضائعة				
أسوأ خسارة	S3	S2	S1	حالات السوق
١٩٠ -	١٩٠ -	١٣٠ -	٧٥ -	مشروع P1
٥٢٥ -	.	.	٥٢٥ -	مشروع P2
٣٠٠ -	٣٠٠ -	١٥٠ -	.	مشروع P3

وبالتالي فإن أكبر فرصة لتجنب الندم تساوي - ١٩٠ وتقابل المشروع الأول P1، وهو المشروع الأفضل وفق هذا النموذج.

بالنسبة للنماذج الأخرى، يُفضل وضع جدول يلخص القيم المتوقعة وفق كل من هذه النماذج في الجدول [٦-١٤].

الجدول [٦-١٤] مثال، مقارنة النماذج: النتائج							
القيمة المتوقعة EV	التفاضلي	التساوي	الأرجحية	S3	S2	S1	حالات السوق
				١٠ %	٧٠ %	٢٠ %	احتمالاتها
٦٠	٢١٠	٥٠ -	٧٧	٢١٠	٧٠	٥٠ -	مشروع P1
٨٠	٤٠٠	٥٠٠ -	٣٣	٤٠٠	٢٠٠	٥٠٠ -	مشروع P2
٥٠	١٠٠	٢٥	٥٨	١٠٠	٥٠	٢٥	مشروع P3
P2	P2	P3	P1	المشروع الأفضل			

حساب القيمة المتوقعة للمعومات الأكيدة EVPI:

نلاحظ أن أفضل إيراد في حال تحقق الحالة الأولى S1 يساوي ٢٥، ويساوي ٢٠٠ في حال تحقق الحالة الثانية S2، ويساوي ٤٠٠ في حال تحقق الحالة الثالثة، فتكون القيمة المتوقعة مع معلومات أكيدة EVWPI تساوي ١٨٥ ألف \$:

$$EVWPI = 25 \times 20\% + 200 \times 70\% + 400 \times 10\% = 185$$

نجد من الجدول أن القيمة المتوقعة EV بدون معلومات تساوي ٨٠، وبالتالي فإن القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة $EVPI$ تساوي الفرق بينهما ١٠٥ آلاف \$:

$$EVPI = 185 - 80 = 105$$

كما نلاحظ أن كل من هذه النماذج يؤدي إلى خيار مختلف، وهي الحالة العامة إذ لا يمكن الجزم بتطابق نتائج طرق اتخاذ القرارات، وقد يكون ذلك مبرراً إذ أن كل نموذج يعتمد مفاهيم متباينة ويُقارب مفهوم المخاطر وعدم التأكد من زاوية مختلفة، وقد يُرضي ذلك بعض أصحاب القرار إذ لا ينظر جميعهم إلى المخاطر بنفس الطريقة، وبالتالي لديهم نزعات متباينة تجاه المجازفة مما يدفعهم لاعتماد النموذج الذي ينسجم مع نزعتهم تجاه المجازفة.

٦-٩-٢ حجر النرد والقيمة المتوقعة

سنستعرض مجموعة من حالات إلقاء حجري النرد، وتقدير القيمة المتوقعة لكل منها، حيث نجد تطبيقات مشابهة، أو ألعاب اليانصيب، أو حالات شراء الأسهم أو غيرها.

الحالة الأولى: ظهور أحد أرقام حجر النرد.

لنفترض عند إلقاء حجر النرد إذا ظهر الرقم (١) تدفع ١٠ \$، وإن لم يظهر أي إذا ظهر أي من الأرقام الخمسة الأخرى تريح ٥ \$، فهل تقبل بهذه اللعبة؟

الجدول [١٥-٦] تطبيق حجر النرد، حجر واحد			
الحالة	الربح الأكيد	الاحتمال	القيمة المتوقع EV
ظهور الرقم (١) $S1$	$10 -$	$6/1 = 0,1667$	$-10 \times (1/6) = -1.6667$
عدم ظهور الرقم (١) $S2$	5	$6/5 = 0,8333$	$5 \times (5/6) = 4.1667$
القيمة المتوقعة $Expected Value$: $1,667 - 4,1667 = 2,5$ \$			

حيث أن القيمة المتوقعة موجبة، فالمنطقي قبول هذه اللعبة على المدى الطويل.

الحالة الثانية: في حال كان الربح ٢ \$ فقط بدل ٥ \$ إذا لم يظهر الرقم (١)، فهل تقبل اللعبة أيضاً؟

نعيد حساب القيمة المتوقعة للعبة، فنجد أنها تساوي الصفر: $EV = -10 \times (1/6) + 2 \times (5/6) = 0$ ، وبالتالي، لا يجب أن يكون هناك فرق بين قبول أو رفض اللعبة، فهل فعلاً سيكون سلوكنا كذلك؟ سنرى لدى الحديث عن نظرية المنفعة في الفصل السابع أن غالبية متخذي القرار يرون

فرقاً.

الحالة الثالثة: إلقاء حجر نرد.

لنفترض أن الرهان على ظهور الرقم ١ لدى إلقاء حجر النرد دفعة واحدة، حيث الربح يساوي \$١٠٠ في حال ظهور الرقم ١ على الحجرين، وإلا تخسر أجره اللعبة فقط \$٥، فهل تقبل بهذه اللعبة؟

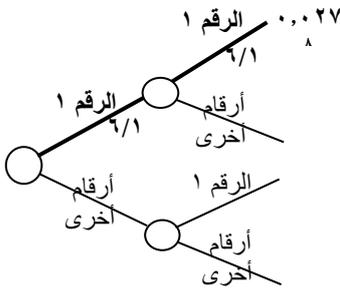
القيمة المتوقعة لظهور الرقمين = $١٠٠ \times$ احتمال ظهورهما

$$٠,٠٢٧٨ = \frac{1}{6} \times \frac{1}{6} = \text{احتمال ظهور الرقمين}$$

وبالتالي تُصبح القيمة المتوقعة لظهورهما = \$ ٢,٧٨

وهذه القيمة أصغر من أجره اللعبة، بالتالي فهي غير

مرحة ولا يجب قبول اللعبة.



الحالة الرابعة: ظهور جميع الأرقام الستة بالترتيب ١، ٢، ٣، ٤، ٥، ٦.

لنفترض حالياً أن الرهان على ظهور الأرقام الستة بالترتيب لدى إلقاء حجر النرد، والربح كما يلي: \$١ إذا ظهر الرقم ١ في الرمية الأولى، \$١٠ إذا ظهر الرقم ٢ في الرمية الثانية، \$١٠٠ إذا ظهر الرقم ٣ في الرمية الثالثة، وهكذا يتضاعف الربح ١٠ مرات عن السابقة مع ظهور الرقم في ترتيبه الصحيح حتى ظهور الأرقام الستة. فهل تقبل بهذه اللعبة إذا كانت أجرتها \$١٥٠؟

لنضع جدولاً بحالات الأرقام وربحها واحتمالاتها والربح المتوقع لكل حالة:

الجدول [١٦-٦] تطبيق حجر النرد، ظهور جميع الأرقام			
الرقم	الربح \$	احتمال ظهور الرقم	الربح المتوقع
١	١	$\frac{1}{6} = 0.166667$	0.167
٢	١٠	$\frac{1}{6} \times \frac{1}{5} = 0.033333$	0.333
٣	١٠٠	$\frac{1}{6} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{4} = 0.008333$	0.833
٤	١,٠٠٠	$\frac{1}{6} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} = 0.002778$	2.778
٥	١٠,٠٠٠	$\frac{1}{6} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} = 0.001389$	13.889
٦	١٠٠,٠٠٠	$\frac{1}{6} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 1 = 0.001389$	138.889
القيمة المتوقعة للعبة:			\$ ١٥٦,٨٩

نلاحظ أن القيمة المتوقعة للربح تساوي تقريباً \$107، وهي أكبر من أجرة اللعبة، وبالتالي يجب قبول اللعبة؛ لكن في الواقع، نلاحظ أن غالبية الناس لا تقبل هذه اللعبة نظراً لإدراكها منافع مختلفة لقيم الأرباح ومخاطرها (المعبر عنها باحتمالات)، وسنرى في الفصل السابع لدي الحديث عن نظرية المنفعة كيفية تقدير المنفعة المتوقعة من الأرباح والتي على الأرجح أن تختلف نتائجها عن نتائج المبالغ المالية المجردة.

الحالة الخامسة: ظهور عدد من الكرات في اليانصيب Lotto.

وهي حالة اليانصيب الوطني Lotto في العديد من الدول، حيث يكون لدينا عدد من الكرات وليكن 15 كرة، يتم سحب عدد منها وليكن 6 كرات بالتتالي (سحب دون إعادة)، وفي حال اختيار اللاعب لأرقام الكرات الستة الصحيحة يحصل على ربح كبير، وعادةً ما يكون هذا الربح نسبة من الإيرادات الكلية للعبة وبالتالي يتعلق بعدد اللاعبين كما أنه في الغالب تكون أجرة اللعبة قليلة جداً. ليكن لدينا التقديرات الآتية المبينة في الجدول لإحدى هذه الألعاب. إذا كانت أجرة اللعبة \$1 فقط، وعدد اللاعبين 100 ألف لاعب، فهل تقبل بهذه اللعبة؟

الجدول [17-6] تطبيق حجر النرد، ظهور عدد من الكرات					
عدد الكرات الصحيحة	احتمال الحصول على الكرات الصحيحة	نسبة الربح من إجمالي الإيرادات	قيمة الربح الإجمالي	عدد الراحين	القيمة المتوقعة للربح
1	0,0666666667	0%	0	1	0
2	0,0047619047	0%	0	1	0
3	0,0003663004	1%	1,000	1	0,36630
4	0,0000305250	5%	5,000	1	0,15263
5	0,0000027750	10%	10,000	1	0,02775
6	0,0000002775	75%	75,000	1	0,02081

بحساب القيمة المتوقعة للربح في اللعبة أي مجموع العمود الأخير نجد أنها تساوي تقريباً \$0,07، أي أنها أقل من أجرة اللعبة البالغة \$1، وبالتالي لا يجب قبولها.

تجدر الإشارة أن هذه القيمة تصبح أقل في حال وجود أكثر من رابح واحد، حيث أن الربح يتم توزيعه بالتساوي على الراحين، أن من نسبة الأرباح المخصصة للتوزيع وليس من حصة منظم اللعبة الذي يتقاضى حسب المثال أعلاه نسبة 9% على الدوام مهما كان عدد اللاعبين.



١٠-٦ إجرائية التحليل الهرمي AHP

Analytic Hierarchy Process (AHP)

تعود هذه الطريقة إلى أبحاث *Thomas Saaty* (٣١) وتعتمد على تحديد أهمية الأهداف/المعايير عبر مقارنات ثنائية وذلك باستخدام مقياس من ١ إلى ٩ حيث ١ حيادي و ٩ أفضلية أكيدة لأحد المعايير على الآخر، عند مقارنة المعيار *i* مع المعيار *j* تأخذ نتيجة المقارنة قيمةً من المقياس الآتي (Saaty, 1980):

وصيف واحدة القياس	قيمة a_{ij}
المعياران <i>i</i> و <i>j</i> متساويين في الأهمية	١
المعيار <i>i</i> أهم بشكل بسيط من المعيار <i>j</i>	٣
المعيار <i>i</i> أهم من المعيار <i>j</i>	٥
المعيار <i>i</i> أهم بكثير من المعيار <i>j</i>	٧
المعيار <i>i</i> أهم بالمطلق من المعيار <i>j</i>	٩

وطبعاً عند مقارنة المعيار *i* مع ذاته $a_{ii} = 1$ ، إضافة إلى ذلك إذا كان $a_{ij} = k$ فإن $a_{ji} = \frac{1}{k}$

مثال (٦-١٠) المفاضلة بين فرص عمل.

لنفترض أن لديك ٤ فرص عمل:

A: العمل في شركة صناعية.

B: العمل في مصرف.

C: العمل في شركة استشارات.

D: العمل مستشار قرارات في شركة ما.

٣١. *Thomas L. Saaty* (١٩٢٦ -) باحث أمريكي من أصل عراقي متخصص في صناعة القرارات متعددة المعايير ومبتكر طريقة التحليل الهرمي، أستاذ في جامعة *Pittsburgh* وعمل مع فرق البننتاغون والبحرية الأمريكية في مجموعات التقييم وبحوث العمليات.

ونأخذ بالاعتبار المعايير الآتية: مقرّ العمل، الأجور، مضمون أو مهام العمل وآفاق التطور المستقبلي. ولدى مقارنة هذه المعايير وفق مقياس المقارنة السابق، حصلنا على الجدول الآتي [٦-١٨].

الجدول [٦-١٨] مثال، طريقة AHP (١)				
المقرّ	الأجور	المضمون	الآفاق	
١	٥/١	٣/١	٢/١	المقرّ
٥	١	٢	٤	الأجور
٣	٢/١	١	٣	المضمون
٢	٤/١	٣/١	١	الآفاق

نلاحظ من الجدول أن قيم القطر (مقارنة المعيار مع نفسه) دوماً واحد، سنقوم بتطبيق AHP بإجراء بعض الحسابات الوسيطة لمعرفة وزن/أهمية كل من المعايير وذلك انطلاقاً من جدول المقارنة السابق. وزن كل معيار هو قيمة بين الصفر والواحد وبحيث يكون مجموع أوزان جميع المعايير يساوي الواحد. نأخذ كل قيمة في الجدول ونقسمها على مجموع العمود الذي تنتمي إليه تدعى هذه العملية بالمعيرة Normalization، ثم نأخذ متوسط كل سطر فنحصل على وزن المعيار، مثلاً خلية (المقرّ، المقرّ):

$$\frac{1}{1+2+3+5} = 0.091$$

، وكذلك الحال لبقية القيم فنحصل على الجدول الآتي [٦-١٩].

الجدول [٦-١٩] مثال، طريقة AHP (٢)				
المقرّ	الأجور	المضمون	الآفاق	المتوسط
٠,٠٩١	٠,١٠٢	٠,٠٩١	٠,٠٥٩	٠,٠٨٦
٠,٤٥٥	٠,٥١٣	٠,٥٤٥	٠,٤٧١	٠,٤٩٦
٠,٢٧٣	٠,٢٥٦	٠,٢٧٣	٠,٣٥٣	٠,٢٨٩
٠,١٨٢	٠,١٢٨	٠,٠٩١	٠,١١٨	٠,١٣٠

كما نلاحظ أنّ أهمية الأجور تعادل حوالي نصف الوزن الإجمالي للمعايير وحوالي ٣٠% وزن معيار مضمون العمل وحوالي ١٣% وزن معيار آفاق التطور المستقبلي وأقل من ٩% وزن معيار مقرّ العمل.

الخطوة التالية هي بتقييم فرص العمل على كل من المعايير الأربعة، مثلاً لنقم بمقارنة فرص العمل A,B,C,D فيما بينها على مقياس المقارنة السابق وذلك وفقاً لمعيار مقرّ العمل، لنفترض حصلنا على

الجدول الآتي [٦-٢٠].

الجدول [٦-٢٠] مثال، طريقة AHP (٣)				
D	C	B	A	
٥	٣/١	٢/١	١	A
٧	٢/١	١	٢	B
٩	١	٢	٣	C
١	٩/١	٧/١	٥/١	D

نقوم بمعيرة قيم الجدول كما بالنسبة للمعايير، وذلك بتقسيم كل قيمة على مجموع العمود الموافق فنحصل على الجدول الآتي [٦-٢١].

الجدول [٦-٢١] مثال، طريقة AHP (٤)					
المتوسط	D	C	B	A	
٠,١٧٤	٠,٢٢٧	٠,١٧١	٠,١٣٧	٠,١٦١	A
٠,٢٩٣	٠,٣١٢	٠,٢٥٧	٠,٢٧٥	٠,٣٢٢	B
٠,٤٨٩	٠,٤٠٩	٠,٥١٤	٠,٥٧٩	٠,٤٨٤	C
٠,٠٤٤	٠,٠٤٥	٠,٠٥٧	٠,٠٤٠	٠,٠٣٢	D

أي أنّ أهمية مقر العمل بالنسبة:

للبدل A تساوي حوالي ١٧%، للبدل B تساوي حوالي ٢٩%، للبدل C تساوي حوالي

٤٩%، للبدل D تساوي حوالي ٥%

نقوم بإجراء نفس الحساب بالنسبة للمعايير الثلاث الأخرى الأجور، مضمون أو مهام العمل، والآفاق المستقبلية، لنفترض حصلنا بعد المقارنات على جدول التقييم الإجمالي الآتي [٦-٢٢].

الجدول [٢٢-٦] مثال، طريقة AHP النتائج					
وزن المعيار	D	C	B	A	
٠,٠٨٦	٠,٠٤٤	٠,٤٨٩	٠,٢٩٣	٠,١٧٤	مقر العمل
٠,٤٩٦	٠,١٩٤	٠,٣١٢	٠,٤٤٤	٠,٠٥٠	الأجور
٠,٢٨٩	٠,٣٩٨	٠,٣٥٤	٠,٠٣٨	٠,٢١٠	مهام العمل
٠,١٣٠	٠,١٨٨	٠,٢٩٠	٠,٠١٢	٠,٥١٠	الآفاق
	٠,٢٣٨	٠,٣٣٥	٠,٢٥٦	٠,١٦٤	التقييم النهائي للبدل

التقييم النهائي للبدل هو المجموع المتكامل لتقييمات البدل مضروبة بأوزان المعايير الموافقة.

مثلاً: تقييم البدل A هو:

$$٠,١٦٤ = ٠,٥١٠ * ٠,١٣٠ + ٠,٢١٠ * ٠,٢٨٩ + ٠,٠٥٠ * ٠,٤٩٦ + ٠,١٧٤ * ٠,٠٨٦$$

نلاحظ أنّ البدل الثالث C العمل في شركة استشارات هو الأكبر قيمة وبالتالي هو الخيار الأفضل.

تعتبر طريقة AHP ملائمة عندما يكون عدد البدائل والمعايير قليل نسبياً، وكذلك عندما يكون من الصعوبة تعريف مقاييس موضوعية للمعايير، وكما نلاحظ عدم ضرورة البحث عن تقييمات كمية أو مقاييس كمية للمعايير، أي استخدمنا تراتبية الأهمية بين المعايير والتراتبية بين البدائل أيضاً وذلك للتعبير عن نموذج تفضيلات متخذ القرار.

يبقى علينا الإشارة إلى أنّ هذه الطريقة رغم بساطتها، فإنها تخفي بعض الفرضيات منها أنّ منطق المقارنة الثنائية السابق يجب أن يكون متدياً، كذلك يمكن للبعض "اللعب" بالترتيب للحصول على النتائج التي يرغبها (طبعاً سوء النية هذا لم يكن في حساب مبتكر الطريقة!)، ولكن الأهمية الكبرى لهذه الطريقة أنها أقرب إلى الطرق الوصفية ولا تتطلب بيانات كثيرة (Saaty, 1994).

٦-١١ النماذج المالية في المفاضلة بين الاستثمارات

سنرى حالياً مجموعة من الطرق المالية المستخدمة في المفاضلة بين المشاريع الاستثمارية. تساعد المراجع المالية في حساب التدفقات المستقبلية باعتبار أن المبالغ الحالية لا تكافئ نفس المبالغ في المستقبل، لذلك نلجأ عادةً إلى تحيين القيم في لحظة معينة *Actualization*، كما أن المقارنة بين

المشاريع الاستثمارية مرتبطة إلى حد كبير بالمنفعة التي يتوقعها متخذ القرار من استثماراته (شياد، ٢٠١٤)، سنحاول شرح هذه الطرق عبر الأمثلة.

مثال (٦-١١) تكافؤ المنفعة من مشروعين.

لدينا مشروعان A_1 و A_2 حيث من المتوقع أن نحصل من المشروع الأول بعد سنتين مبلغ ٥٠٠٠ \$ مع احتمال ٦٠% أو مبلغ ٣٠٠٠ \$ مع احتمال ٤٠%، في حين من المتوقع أن يعطي المشروع الثاني بعد ٣ سنوات ٦٥٠٠ \$ باحتمال ٢٥% أو ٤٠٠٠ \$ باحتمال ٧٥%، فأبي المشروعين نختار إذا كان معدل التراكم السنوي يساوي ١٠%؟



إذا اعتمدنا الطريقة البسيطة للقيمة المتوقعة لكلا المشروعين، نجدهما متساويتين تقريباً:

$$Ev(A_1) = 60\% \times \frac{5000}{(1+10\%)^2} + 40\% \times \frac{3000}{(1+10\%)^2} = 3470$$

$$Ev(A_2) = 25\% \times \frac{6500}{(1+10\%)^3} + 75\% \times \frac{4000}{(1+10\%)^3} = 3470$$

بمعنى آخر يجب ألا يميز متخذ القرار بينهما، لكنه قد لا يرى فعلياً أنهما متكافئتين، إذا اختار المشروع الأول، فهذا يعني أن منفعة المتوقعة من هذا المشروع أكبر من المنفعة المتوقعة للمشروع الثاني، مما يمكن ترجيحه إلى عدم الرغبة بالمجازفة (تفضيل للزمن الأقل) أو نزعة للقبول بمرود أقل من ١٠%.

ما نقصده بالتراكم المالي هو العملية التي يتم بموجبها تحديد ثمن تبديل استهلاك سلعة أو إيراد في المستقبل مقابل استهلاكها حالياً، بمعنى أن هناك سوق للزمن كأبي سوق للسلع والخدمات فالزمن هو مورد ذو طبيعة خاصة، يعبر معدل التراكم عن سعر شراء الوقت في المستقبل، أو سعر امتلاك

المستقبل، في حين يعبر معدل الفائدة عن العكس سعر بيع الوقت الحاضر، أو سعر التخلي عن الحاضر (الشماع، ٢٠٠٧)، وزيادة في التوضيح، لنأخذ المثال الآتي.

مثال (٦-١٢).

لنفترض بأنه يمكنك الحصول بالتأكيد على \$١٠٠,٠٠٠ في نهاية السنة العاشرة اعتباراً من الآن، ولنفترض بأنك بحاجة ماسة إلى مبلغ من المال فوراً ولديك مستثمر مستعد لإقراضك مبلغ أقل حالياً على أن يحصل على \$١٠٠,٠٠٠ في نهاية السنة العاشرة، فما هو المبلغ الذي تقبله حالياً مقابل دفع مبلغ \$١٠٠,٠٠٠ بعد ١٠ سنوات؟ أو ما هو المبلغ الذي يعادل منفعة ما تحصل عليه حالياً مقابل منفعة المبلغ المستقبلي؟

عُرض عليك الجدول الآتي [٦-٢٣] للتفاوض، واختيار منه المبلغ الذي ترى أنه يكافئ مبلغ \$١٠٠,٠٠٠ بعد ١٠ سنوات، بمعنى أدق الذي يحقق لك نفس المنفعة.

يعتبر معدل التراكم المقابل للقيمة التي تبدل فيها رأيك بين عدم القبول والقبول بالمبلغ الحالي، هو معدل التفضيل بين ما تحصل عليه في المستقبل وما تحصل عليه حالياً، أي أن منفعتي الحاليتين متساويتان بالنسبة لك، ونقول في هذه الحالة بأن المبلغ الذي تقبل حالياً مقابل التخلي عن المبلغ المستقبلي هو القيمة الحالية (التراكمية) للمبالغ المستقبلية، وندعو المعدل الذي يكافئ بين الحاليتين معدل التراكم الذي يناسبك، إذا قبلت باستبدال \$١٠٠,٠٠٠ في المستقبل مقابل \$٣٨٥٥٤ حالياً، أي يعادل استثمار هذا المبلغ لمدة ١٠ سنوات بمعدل سنوي يعادل ١٠%:

$$.38554 \times (1 + 10\%)^{10} = 100000$$

الجدول [٢٣-٦] مفهوم معدل التراكم المالي	
المبلغ الحالي المعروض عليك	معدل التراكم السنوي الذي يحققه
١٦١٥٠	%٢٠
١٩١٠٠	%١٨
٢٢٦٦٨	%١٦
٢٦٩٧٤	%١٤
٣٢١٩٧	%١٢
٣٨٥٥٤	%١٠
٤٥٣٢٠	%٨
٥٥٨٤٠	%٦
٦٧٥٥٦	%٤

تكون القيمة الحالية صغيرة بقدر نزعتنا (رغبتنا) لامتلاك في الوقت الحالي، أي أن القيمة الحالية مرتبطة بمعدل التراكم الذي نقبل به وبالزمن أيضاً، والعلاقة ذات اتجاه عكسي أي بقدر ما يكون معدل التراكم كبير بقدر ما تكون القيمة الحالية قليلة، وبقدر ما يكون زمن تحصيل المبالغ المستقبلية بعيداً بقدر ما تكون القيمة الحالية قليلة أيضاً، ونعبر عنها بالصيغة الآتية:

$$PV = \frac{FV}{F(n,t)}$$

حيث PV : Present Value ، FV : Future Value ، n : الزمن، و t : معدل التراكم.

يتدخل في حساب معدل التراكم معدل الفوائد الممنوحة في المصارف، النزعة للمخاطرة بشكل عام، معدل التبديل بين العملات ... الخ.

٦-١١-١ القيمة الحالية الصافية NPV

يستند منطق حساب القيمة الحالية الصافية *Net Present Value* على مفهوم التراكم السابق أي على منطق التبديل بين المنفعة الحالية والمنفعة المستقبلية. ولتوضيح آلية حسابها سنعتمد على المفهوم المرافق لها أي القيمة المستقبلية *FV: Future Value* كونه أسهل للقارئ.

من المفيد الإشارة إلى ضرورة أخذ التدفقات النقدية الصافية في مواعيدها الفعلية وليس على غرار

حساب جدول أرباح وخسائر .

حالة دفعة ثابتة بعد فترة معينة

لا يختلف أحد معنا حالياً على أنه إذا كان معدل الفائدة يساوي ١٠% ثابتة سنوياً فإن \$١٠٠ حالياً تساوي بعد سنة \$١١٠:

$$FV_1(100) = 100 + 0.1*100 = 100*(1+0.1) = 110$$

وبعد سنتين تساوي:

$$FV_2(100) = 110 + 0.1*110 = 110*(1+0.1) = 100*(1+0.1)^2 = 121$$

وبعد ٣ سنوات تصبح: $FV_3(100) = 100*(1+0.1)^3 = 133.1$

وبعد n سنة تصبح: $FV_n(100) = 100*(1+0.1)^n$

إذا كان معدل الفائدة t والمبلغ الحالي x تصبح المعادلة: $fV_n(x) = x(1+t)^n$

وبالتالي فإن المبلغ الحالي x يحسب على الشكل الآتي: $x = \frac{fV(x)}{(1+t)^n}$

وهو ما ندعوه بالقيمة الحالية الصافية للمبلغ الذي سيأتي من x بعد n فترة وبمعدل تراكم ثابت يساوي t لكل من الفترات.

إذا كانت معدلات التراكم مختلفة كل سنة فلا تعديل جوهري على الصيغة وتصبح:

$$x = \frac{fV(n)}{(1+t_1)(1+t_2)...(1+t_n)}$$

مثلاً، إذا كانت مدة الاستثمار ٣ سنوات ومعدل التراكم في السنة الأولى ١٠% وفي السنة الثانية ١٥% وفي السنة الثالثة ٢٠% تصبح القيمة الحالية الصافية لمبلغ \$١٠٠ الذي سيأتي بعد ٣ سنوات:

$$x = \frac{100}{(1+10\%)(1+15\%)(1+20\%)} = 65.88$$

حالة دفعات دورية

قد تطرح المسألة إذا كانت هناك دفعات سنوية على فترة من الزمن وقد تكون هذه الدفعات متساوية،

أو غير متساوية، مثلاً ما هي القيمة الحالية الصافية لدفعات سنوية \$100 على مدة 3 سنوات وبمعدل فائدة قدره 10% سنوياً؟

يمكن أن يتم تجزئة الحساب لكل دفعة سنوية على غرار الحالة السابقة:

$$NPV_1 = \frac{100}{1+10\%} = 90.91 \quad \text{السنة الأولى دفعة } \$100$$

$$NPV_2 = \frac{100}{(1+10\%)^2} = 82.64 \quad \text{السنة الثانية دفعة } \$100$$

$$NPV_3 = \frac{100}{(1+10\%)^3} = 75.13 \quad \text{السنة الثالثة دفعة } \$100$$

وبالتالي تصبح القيمة الحالية الصافية للدفعات الثلاث أي \$300 تساوي:

$$90.91 + 82.64 + 75.13 = 248.68\$$$

تصبح صيغة حساب دفعات دورية متساوية حيث قيمة الدفعة السنوية x على فترة n سنة وبمعدل تراكم t سنوياً:

$$NPV = \frac{x}{1+t} + \frac{x}{(1+t)^2} + \dots + \frac{x}{(1+t)^n} = x \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+t)^i}$$

أما إذا كانت الدفعات السنوية غير متساوية فتحسب بنفس الطريقة باستبدال القيمة الثابتة x بدفعة السنة المعنية، ولا يوجد ما يمنع أن تكون معدلات التراكم أو الدفعات الدورية غير متساوية عندها تحسب بشكل تفصيلي لكل دفعة في حينها.

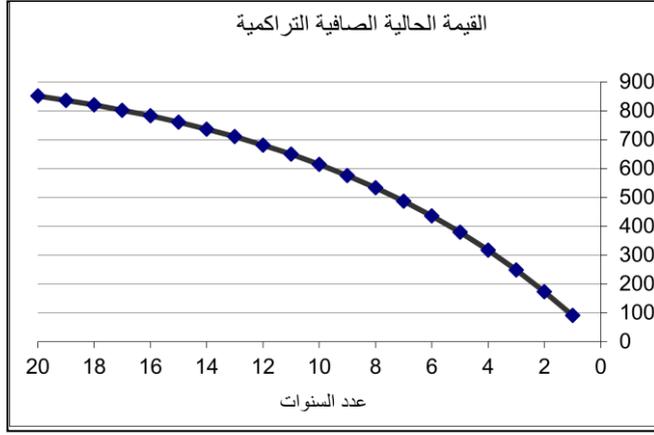
يستخدم معيار القيمة الحالية الصافية، كمعيار للمفاضلة بين مشاريع استثمارية، حيث يؤخذ بالاعتبار جميع التدفقات المالية الصافية كفرق بين النفقات بما فيها المبالغ المستثمرة، وتوضع بإشارة سالبة وبين الإيرادات وتوضع بإشارة موجبة:

✓ إذا كانت القيمة الحالية الصافية < الصفر: فالاستثمار مريح.

✓ إذا كانت القيمة الحالية الصافية > الصفر: فالاستثمار خاسر.

✓ وإذا كانت = الصفر فالاستثمار لا رابح ولا خاسر.

إذا كانت لدينا عدة مشاريع استثمارية نختار المشروع ذي القيمة الحالية NPV الأكبر شريطة أن تكون أكبر من الصفر، وفي حال كانت جميع المشاريع خاسرة، ومجبزين على اختيار مشروع (مثل حالة الانسحاب من مشاريع سابقة) فدوماً نختار القيمة الأكبر لتقليل الخسائر.



الشكل [٦-١] الشكل العام للقيمة الحالية الصافية لتراكم دفعات متساوية في المستقبل

ملاحظات على NPV و VF :

- أ- لا تأخذ بالاعتبار إلا المتغيرات التي يمكن التعبير عنها مالياً، وغالباً ما يُجرّد المشروع الاستثماري عن بيئته (سويبي، ٢٠٠٧).
- ب- صعوبة تحديد معدلات التراكم في المستقبل، وعادةً ما تخضع هذه المعدلات إلى مؤثرات عديدة في مقدمتها معدل التضخم، ومعدل التبدل بين العملات، والنزعة للمخاطرة التي يقبلها السوق عموماً وصاحب القرار خصوصاً.
- ج- يتم الحساب عادةً باستخدام قيم متقطعة لغايات البساطة والتقريب، وقد تختلف النتائج بشكل طفيف في حال استخدام صيغ تستخدم متغيرات مستمرة، إذ أنّ مفهوم التراكم يتضمن الاستمرارية في الزمن، لنأخذ مثلاً توضيحياً.

مثال (٦-١٣) فروقات التراكم السنوي والفصلي والشهري.

ليكن معدل التراكم السنوي ١٢%، لنفترض حساب القيمة المستقبلية لاستثمار \$١٠٠،

$$\text{حالة (١): الاستثمار مرة واحدة كل سنة } VF(100) = 100 * (1 + 0.12) = 112$$

حالة (٢): الاستثمار يمكن أن يعاد استثماره فصلياً (كل ٣ أشهر). يجب أولاً حساب معدل التراكم الفصلي، جرت العادة على حساب المعدل الفعلي من السنوي وتقريب مقبول بتقسيم الفائدة السنوية

$$\text{على } 4 \text{ فصول: } 3\% = \frac{12}{4}$$

$$\text{الفصل الأول: } VF_1(100) = 100*(1+0.03) = 103$$

$$\text{الفصل الثاني: استثمار نتيجة الفصل الأول } VF_2(100) = 103*(1+0.03) = 106.09$$

$$\text{الفصل الثالث: استثمار نتيجة الفصل الثاني } VF_3(100) = 106.09*(1+0.03) = 109.273$$

$$\text{الفصل الرابع: } VF_4(100) = 109.3*(1+0.03) = 112.551$$

$$\text{وهي نفس النتيجة إذا استخدمنا الصيغة: } VF_4(100) = 100*(1+0.03)^4 = 112.551$$

نجد أن الفرق بين الحالتين الأولى (الحساب السنوي) والثانية (الحساب الفصلي):

$$112.551 - 112 = 0.551$$

وفي حالة إعادة الاستثمار شهرياً (١٢ مرة بمعدل تراكم يساوي $1/12 = 0.01$) تصبح القيمة التراكمية

$$\text{في نهاية السنة: } VF(100) = 100*(1+0.01)^{12} = 112.683$$

والفرق عن الحساب السنوي يساوي ٠,٦٨٣

في حالة إعادة الاستثمار يومياً (٣٦٥ مرة):

$$VF(100) = 100 \left(1 + \frac{12\%}{165} \right)^{365} = 112.748$$

نلاحظ أن الفروقات غير مهمة خصوصاً إذا كانت المبالغ كبيرة، مع ملاحظة أيضاً أن حساب الفائدة الفصلية بتقسيم على ٤ أو الشهرية بتقسيم على ١٢ في حين كان يجب حساب الفائدة الفصلية كما لو أن الفائدة أيضاً تخضع للتراكم:

$$1 + t_a = (1 + t_s)^4$$

$$1 + 12\% = (1 + t_s)^4$$

حيث t_a : فائدة سنوية t_s : فائدة فصلية

مما يؤدي إلى أن معدل التراكم الفصلي t_s يساوي: $2,874\%$ وليس 3% .

وفي حساب معدل التراكم الشهري:

$$1 + t_a = (1 + t_m)^{12}$$

$$1 + 12\% = (1 + t_m)^{12}$$

مما يؤدي إلى معدل تراكم شهري مقداره حوالي $0,95\%$ وليس 1% .

مثال (١٤-٦).

استثمار قيمته 100.000 ل.س في السنة الأولى ثم إيراد صافي 30.000 لسنتين و 50.000 لسنتين أيضاً وبمعدل تراكم يساوي 10% سنوياً، فالقيمة الحالية الصافية تساوي 21620 ل.س كما يبين الجدول.

السنة i	١	٢	٣	٤	٥
التدفق الجاري X	- 100.000	30.000	30.000	50.000	50.000
التدفق المحين NPV	- 90.909	24.793	22.539	34.151	31.046

٦-١١-٢ معيار العائد على الاستثمار ROI

العائد على الاستثمار $Return On Investment$ هو بالتعريف معدل التراكم الذي يساوي في لحظة معينة بين الاستثمارات والإيرادات الناجمة عنها، بمعنى آخر هو المعدل الذي يجعل القيمة الحالية الصافية تساوي الصفر (Botchkarev & Andru, 2011):

$$NPV = I_0 - \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{(1+t)^i} = 0$$

حيث I_0 هو المبلغ المستثمر في اللحظة صفر أي لحظة حساب NPV .

لا اعتماد مشروع استثماري على أنه رابح يجب أن يكون هذا المعدل ROI أكبر من معدل تكاليف

الاستثمار، حيث نفترض أنه سيتم اقتراض كامل مبلغ الاستثمار بمعدل فائدة t واستثمار هذه المبالغ:

$$ROI > t \quad \checkmark \text{ الاستثمار رابح،}$$

$$ROI < t \quad \checkmark \text{ الاستثمار خاسر،}$$

$$ROI = t \quad \checkmark \text{ الاستثمار لا رابح ولا خاسر.}$$

إذا كان لدينا عدة مشاريع استثمارية نختار المشروع ذو المعدل الأكبر شريطة أن يكون أكبر من معدل تكاليف الاستثمار.

مثال (٦-١٥)، نفس بيانات المثال السابق (٦-١٤).

ما هو معدل التراكم الذي يجعل القيمة الحالية الصافية تساوي الصفر؟

يصعب حساب هذا المعدل بحل المعادلة رياضياً، لذلك نلجأ إلى الحواسيب وتجريب بعض القيم حتى نصل إلى القيمة المناسبة، في حالتنا يساوي تقريباً % 19.468.

٦-١١-٣ معيار مدة استرداد رأس المال *PBP*

مدة استرداد رأس المال *Pay Back Period* هو الزمن اللازم لاسترداد المبالغ المستثمرة مع الانتباه إلى ضرورة مقارنة المبالغ في نفس اللحظة الزمنية، وإلا يفقد المعيار معناه. رغم الملاحظات الكثيرة على هذا المعيار وهي ليست أكثر من تلك التي يمكن سردها فيما يتعلق بالطرق البسيطة الأخرى، لكنه مؤشر غير مُضَرّ.

مثال (٦-١٦) حساب فترة استرداد رأس المال.

كم من الزمن نحتاج لاسترداد استثمار \$١٠٠ بمعدل تراكم سنوي ١٠%، حيث الربح الصافي في السنة الأولى \$٣٠ وفي الثانية \$٤٠ وفي الثالثة \$٥٠ والرابع \$٤٠.

الجدول [٢٤-٦] مثال، معيار استرداد رأس المال			
رقم السنة	الإيراد الخام	القيمة الحالية للإيراد الخام	مجموع الإيرادات
١	٣٠	٢٧,٣	٢٧,٣
٢	٤٠	٣٣,١	٦٠,٤
٣	٥٠	٣٧,٦	٩٨
٤	٤٠	٢٧,٤	١٢٥,٤

نلاحظ أنه خلال ٣ سنوات تقريباً يتم استرداد رأس المال المستثمر أي الـ \$١٠٠.

٦-١١-٤ ملاحظات على المعايير المالية في اختيار الاستثمارات

لا شك أن هذه المعايير مساعدة في اتخاذ القرارات الاستثمارية، لكن الأکید أيضاً أن الحكم الإجمالي على اختيار المشروع أم لا، أو المفاضلة بين عدة مشاريع يتم وفق معيار وحيد في كل حالة، ولن نفاجئ إذا كانت نتائج هذه المعايير متناقضة كما تبين الأمثلة الآتية.

ليكن لدينا الاستثماران A و B المعرفين بالجدول الآتي:

القرار	الاستثمار B		الاستثمار A		السنة
	تدفق محين	تدفق سنوي	تدفق محين	تدفق سنوي	
	-20,000.0	-20,000	-10,000.0	-10,000	
	5,454.5	6,000	2,000.0	2,200	1
	4,958.7	6,000	1,900.8	2,300	2
	4,507.9	6,000	1,803.2	2,400	3
	5,464.1	8,000	1,707.5	2,500	4
			1,552.3	2,500	5
			1,354.7	2,400	6
		10%		10%	معدل التراكم
الاستثمار B	350.2		289.6		NPV
الاستثمار A	10.85%		11.06%		ROI

لدى مقارنتهما وفق القيمة الحالية الصافية نجد أن الاستثمار B هو الأفضل، في حين يُظهر معيار العائد على الاستثمار بأن A هو الأفضل، أي ليس بالضرورة أن تكون نتائج الطريقتين منسجمة!

ولدى تطبيق الطريقة الثالثة المتعلقة بمدة استرداد رأس المال على نفس المثالين مع إضافة استثمار ثالث C وفق الجدول الآتي:

مقارنة ثلاث استثمارات بمعدل تراكم سنوي ثابت ١٠%

الاستثمار C		الاستثمار B		الاستثمار A		السنة
الباقي	تدفق محين	الباقي	تدفق محين	الباقي	تدفق محين	
-30,000	-30,000	-20,000	-20,000	-10,000	-10,000	
-16,363	13,637	-14,545	5,455	-8,000	2,000	1
166	16,529	-9,587	4,959	-6,099	1,901	2
		-5,079	4,508	-4,296	1,803	3
		385	5,464	-2,588	1,708	4
				-1,036	1,552	5
				319	1,355	6
150.3		350.2		289.6		NPV
10.39%		10.85%		11.06%		ROI
1.99 سنة		3.98 سنة		5.97 سنة		PBP

نجد أن الاستثمار الثالث هو الأفضل، وبالتالي أي من الطرق يجب اعتمادها، إذا كانت كل منها تعطي الأفضلية لمشروع مختلف عن المشاريع الأخرى؟! نستطيع بهذه الحالة توجيه القرار، كما نريد، وهذا لا ينسجم مع فرضيتي الموضوعية والأمانة العلمية.

لا نستطيع في الحقيقة تبرير اختيار هذا المعيار أو ذاك، لكن ماذا لو اعتبرنا أن كل معيار يمثل وجهة نظر أحد المستثمرين (أطراف القرار)؟ وبالتالي يتطلب التفكير بالتحليل متعدد المعايير وإيجاد طريقة تأخذ بالاعتبار وجهات النظر هذه (المعايير).

اختبارات وأسئلة الفصل السادس Tests

(١) أسئلة صح / خطأ True/False

خطأ	صح	السؤال
		١ وفق نموذج الأرجحية، القيمة المتوقعة للبدل هو متوسط تقييماته وفق حالات الطبيعة.
		٢ نختار البديل ذو المتوسط الأقل في نموذج الأرجحية.
		٣ يعتمد معيار الأرجحية على مفهوم التعويض بين تقييمات البديل كونه يستخدم مفهوم المتوسط الحسابي.
		٤ القيمة المتوقعة للبدل الأفضل وفق النموذج التثاؤمي يتم بحساب أكبر ربح لكل بديل ومن ثم أخذ أكبر القيم الناتجة.
		٥ القيمة المتوقعة للبدل الأفضل وفق النموذج التفاضلي يتم بحساب أكبر ربح لكل بديل ومن ثم أخذ أكبر القيم الناتجة.
		٦ الغاية من النموذج المدعو تجنب الندم على الفرص الضائعة هو تجنب الأرباح الكبيرة.
		٧ يُعتبر نموذج تجنب الندم على الفرص الضائعة نموذجاً وسيطاً بين النموذجين التثاؤمي والتفاضلي.
		٨ يعتمد نموذج الحسنات والمساوي على حساب الفرق بين عدد الحسنات وعدد المساوي لكل بديل واختيار البديل ذو الفرق الأكبر.
		٩ تبدو فائدة تحليل الحسنات والمساوي واضحة لعدد قليل من البدائل ومن المعايير.
		١٠ يُفضل النموذج القاموسي بين البدائل وفق أهمية المعايير من الأقل إلى الأكثر أهمية.
		١١ في النموذج القاموسي، في حال تكافؤ بديلان وفق أحد المعايير ننتقل للمفاضلة بينهما وفق المعيار التالي بالأهمية.
		١٢ في نماذج الحذف، يتم قبول كل بديل لا يُحقق العتبة لكل من المعايير التي تم تحديد عتبات من أجلها بالتدرج.
		١٣ في نماذج الإضافة، يتم قبول البديل الذي يُحقق جميع العتبات للمعايير التي تم تحديد عتبات من أجلها دفعة واحدة.
		١٤ تعتبر نماذج الحذف والإضافة مفيدة بشكل خاص كمرحلة أولية لاختيار مجموعة جزئية من البدائل لتحليل أكثر عمقاً لاحقاً.
		١٥ في نماذج القيمة المتوقعة، نعتبر أنه ليس لدينا معلومات عن احتمالات حالات الطبيعة.
		١٦ القيمة المتوقعة لبدل ما <i>Expected Value</i> هو متوسط تقييمات البديل منقلاً باحتمالاتها.
		١٧ نموذج الأرجحية هو حالة خاصة من نماذج القيمة المتوقعة حيث الاحتمالات متساوية.
		١٨ يُشير مصطلح القيمة المتوقعة إلى أن القيمة المحسوبة للبدل الأفضل ستتحقق بالتأكيد.
		١٩ القيمة المتوقعة مع معلومات أكيدة <i>EVWPI</i> هي القيمة المتوقعة في ظروف التأكد التام.
		٢٠ القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة <i>EVPI</i> هي الفرق بين القيمة المتوقعة بدون معلومات

- والقيمة المتوقعة مع معلومات أكيدة.
- ٢١ من أهم حسنات نماذج القيمة المتوقعة أنها سهلة الاستخدام ولا تتطلب الكثير من الموارد.
- ٢٢ من أهم مساوئ نماذج القيمة الاحتمالية الصافية NPV صعوبة التعبير عن أبعاد المشكلة بشكل مالي.
- ٢٣ تُعتبر نماذج القيمة المتوقعة هي أفضل نماذج القرارات البسيطة على الإطلاق.
- ٢٤ تسمح النماذج البسيطة في اتخاذ القرارات بنمذجة تامة لنزعة متخذ القرار تجاه المجازفة.
- ٢٥ يُمكن لمتخذ القرار اعتماد أي من النماذج البسيطة للتعبير عن نزعه تجاه المجازفة.

٢) أسئلة خيارات متعددة *Multiple Choices*

- ١- لدينا التقييمات الآتية لبدل ما وفق حالات الطبيعة الثلاثة ٤٠، ٥٠، ٦٠، فإن القيمة المتوقعة لهذا البديل وفق نموذج الأرجحية هي:
- أ) ٦٠ ب) ٤٠ ج) ٥٠ د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٢- ليكن لدينا ثلاثة حالات معرفة للطبيعة، وبديلان حيث تقييمات الأول ٤٠، ٥٠، ٦٠، وتقييمات الثاني ٥٠، ١٠٠، بحساب القيمة المتوقعة لكل من البديلين وفق نموذج الأرجحية، نجد أن البديلين:
- أ) الأول أفضل ب) متكافئان
ج) الثاني أفضل د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٣- لدينا التقييمات الآتية لبدل ما وفق حالات الطبيعة الثلاثة ٤٠، ٥٠، ٦٠، فإن القيمة المتوقعة لهذا البديل وفق النموذج التفاضلي $MaxMin$ هي:
- أ) ٦٠ ب) ٤٠ ج) ٥٠ د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٤- ليكن لدينا ثلاثة حالات معرفة للطبيعة، وبديلان حيث تقييمات الأول ٤٠، ٥٠، ٦٠، وتقييمات الثاني ٥٠، ١٠٠، بحساب القيمة المتوقعة لكل من البديلين وفق النموذج التفاضلي، نجد أن البديلين:
- أ) الأول أفضل ب) متكافئان ج) الثاني أفضل د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٥- لدينا التقييمات الآتية لبدل ما وفق حالات الطبيعة الثلاثة ٤٠، ٥٠، ٦٠، فإن القيمة المتوقعة لهذا البديل وفق النموذج التفاضلي $MaxMax$ هي:
- أ) ٦٠ ب) ٤٠ ج) ٥٠ د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٦- ليكن لدينا ثلاثة حالات معرفة للطبيعة، وبديلان حيث تقييمات الأول ٤٠، ٥٠، ٦٠، وتقييمات الثاني ٥٠، ١٠٠، بحساب القيمة المتوقعة لكل من البديلين وفق النموذج التفاضلي، نجد أن البديلين:
- أ) الأول أفضل ب) متكافئان ج) الثاني أفضل د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٧- لدينا أكبر فرص الخسارة لثلاثة بدائل كما يلي: - ٤٠، - ٥٠، - ٦٠، فإن القيمة المتوقعة لهذا البديل وفق نموذج الندم *Regret Model* هي:

(أ) - ٦٠ (ب) - ٤٠ (ج) - ٥٠ (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٨- لدينا أكبر فرص الخسارة لبديلين كما يلي: للأول: - ٤٠، - ٥٠، - ٦٠، وللثاني: - ٤٠، - ٥٠، - ١٠٠، فإن البديل الأفضل وفق نموذج الندم *Regret Model* هو:

(أ) الأول أفضل (ب) متكافئان (ج) الثاني أفضل (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٩- قمنا بتعداد حسنات ومساوي بديلين، فكان عدد الحسنيات للأول ١٠ حسنات وللثاني ٢٠، وكان عدد المساوي للأول ٥ وللثاني ١٠، فإن البديل الأفضل وفق نموذج الحسنيات والمساوي هو:

(أ) الأول أفضل (ب) متكافئان (ج) الثاني أفضل (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٠- لدينا الدرجات الآتية لطالبيين: في مقرر الاقتصاد ٧٠ للطالب الأول و ٦٠ للطالب الثاني، وفي مقرر المحاسبة ٥٠ للأول و ٩٠ للثاني، وفي مقرر الإدارة ٦٠ للأول و ٨٠ للثاني، فإذا كان مقرر الاقتصاد هو الأكثر أهميةً يليه مقرر المحاسبة وأخيراً مقرر الإدارة، فإن الطالب الأفضل وفق النموذج القاموسي هو:

(أ) الطالب الأول أفضل (ب) الطالبان متكافئان
(ج) الطالب الثاني أفضل (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١١- لدينا ثلاثة حالات للطبيعة حيث احتمالاتها: الأولى ٤٠% والثانية ٥٠% والثالثة ١٠%، ولدينا بديل *A* تقيّماته وفق الحالات الثلاث السابقة: الأولى ١٠، الثانية ٢٠، الثالثة ٣٠، فإن القيمة المتوقعة *EV* لهذا البديل تساوي:

(أ) $EV(A) = 17$ (ب) $EV(A) = 30$
(ج) $EV(A) = 60$ (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٢- لدينا نفس حالات الطبيعة في السؤال السابق (١١) بنفس الاحتمالات وبنفس البدائل، ولدينا أفضل تقييم وفق الحالة الأولى ٥٠، وفق الثانية ٣٠، وفق الثالثة ٥٠، فإن القيمة المتوقعة مع معلومات أكيدة *EVWPI* تساوي:

(أ) $EVWPI = 50$ (ب) $EVWPI = 40$
(ج) $EVWPI = 25$ (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٣- استناداً إلى إجاباتك في السؤالين السابقين (١١) و(١٢)، فإن القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة *EVPI* تساوي:

(أ) $EVWPI = 23$ (ب) $EVWPI = 5$
(ج) $EVWPI = 10$ (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٤- إذا كان لدينا القيمة المتوقعة للبديل الأفضل بدون دراسة تساوي ٢٠٠، والقيمة المتوقعة مع معلومات لدراسة تسويقية إضافية تساوي ٣٠٠، وكانت تكلفة الدراسة ٧٠، فإن القيمة المتوقعة لمعلومات الدراسة *EVS* تساوي:

(أ) $EVS = 30$ (ب) $EVS = 70$
(ج) $EVS = 100$ (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٥- إذا كان لدينا القيمة المتوقعة للبدل الأفضل A تساوي ١٠٠، ولدينا بديل جديد B قيمته ١٠٠ أيضاً، فإن البديل الأفضل وفق نموذج القيمة المتوقعة هو:

- (أ) البديل الأول A (ب) البديل الثاني B
 (ج) البديلان متكافئان (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٦- لدينا القيمة المتوقعة للبدل الأفضل تساوي ١٠٠ وفق النموذج التفاضلي، وتساوي ٢٠٠ وفق النموذج التفاضلي، وتساوي ١٥٠ وفق نموذج الأرجحية، فإن القيمة المتوقعة الواجب أخذها للبدل الأفضل هي:
 (أ) ١٠٠ (ب) ٢٠٠ (ج) ١٥٠ (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

(٣) أسئلة ا قضايا للمناقشة

السؤال (١) مفاهيم النماذج البسيطة.

١. اشرح بإيجاز مفاهيم كل من النموذجين التفاضلي، والتفاضلي مشيراً إلى الفرق بينهما.
٢. اشرح بإيجاز مفاهيم النموذجين الأرجحية والقيمة المتوقعة مشيراً إلى الفرق بينهما.
٣. اشرح بإيجاز مفاهيم النموذج القاموسي.

السؤال (٢) مفاهيم تحليل الحسنات والمساوى.

١. اشرح بإيجاز مفاهيم النماذج المستندة إلى الحسنات والمساوى.
٢. أعط مثلاً توضيحياً عن تطبيق نموذج الحسنات والمساوى.

السؤال (٣) مفاهيم نماذج الحذف والإضافة.

١. اشرح بإيجاز آلية عمل نماذج الحذف $Disjunctive$.
٢. اشرح بإيجاز آلية عمل نماذج الإضافة $Conjunctive$.
٣. ما هو الفرق الجوهرى بين النمطين السابقين من النماذج؟

السؤال (٤) مقارنة النماذج.

يحتاج أحد المستثمرين لمساعدته في الاختيار بين ثلاثة بدائل A, B, C ، حيث قام الخبراء بتقدير الإيرادات بآلاف الدولارات وحالات السوق واحتمالاتها، كما يبين الجدول الآتي:

حالات السوق	$S1$	$S2$	$S3$
احتمالاتها	٢٠%	٦٠%	٢٠%
البديل A	٢٠٠ -	١٠٠	٤٠٠
البديل B	٣٠٠ -	٧٠	٥٠٠
البديل C	٠	١٠٠	١٤٠

١. ما البديل الأفضل وفق نموذج الأرجحية وما هي قيمته المتوقعة $EV1$ ؟
٢. ما البديل الأفضل وفق النموذج التثاؤمي وما هي قيمته المتوقعة $EV2$ ؟
٣. ما البديل الأفضل وفق النموذج التفاضلي وما هي قيمته المتوقعة $EV3$ ؟
٤. ما البديل الأفضل وفق نموذج القيمة المتوقعة وما هي قيمته المتوقعة $EV4$ ؟
٥. ما القيمة المتوقعة في حال توفر معلومات أكيدة $EVWPI$ ؟
٦. ما القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة $EVPI$ ؟
٧. ما البديل الأفضل وفق النموذج القاموسي وما هي قيمته المتوقعة $EV5$ ؟

السؤال (٥) تطبيق نموذج الندم أو تجنب الندم على الفرص الضائعة.

يحتاج أحد المستثمرين لمساعدته في الاختيار بين ثلاثة بدائل A, B, C ، حيث قام الخبراء بتقدير الإيرادات بآلاف الدولارات وحالات السوق واحتمالاتها، كما يبين الجدول الآتي:

حالات السوق	S1	S2	S3
احتمالاتها	٢٠%	٦٠%	٢٠%
البديل A	٢٠٠ -	١٠٠	٤٠٠
البديل B	٣٠٠ -	٧٠	٥٠٠
البديل C	٠	١٠٠	١٤٠

١. ضع جدول بالفرص الضائعة استناداً إلى الجدول السابق.
٢. وفق جدول الفرص الضائعة، وما البديل الأفضل؟
٣. ما القيمة المتوقعة للبديل الأفضل؟

الفصل السابع: شجرات القرار

Decision Trees



لوحات رائعة منحوتة من حجر
البازلت ...

حسام نزهة^(٣٢)

^{٣٢}. حسام نزهة (١٩٦٥ -) فنان سوري متميز بالتحق على حجر البازلت الأزرق.

ملخص الفصل:

يتناول الفصل إحدى التقنيات البسيطة لكنها منتشرة بشكلٍ واسعٍ ومعني بذلك شجرة القرارات، حيث سنتعرف إلى قواعد وأسس رسم وحل الشجرة، وكيفية استخدام نظرية بايز لتعديل الاحتمالات المعروفة سابقاً، كما سنرى كيفية حساب قيمة المعلومات الأكيدة، وأخيراً نتوجه ببعض النصائح للاستخدام السليم لشجرة القرارات.

كلمات مفتاحية Key Words:

شجرة القرار *Decision Tree*، نظرية بايز *Bayes Theorem*، القيمة المتوقعة بدون معلومات *Expected Value without Information*، القيمة المتوقعة مع معلومات أكيدة *Expected Value with Perfect Information*، القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة *Expected Value of the Perfect Information*.

مخطط الفصل:

- ١-٧ مفاهيم شجرة القرار.
- ٢-٧ الاحتمالات الشرطية ونظرية بايز.
- ٣-٧ حالة عملية: امتياز ماركة عالمية.
- ٤-٧ بعض النصائح لتطبيق شجرة القرار.
- اختبارات وأسئلة الفصل *Tests*.

٧-١ مفاهيم شجرة القرار

تعتبر شجرة القرارات من الأدوات الفعالة لتمثيل المشكلات، وإيجاد حلول مناسبة في الكثير من الحالات، لا يجب النظر إلى شجرة القرارات، وكأنها بديل لنماذج أخرى (Lunenber, 2010)، بل على أنها طريقة تساعد في حل بعض المشكلات وغير مناسبة لمشكلات أخرى، وكذلك هو الحال بالنسبة لجميع النماذج المساعدة في صناعة القرارات، إذ يجب النظر إلى كل من هذه النماذج حسب مدى مواءمتها للمشكلة المدروسة، كما أشرنا إلى ذلك سابقاً لدى الحديث عن نمذجة المشكلات.

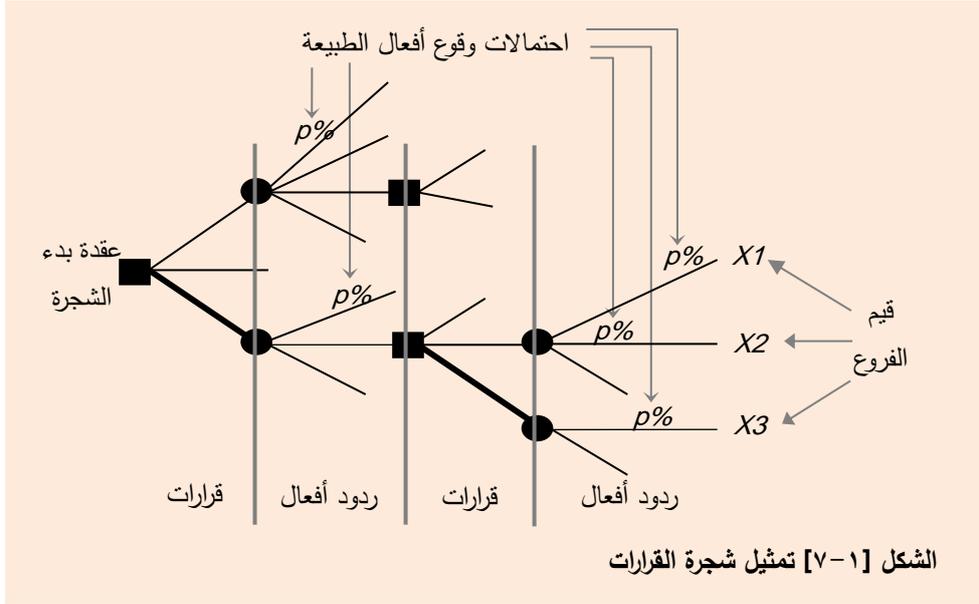
٧-١-١ تعريف وبناء شجرة القرار

شجرة القرارات *Decision Tree* هي تمثيل مستوي عبر الزمن لمجموعة من خيارات متخذ القرار ومجموعة من الأحداث التي تقع دون إرادته، ندعوها حالات الطبيعة *States of Nature*، فهي إذاً تتناوب قرارات وحالات البيئة المحيطة مرتبة حسب التسلسل الزمني المنطقي لوقوع هذه الأفعال، تبدو كأنها لعبة فعل ورد فعل يتناوب متخذ القرار مع البيئة أو المنافسة على اتخاذ القرارات، وقد تكون البيئة المحيطة منافساً، أو سوقاً أو لاعباً أو غيرها.

يمكن تخيل تمثيل مشكلة القرار بفروع وأغصان الشجرة تماماً، لذلك ندعوها "شجرة" القرارات كما يوضح الشكل [٧-١]؛ حيث تمثل القرارات بشكل مربعات وأحداث البيئة بشكل دوائر، وتمثل استراتيجية متخذ القرار تجاه حالات البيئة بشكل مميز (خط مختلف)؛ وعادةً ما يتم بناء الشجرة من اليسار إلى اليمين، وإجراء الحسابات، أي البحث عن الحل من اليمين إلى اليسار باستخدام مفاهيم القيمة المتوقعة *Expected Value*.

هناك بعض القواعد البسيطة لبناء الشجرة والتي تساعد في صياغتها نستعرض أهمها.

القاعدة الأولى: هناك عقدة وحيدة تمثل بدء للشجرة. في حال تواجد أكثر من عقدة بدء ممكنة في البداية، تُنشئ عقدة بدء وهمية نصل بها جميع عقد البدء الأخرى، وإذا كان ذلك غير ممكن، فيجب تجزئة المشكلة حسب الحال.



القاعدة الثانية: كل عقدة لديها أب واحد على الأكثر تتصل به، أي كل عقدة تتصل بجذر واحد على الأكثر، وفي حال وجود أكثر من إمكانية من عقدة الأب إلى عقدة الابن، يجب تجزئة أو تكرار عقدة الابن. تبين هذه القاعدة وجود مسار وحيد على الأكثر بين كل عقدتين، يمثل هذا المسار سلسلة متعاقبة من القرارات التي تمثل بدورها استراتيجية متخذ القرار.

مثال (٧-١) القاعدة الثانية.

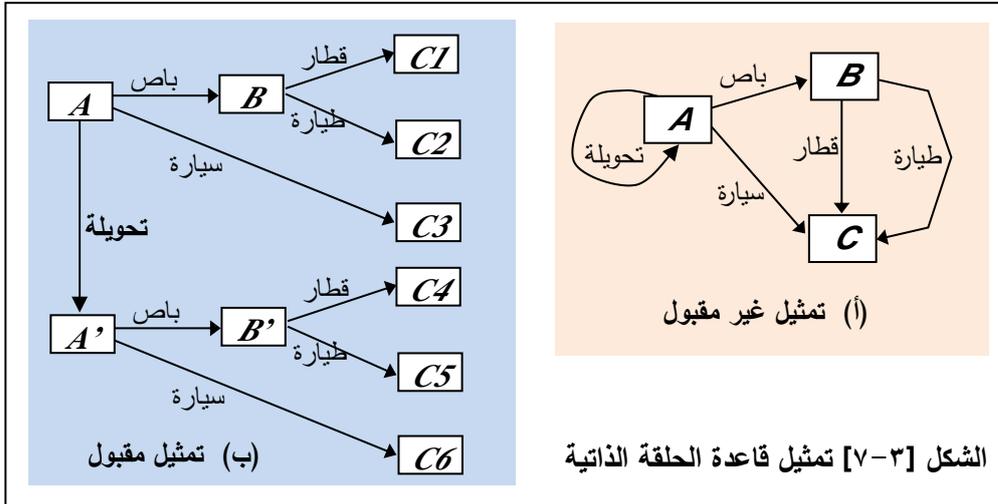
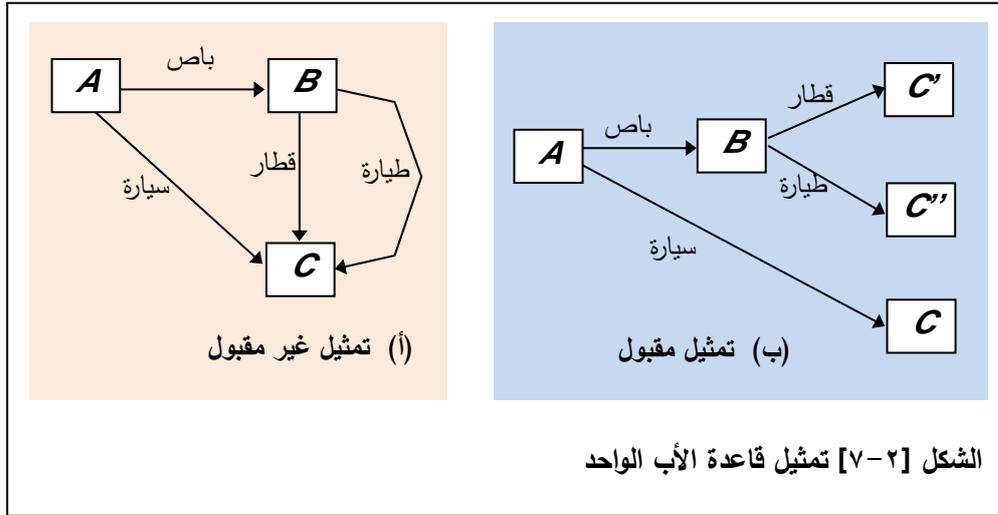
نود الذهاب من المحطة A إلى المحطة C، من أجل ذلك يمكن إما أخذ السيارة مباشرة، أو الذهاب إلى محطة ثالثة B بالباص ثم ركوب القطار أو الطائرة من B إلى C، حيث يبين الشكل [٧-٢] في الحالة (أ) تمثيل غير مقبول لوجود عدة مسارات (آباء) إلى العقدة C، لذلك يجب تجزئة أو تكرار العقدة C ليصبح التمثيل مقبولاً كما تبين الحالة (ب).

القاعدة الثالثة: لا يمكن لعقدة أن تلي نفسها، أي لا يوجد حلقة ذاتية، في حال وجودها، يجب تجزئة المشكلة أو تكرار العقدة.

مثال (٧-٢) القاعدة الثالثة.

لنأخذ المثال السابق (٧-١)، ولنفرض بأن هناك تحويلة، حيث يمكن استخدام النقل الداخلي عند المحطة A ومن ثم استخدام الباص أو السيارة بعد التحويلة، حيث يجب تكرار أو تجزئة العقدة A

كما يبين الشكل [٧-٣] الحالة (ب).



إن اختيار الأحداث الواجب تمثيلها على الشجرة يعود إلى طبيعة المشكلة، وأهمية هذه الأحداث وفق ما يراه مهندس القرار ملائماً، إذ أن تمثيل جميع الأحداث التي يمكن أن تقع بين القرارات المرحلية، قد يؤدي إلى تعقيد غير مبرر للشجرة، ومن الأحداث التي يمكن أن تقع مثلاً، إمكانية تعطل السيارة على الطريق، أو إمكانية تأخر القطار أو الطائرة في الإقلاع، أو وجود حفريات على الطريق، ... الخ، وبالتالي فإن هذه الأحداث لا تؤخذ بالاعتبار، إلا إذا كانت ذات تأثير ذي معنى على خيارات متخذ القرار (Chelst, 1998).

٧-١-٢ حل الشجرة

يعني حل الشجرة إيجاد المسار الأمثل على الشجرة، أو ما ندعوه استراتيجية متخذ القرار، أي الخيارات أو القرارات التي سياخذها في مواجهة كل حالة من حالات الطبيعة؛ ويُستخدم في الحل مفهوم القيمة المتوقعة عند كل عقدة حالة من حالات الطبيعة، أي مجموع قيم فروع العقدة مثقلةً باحتمالاتها، ثم مقارنة القيم الناتجة لكل عقدة، واختيار البديل الأفضل من بينها، وندعوه بالقيمة المتوقعة *Expected Value* للبديل الأفضل، كما يلي:

القيمة المتوقعة للبديل A هي:

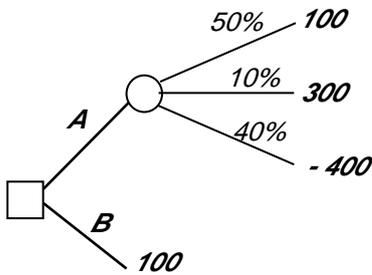
$$EV(A) = 100 \times 50\% + 300 \times 10\% - 400 \times 40\% = -80$$

البديل الثاني B له قيمة أكيدة تساوي ١٠٠.

فالبديل الأفضل هو الثاني B باعتبار

أن القيمة المتوقعة هي الأكبر. ونقول أن

القيمة المتوقعة للشجرة تساوي في هذه الحالة ١٠٠.



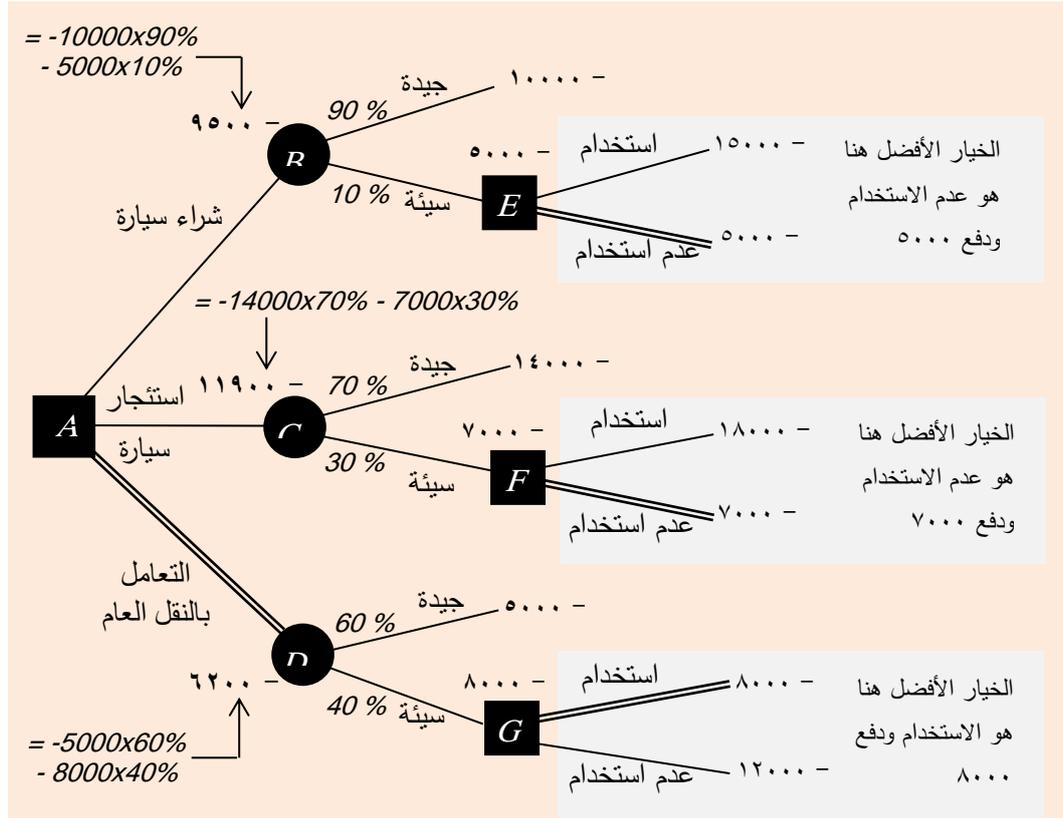
مثال (٧-٣) خدمات النقل.

لتأمين خدمات التنقل العام، يمكن دوماً للشخص إما شراء سيارة خاصة أو استئجار سيارة أو التعامل مع وسائل النقل العامة، وهناك نفقات شهرية لكل من هذه الخيارات، كما يمكن تقدير احتمالات كل من الأحداث الممكنة لكل من الخيارات، كما هو مبين على الشجرة في الشكل [٧-٤].

مثلاً: في حال شراء سيارة خاصة، فيمكن للسيارة أن تكون جيدة أو سيئة، في حال كانت جيدة فإن تكاليفها الشهرية حوالي ١٠ آلاف ليرة، وفي حال كانت سيئة فليديه دوماً الخيار باستخدامها أو لا، في حال استخدامها فإنها تكلف ١٥ ألف ليرة، وفي حال لم يستخدمها تكلف ٥ آلاف (تأمين، تجميد رأس مال، ...). لتسهيل فهم المشكلة، يمكن أن نتخيل أن النفقات المقدرة هي التقييم النهائي الشهري لكل خيار.

نُمثل على الشجرة إذاً الخيارات المتاحة أي القرارات، والأحداث التي يمكن أن تقع في حال اختيار

أي من هذه القرارات، كما نضع كافة التقييمات والاحتمالات، كما هو مبين في الشكل [٧-٤].



نقوم بمجموعة من الحسابات الوسيطة:

عقدة قرار E : لدى متخذ القرار خياران، إما استخدام السيارة وتحمل تكاليف ١٥٠٠٠ ل.س شهرياً، أو عدم استخدامها وتحمل تكاليف ٥٠٠٠ ل.س شهرياً، وبالتالي سيقدر الخيار العقلاني بعدم الاستخدام كونه أقل تكلفةً.

عقدة قرار F : لدى متخذ القرار خياران، إما استخدام السيارة وتحمل تكاليف ٨٠٠٠ ل.س شهرياً، أو عدم استخدامها وتحمل تكاليف ١٢٠٠٠ ل.س شهرياً، وبالتالي سيقدر الخيار العقلاني باستخدامها كونه أقل تكلفةً.

عقدة قرار G : لدى متخذ القرار خياران، إما استخدام النقل العام وتحمل تكاليف ١٥٠٠٠ ل.س شهرياً، أو عدم استخدامها وتحمل تكاليف ٥٠٠٠ ل.س شهرياً، وبالتالي سيقدر الخيار العقلاني بعدم استخدامها.

عقدة الأحداث B : في حال قرر شراء السيارة، هناك احتمال ٩٠% أن تكون جيدة وسيتمثل تكاليف ١٠٠٠٠ ل.س شهرياً، واحتمال ١٠% أن تكون سيئة وتكاليف شهرية تساوي ٥٠٠٠. تُطبق في هذه العقدة طريقة القيمة المتوقعة: $EV(B) = 90\% \times (-10000) + 10\% \times (-5000) = -9500$. بمعنى أن القيمة المتوقعة لكافة فروع هذه العقدة يعادل -٩٥٠٠ ل.س شهرياً.

عقدة الأحداث C : في حال قرر استئجار سيارة، هناك احتمال ٧٠% أن تكون جيدة وسيتمثل تكاليف ١٤٠٠٠

ل.س شهرياً، واحتمال ٣٠% أن تكون سيئة وتكاليف شهرية تساوي ٧٠٠٠. يُطبق في هذه العقدة طريقة القيمة المتوقعة: $EV(B) = 70\% \times (-14000) + 30\% \times (-7000) = -11900$. بمعنى أن القيمة المتوقعة لكافة فروع هذه العقدة يعادل - ١١٩٠٠ ل.س شهرياً.

عقدة الأحداث D : في حال قرر التعامل بالنقل العام، هناك احتمال ٦٠% أن تكون الخدمات جيدة وسيتمثل تكاليف ٥٠٠٠ ل.س شهرياً، واحتمال ٤٠% أن تكون سيئة وتكاليف شهرية تساوي ٨٠٠٠. يُطبق في هذه العقدة طريقة القيمة المتوقعة: $EV(B) = 60\% \times (-5000) + 40\% \times (-8000) = -6200$. بمعنى أن القيمة المتوقعة لكافة فروع هذه العقدة يعادل - ٦٢٠٠ ل.س شهرياً.

عقدة قرار A : لدى متخذ القرار ثلاثة خيارات، إما شراء سيارة وتحمل تكاليف قيمتها المتوقعة - ٩٥٠٠ ل.س شهرياً، أو استئجار سيارة قيمتها المتوقعة تساوي - ١١٩٠٠ ل.س شهرياً، أو استخدام النقل العام بقيمة متوقعة تساوي - ٦٢٠٠ ل.س شهرياً، وبالتالي سيقدر الخيار العقلاني الأقل تكلفةً أي التعامل بالنقل العام.

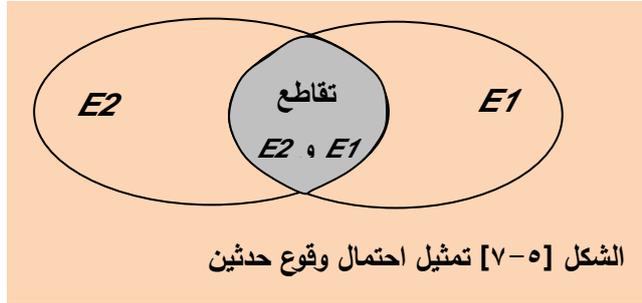
فتكون الاستراتيجية المثلى لمتخذ القرار حسب ما هو مبين على الشجرة (الخطوط المزدوجة): التعامل بالنقل العام، واختيار استخدامها في حال كانت الخدمات سيئة، وفي حال كانت الخدمات جيدة لا يوجد خيارات أخرى.

٧-٢ الاحتمالات الشرطية ونظرية بايز

أثناء تقدّم عملية اتخاذ القرار، فقد تصل معلومات أو يتم إجراء دراسات إضافية في أي مرحلة من مراحل عملية صناعة القرار، وفي الكثير من الأحيان، قد يكون من الضروري مراجعة الأحداث واحتمالاتها خصوصاً تلك المرتبطة بوقوع أحداث أخرى، والأخذ بالاعتبار للمعلومات الإضافية، وهذا ما ندعوه بمراجعة الاحتمالات الأولية *Prior Probability* ونستخدم لهذه الغاية مفهوم الاحتمال الشرطي *Conditional Probability* ونظرية بايز *Bayes Theorem*.

الاحتمال الشرطي هو احتمال وقوع حدث E_1 علماً بأن حدثاً آخر E_2 قد وقع؛ بمعنى أن وقوع الحدث الثاني E_2 يمكن أن يؤثر على وقوع الحدث الأول E_1 ؛ ونرمز للاحتمال الشرطي بالشكل $P(E_1/E_2)$ ويُقرأ احتمال E_1 علماً E_2 ، يمكن النظر إلى الاحتمال الشرطي كمجال التقاطع بين مجموعتين كما يبين الشكل [٥-٧]، مثلاً احتمال أن تُمطر غداً علماً بأن الفصل الحالي هو فصل الشتاء، أو احتمال النجاح في الامتحان علماً بأنك قد حضرت بشكل كافي؛ فالاحتمالات الشرطية هي وسيلة لمراجعة الاحتمالات الأولية التي عادةً ما تكون معلومة سابقاً وبما يساهم في تخفيض مستوى الشكّ

Incertitude، وهي تقنية مفيدة جداً في اتخاذ القرارات، ويُعتمد عليها في إنجاز حسابات شجرة القرارات (Gatta, 1999).



أعطى عالم الرياضيات توماس بايز^(٣٣) *Bays*، العلاقة بين هذه الاحتمالات بالشكل الآتي:

$$P(E_1 \wedge E_2) = P(E_1).P(E_2 / E_1) = P(E_2).P(E_1 / E_2)$$

ومنه يمكن حساب الاحتمال الشرطي لوقوع الحدث E_1 علماً بأن E_2 قد وقع، وفق الصيغة:

$$P(E_1 / E_2) = \frac{P(E_1).P(E_2 / E_1)}{P(E_2)}$$

مثال (٧-٤) اختيار أسهم في البورصة.

تُبين الإحصائيات السابقة بأن احتمال ربح أي سهم في البورصة هي ١ من ٢٠٠. يُسوق أحد المصارف نظام خبير مجاني جديد يساعد عملائه على اختيار أسهم في البورصة. لاختبار النظام قبل اعتماده، قمنا بالتجارب التالية على أسهم معروفة نتائجها سابقاً من الإحصائيات التاريخية للبورصة:

✓ تم تجريبه على ٥٠٠ سهم رابح (نعلم مسبقاً أنها رابحة)، فنجح النظام في تحديد ٤٨٥ منها كأسهم رابحة و ١٥ سهماً قال النظام أنها خاسرة.

✓ ثم تم تجريبه على ٥٠٠ سهم خاسر (نعلم مسبقاً أنها خاسرة)، فنجح النظام في تحديد ٤٧٠ سهماً خاسراً و ٣٠ سهماً قال النظام أنها رابحة.

لدينا حالياً سهم جديد، تم استشارة النظام فقال بأنه رابح، فما هو احتمال أن يكون السهم فعلياً رابحاً على ضوء نتيجة النظام الإيجابية أي أنه رابح؟

^{٣٣} كان *Thomas Bays* (١٧٠١-١٧٦١) أحد ألمع علماء القرن الثامن عشر، توفي عام ١٧٦٠، ونُشرت نظريته عام ١٧٥٦ بعد وفاته، وأصبحت أساساً لما ندعوه بالإحصاء الاستنتاجي *Statistical Inference*.

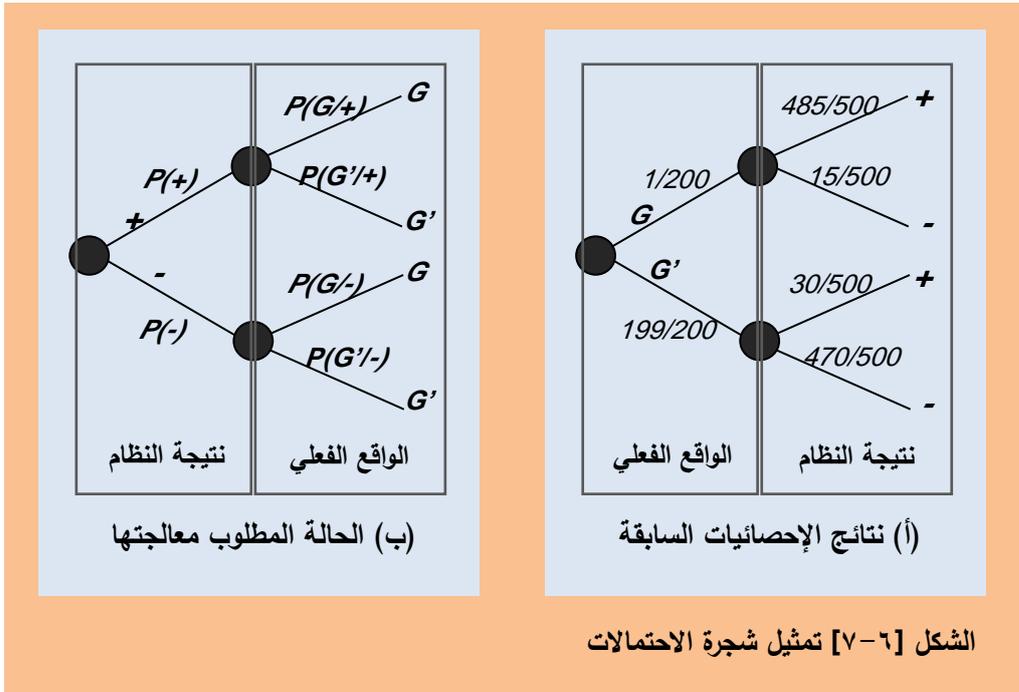
لنرمز للحدث "السهم فعلاً رابح" بـ G ولحدث "السهم فعلاً خاسر" بـ G' ، ولنرمز للحدث "النظام أعطى رابح" بـ $+$ ولحدث "النظام أعطى سهم خاسر" بـ $-$. يبين الشكل [٦-٧] شجرة الاحتمالات. مثلاً، $P(+/G)=485/500$ تعني احتمال أن يعطي النظام أن السهم رابح علماً بأن السهم هو فعلاً رابح هو $485/500=97\%$ ، بينما ما نريده هو حساب العكس أي احتمال أن يكون السهم فعلاً رابح علماً أن النظام أعطى أنه رابح أي $P(G/+)$. بتطبيق نظرية بايز، نجد:

$$P(G/+)=\frac{P(+/G)P(G)}{P(+)}=\frac{P(+/G)P(G)}{P(+/G)P(G)+P(+/G')P(G')}$$

$$P(G/+)=\frac{485/500 * 1/200}{485/500 * 1/200 + 30/500 * 199/200}=7.5\%$$

أي أن احتمال أن يكون السهم فعلياً رابحاً على ضوء نتيجة النظام الإيجابية هي $7,5\%$ ، في حين كانت قبل استشارة النظام تساوي $0,5\%$ ($1/200$). فكما نلاحظ أن الاحتمال الأولي قد تم تعديله بناءً على معلومات جديدة من خلال استشارة النظام.

تعتمد شجرات القرار على هذه التقنية بشكل رئيسي لتجميع الفروع الاحتمالية على الشجرة ولإعادة حساب الاحتمالات عند كل معلومة إضافية، وسنرى في الفقرة اللاحقة تطبيق هذه التقنية على حالة عملية.



٧-٣ حالة عملية: امتياز ماركة عالمية

يُفيد هذا المثال التفصيلي في تطبيق مباشر ومتكامل لشجرة القرارات، حيث سنبدأ بالخيارات البسيطة دون معلومات، ثم نضيف إليها خيار توفر معلومات إضافية.

٧-٣-١ الحالة البسيطة

حصلت شركة محلية على حق امتياز ماركة عالمية لصناعة الألبسة، وتُفكر إدارة الشركة بأحد الخيارات الثلاث الآتية:

الخيار الأول A: بيع الامتياز مباشرةً. في حال قررت الشركة التخلي عن الامتياز مباشرةً، يمكن بيعه مباشرةً والحصول على ١٢٥ ألف \$.

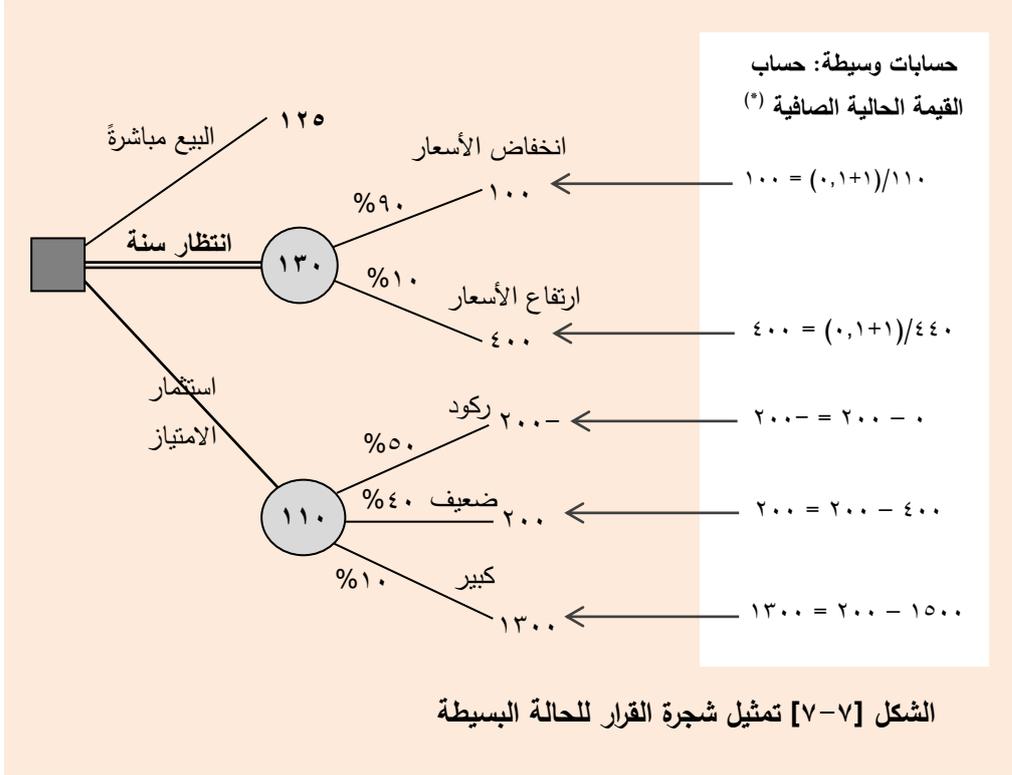
الخيار الثاني B: الاحتفاظ بالامتياز لمدة سنة، ثم بيعه في نهاية السنة. وفي حال قررت بيعه بعد سنة، فإنه سيتأثر بارتفاع أو انخفاض أسعار سوق الألبسة: إذا ارتفعت الأسعار فإن الشركة ستبيعه بـ ٤٤٠ ألف \$، وفي حال انخفاض الأسعار فإنه سعره لا يساوي إلا ١١٠ آلاف \$. علماً بأن احتمال زيادة الأسعار هو ١٠%، ومعدل التضخم المُعتمد هو ١٠% سنوياً.

الخيار الثالث C: استثمار الامتياز منذ الآن. حيث تبلغ تكلفة النفقات التأسيسية لاستثمار الامتياز حوالي ٢٠٠ ألف دولار، كما تخضع المبيعات لحالة السوق، إذ يمكن الحصول في حال العمل بالامتياز على ثلاث حالات كما يبين الجدول الآتي:

الإيرادات الخام المتوقعة	احتمال وقوع الحالة	حالة السوق (المبيعات)
٠ دولار	٥٠%	<i>S</i> ركود
٤٠٠ ألف \$	٤٠%	<i>P</i> سوق ضعيف
١٥٠٠ ألف \$	١٠%	<i>T</i> سوق مشجع

أي من الخيارات الثلاث السابقة يمكنك أن تنصح إدارة الشركة أن تعتمد؟

(١) بناء الشجرة للحالة البسيطة



(*) من الضروري حساب جميع التقديرات المالية في نفس اللحظة، لذلك تم حساب القيم الحالية الصافية *Net Present Value* لهذه التدفقات.

٢) حساب القرار الأفضل

يتم الحصول على القرار الأفضل بإجراء الحسابات دوماً من اليمين إلى اليسار بالشكل الآتي:

نبدأ بحساب القيمة المتوقعة للمبالغ عند كل عقدة احتمالات، ونضعها في العقدة، وتستبدل الفروع الاحتمالية، ونختار القيمة الأكبر عند كل عقدة قرار.

القيمة الأكيدة للخيار الأول A أي البيع مباشرة هي ١٢٥ ألف \$.

القيمة المتوقعة للخيار الثاني B أي البيع بعد سنة يساوي ١٣٠ ألف كما يلي:

$$EV(B) = 100 \times 9\% + 400 \times 10\% = 130$$

القيمة المتوقعة للخيار الثالث C أي استثمار الامتياز يساوي ١١٠ آلاف كما يلي:

$$EV(C) = -100 \times 50\% + 200 \times 40\% + 1300 \times 10\% = 110$$

كما نلاحظ بأن القيمة المتوقعة الأكبر تُقابل الخيار الثاني $EV(B) = 130$ ، وبالتالي تُنصح الشركة بالانتظار والتخلي عن الامتياز بعد سنة، وندعو هذه القيمة بالقيمة المتوقعة بدون أية معلومات إضافية *Expected Value without Information* أو اختصاراً القيمة المتوقعة EV .

٣) القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة $EVPI$

نلاحظ في حال توفرت معلومات بشكل أكيد عن ارتفاع الأسعار في الخيار الثاني، وعن حالة السوق في الخيار الثالث، فيمكن للشركة تحسين خياراتها وتُجري المحاكمة المنطقية الآتية:

في حال معرفة حالة الأسعار في الخيار الثاني، فإن أقصى مبلغ يُمكن الحصول عليه هو ٤٠٠ ألف، في حال معرفة حالة السوق في الخيار الثالث، فإن أقصى مبلغ يُمكن الحصول عليه هو ١٣٠٠ ألف، وبطبيعة الحال، يُمكن للشركة البيع مباشرةً والحصول على ١٢٥ ألف،

وبالتالي، فإن أقصى ما تتوقعه الشركة هو الحصول على ١٣٠٠ ألف \$ طبعاً في حال توفر المعلومات الأكيدة، ندعو هذه القيمة بالقيمة المتوقعة مع معلومات أكيدة $EVwPI: Expected Value with Perfect Information$ ، وبالمقارنة مع القيمة المتوقعة السابقة بدون أية معلومات إضافية $EV=130$ ، فإن القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة $EVPI: Expected Value of Perfect Information$ تساوي الفرق بين القيمتين:

$$EVPI = EVwPI - EV \quad \text{وتساوي إذاً} \quad EVPI = 1300 - 130 = 1170$$

أي لا يجب على الشركة دفع أكثر من هذا المبلغ ١١٧٠ مقابل المعلومات مهما كانت طبيعتها. مع الإشارة إلى الصعوبة البالغة أو استحالة الحصول على المعلومة الأكيدة، لكنها مؤشر مفيد لتقدير قيمة الدراسات التسويقية أو التجسسية التي يُمكن أن توفر معلومات مفيدة لصاحب القرار، إذ يُمكن استخدامها لغايات المقارنة والمفاوضات بشأن تكلفة مثل هذه المعلومات.

٧-٣-٢ أثر المعلومات الجديدة ومراجعة الاحتمالات

نلاحظ بأنه في حال استثمار الامتياز، هناك تكاليف إضافية حوالي ٢٠٠ ألف دولار، وبالتالي من المفيد الحصول على معلومات إضافية تسمح بتقدير حالة السوق وذلك بإجراء دراسات إضافية.

لنفترض حالياً بأنه يمكن إجراء دراسة تسويقية بتكلفة ١٠ آلاف دولار تؤدي إلى تقدير حالة السوق والمتمثلة بإحدى الحالات الثلاث الآتية:

(N) وضع غير معروف

(O) وضع غير مشجع (أسوأ حالة)

(C) وضع مُشجع جداً (أفضل حالة)

بالرغم من أن الدراسة تُعطي الحالة المتوقعة للسوق، فإنه هناك دوماً احتمال ألا يتطابق حجم المبيعات مع حالة السوق، أي ليس بالضرورة أن يؤدي الوضع المشجع جداً مثلاً إلى سوق فعلاً مشجع أي حجم مبيعات كبير؛ وبالعودة إلى الإحصائيات السابقة، حصلنا على البيانات الآتية في الجدول:

حالة السوق (حجم المبيعات)	حالات الوضع المتوقع السوق		
	غير معروف N	غير مشجع O	مشجع جداً C
ركود S	٧٠%	٢٠%	١٠%
ضعيف P	٣٠%	٤٠%	٣٠%
كبير T	١٠%	٣٠%	٦٠%

قراءة الجدول: في الماضي أي الإحصائيات السابقة، في حالة السوق فعلاً بحالة ركود، تبين أن ٧٠% منها كانت حالة التوقعات غير معروفة أي $P(N/S)=70\%$ ، و ٢٠% منها كانت التوقعات غير مشجعة، أي $P(O/S)=20\%$ و ١٠% منها كانت التوقعات مشجعة جداً $P(C/S)=10\%$.

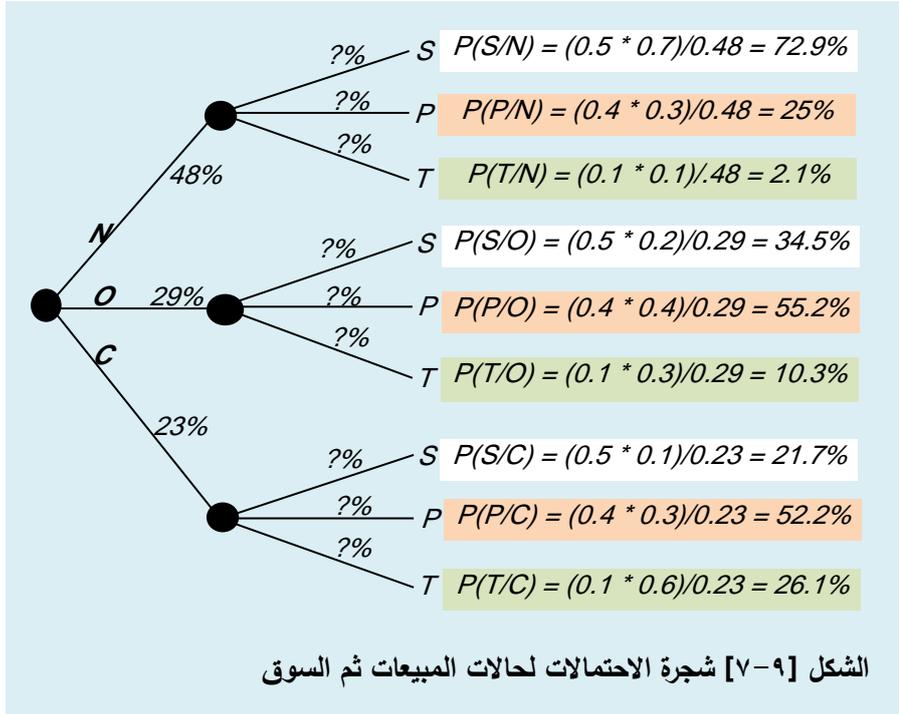
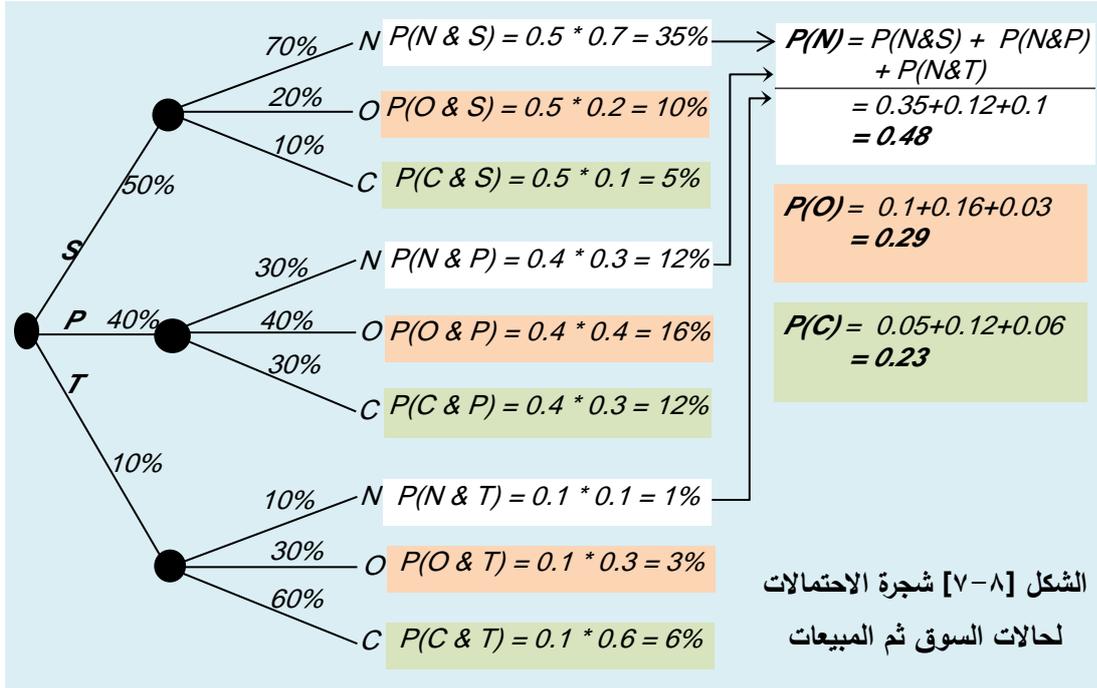
فما هو الخيار الأفضل الذي تُتصح به الشركة في هذه الحالة على ضوء نتائج الدراسة التسويقية؟

نلاحظ أن الدراسة تعطي بيئة السوق المتوقعة، ولا تُعطي وضع السوق من حيث المبيعات، ويُعطي الجدول السابق الحالات المختلفة المتوقعة للسوق (غير معروفة، غير مشجعة، مشجعة جداً) بعد معرفة الوضع الفعلي للسوق من حيث حجم المبيعات (ركود، ضعيف، كبير)؛ بينما ما نريده نحن هو معرفة نوع حجم المبيعات بعد معرفة بيئة السوق، أي العكس تماماً!

نعلم احتمال أن تكون البيئة غير معروفة، علماً أن السوق فعلاً راكد $P(N/S)=70\%$ ، بينما ما نريد حسابه هو احتمال أن يكون السوق فعلاً راكداً علماً أن البيئة غير معروفة $P(S/N)=?$.

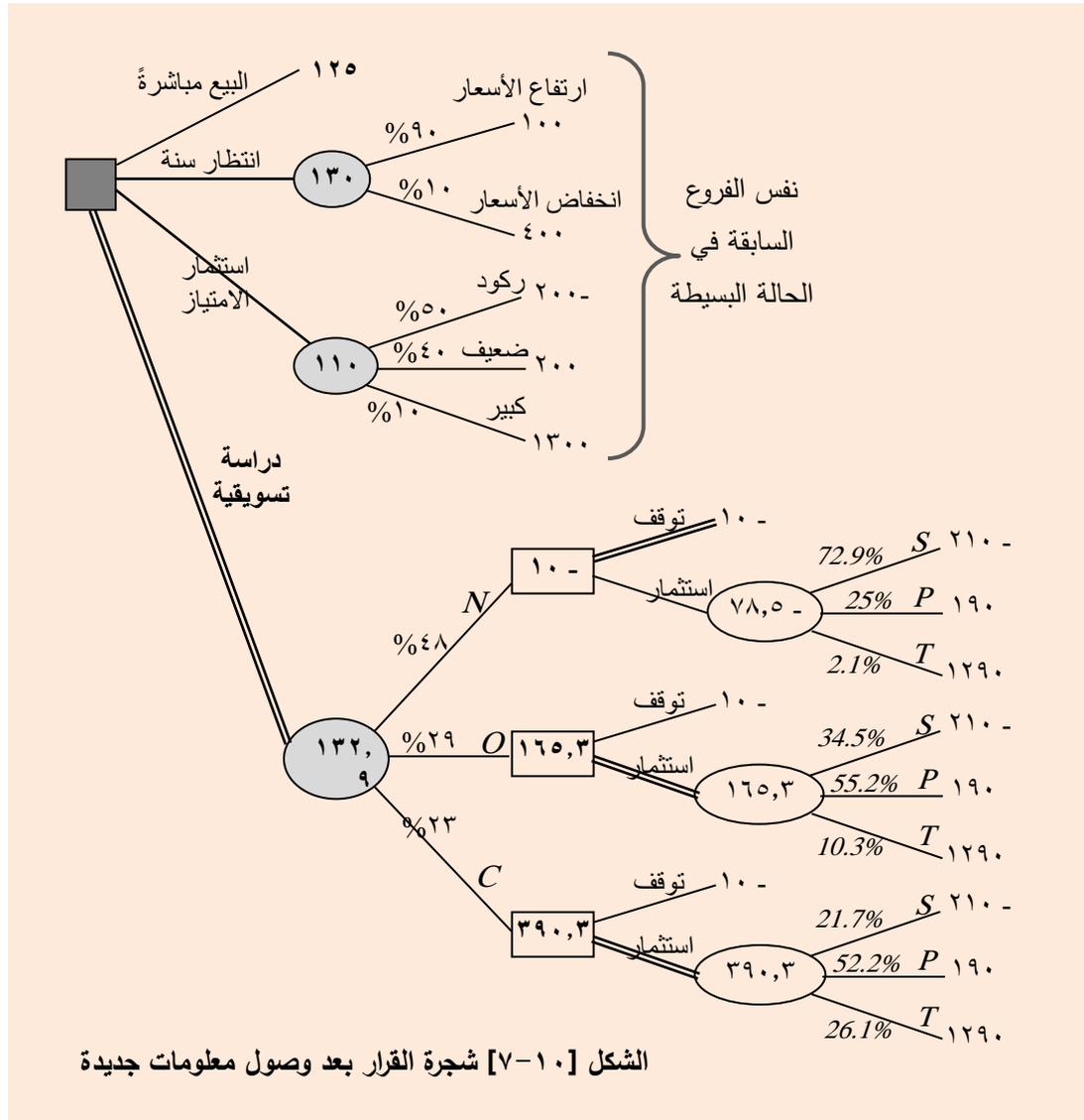
أي يجب عكس شجرة الاحتمالات ونعيد إجراء الاحتمالات الجديدة باستخدام صيغة بايز

كما يبين الشكل [٧-٩] $P(S/N) = [P(N/S) * P(S)] / P(N)$.



بعد حساب هذه الاحتمالات الضرورية، نقوم بحساب كافة فروع شجرة القرارات السابقة بعد إضافة فرع جديد يتعلق بالدراسة التسويقية، كما هو مبين في الشكل [٧-١٠]، حيث تبين الخطوط المزدوجة القرارات التي يجب أن تُتخذ عند كل عقدة قرار، لتشكل في النهاية إستراتيجية إدارة الشركة كما يلي:

- (١) إجراء الدراسة التسويقية، حيث القيمة المتوقعة تساوي ١٣٢,٩ ألف دولار، في حين كان الخيار السابق دون دراسة هو البيع بعد سنة مع قيمة متوقعة تساوي ١٣٠ ألف،
 (٢) حسب نتائج الدراسة التسويقية:
 (١-٢) إذا كانت N (غير معروفة حالة السوق) فالقرار الأفضل هو التوقف، وبطبيعة الحال خسارة ١٠ آلاف دولار.
 (٢-٢) الاستثمار في الحالتين الأخيرتين أي O (غير مشجع مع قيمة متوقعة ١٦٥,٣ ألف دولار) و S (مشجع جداً مع قيمة متوقعة ٣٩٠,٣ ألف دولار).



٧-٣-٣ حساب ثمن المعلومة

بالقياس إلى مفهوم القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة، يُمكن تقدير القيمة المتوقعة للمعلومات الإضافية التي توفرها الدراسة.

لدى مقارنة القيمة المتوقعة الجديدة في حالة الدراسة التسويقية (١٣٢,٩ ألف \$) مع القيمة المتوقعة في الحالة الأولى دون أية معلومات إضافية (١٣٠ ألف \$)، فإن القيمة المتوقعة للمعلومات الإضافية التي أتت بها الدراسة لا تتجاوز $١٣٢,٩ - ١٣٠ = ٢,٩$ آلاف \$.

القيمة المتوقعة للمعلومات = القيمة المتوقعة مع معلومات - القيمة المتوقعة دون معلومات

أي يجب ألا يزيد ثمن الدراسة عن ١٢,٩ ألف \$، وتساوي تكلفة الدراسة نفسها ١٠ آلاف دولار وفرق القيمتين المتوقعتين ٢,٩ ألف دولار.

في حال أجرينا الدراسة مجاناً مثلاً، فإن القيمة المتوقعة للفرع المتعلق بالدراسة تساوي ١٤٢,٩ ألف \$، ومن هنا نتأكد أيضاً أن أية دراسة يجب ألا تزيد تكلفتها عن ١٢,٩ ألف \$ (١٣٠ - ١٤٢,٩)؛ لأنه نتوقع الحصول على ١٣٠ ألف \$ بدون أية دراسة، في حين تبلغ القيمة المتوقعة مع دراسة مجانية ١٤٢,٩ ألف \$، وبالتالي فإن ثمن الدراسة يجب ألا يزيد عن الفرق بينهما أي ١٢,٩ ألف \$.

٧-٤ بعض النصائح لتطبيق شجرة القرار

- (١) بناء الشجرة دوماً من اليسار إلى اليمين، مع الانتباه الشديد إلى التسلسل الزمني والمنطقي لوقوع الأحداث، والاقتصار على الأحداث والخيارات ذات المعنى.
- (٢) عدم إغراق وإرهاق الشجرة بخيارات أو أحداث تفصيلية جداً، وإلا سنجد أنفسنا وكأننا نبني شجرة أحداث، وبيئة كامل المنظمة وربما أكثر (Quinlan, 1987).
- (٣) الحرص على تناوب خيارات أو بدائل متخذ القرار وردود الأفعال، إذ لا معنى لوضع خيارات متتالية، بل يجب أن تكون على التوازي وإلا تُعتبر خياراً واحداً.
- (٤) تقدير ردود أفعال الطرف الآخر واحتمالاتها وتقييماتها لكل من البدائل.
- (٥) الأخذ بالاعتبار للتقديرات المستقبلية، ولا معنى لأخذ المبالغ المدفوعة سابقاً كونها دفعت، ولم

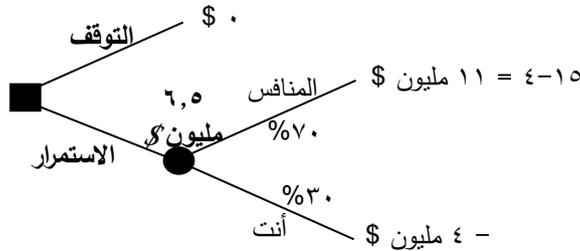
تعد تحت سيطرة متخذ القرار، كما يبين المثال اللاحق (٧-٥).

٦) استخدام البرمجيات المساعدة في رسم الشجرة وحلها، مثل *PrecisionTree* أو برنامج *EDraw*، أو *Palisade Decision Tools* أو غيرها، وغالبيتها تتمتع بواجهات مرتبطة ببرنامج *MS Excel*.

مثال (٧-٥) لا تقع في هذا الخطأ.

استثمرت حتى الآن ٧ مليون \$ في تطوير آلة جديدة، وعلمت حالياً بأن أحد المنافسين يطور نفس الآلة، في حال قررت إيقاف المشروع، فستخسر ٧ مليون \$ التي أنفقتها نهائياً. وفي حال قررت الاستمرار في المشروع، يمكن الحصول على براءة اختراع تكافئ ١٥ مليون \$ إذا انتهت قبل المنافس، وإلا فاختراعك لا يساوي شيئاً، لأن المنافس سيحصل على براءة الاختراع. يُقدر الاختصاصيون المبلغ المتوقع الذي يحتاجه المشروع أيضاً لاستكمال الاختراع بحوالي ٤ مليون \$، واحتمال أن يُنهي المنافس مشروعه قبلك بحوالي ٣٠%. فما القرار الأفضل الاستمرار في المشروع أم إيقافه؟ وما هي القيمة المتوقعة للقرار الأفضل؟ وما أكبر مبلغ يمكن أن تدفعه للحصول على المعلومة الأكيدة التي تسمح بمعرفة من سيُنهي مشروعه قبل الآخر أنت أو المنافس؟

الشجرة في هذه الحالة بسيطة للغاية:



كما نلاحظ بأننا لم نأخذ بالاعتبار للملايين السبعة التي أنفقت سابقاً، لأنها لم تعد من الخيارات الممكنة، إذ يتعلق القرار الحالي بما سيُنفق في المستقبل والذي يمكن حتى اللحظة التحكم به.

القيمة المتوقعة (ربح أو خسارة) في حال الاستمرار تساوي:

$$٦,٥ \text{ مليون } \$ = ١,٢ - ٧,٧ = ٣٠\% * (٤-) + ٧٠\% * (٤-١٥)$$

وهي أكبر من القيمة الأكيدة في حال التوقف (صفر)، وبالتالي يجب الاستمرار في المشروع.

بينما في حال تم الأخذ بالاعتبار للملايين السبعة التي أنفقت سابقاً، فالقيمة المتوقعة تصبح خسارة نصف مليون دولار، وبالتالي يجب إيقاف المشروع:

$$0,5 - = 3,3 - 2,8 = \%30 * (7-4-) + \%70 * (7-4-15)$$

أما فيما يتعلق بقيمة المعلومات الأكيدة، فيجب ألا تزيد عن الفرق بين القيمة المتوقعة للربح بدون هذه المعلومات (أي 6,5 مليون \$) والقيمة الأكيدة التي يمكن ربحها بوجود هذه المعلومات (أي 15-4=11 مليون \$)، أي لا تزيد عن 11-6,5 = 4,5 مليون \$.

اختبارات وأسئلة الفصل السابع Tests

(١) أسئلة صح / خطأ True/False

خطأ	صح	السؤال
		١ شجرة القرارات هي تمثيل مستوي عبر الزمن لمجموعة من الخيارات والأحداث.
		٢ تتناوب قرارات وحالات الطبيعة مرتبة حسب التسلسل المنطقي لوقوعها.
		٣ يُقصد بحالات الطبيعة الخيارات الممكنة لمتخذ القرار .
		٤ يتم بناء الشجرة من اليمين إلى اليسار، والبحث عن الحل من اليسار إلى اليمين.
		٥ تُستخدم مفاهيم القيمة المتوقعة <i>Expected Value</i> لحل شجرة القرار .
		٦ دوماً هناك أكثر من عقدة بدء لشجرة القرار .
		٧ في شجرة القرار، كل عقدة لديها أب واحد على الأكثر تتصل به.
		٨ في شجرة القرار، يمكن إيجاد حلقات ذاتية متكررة.
		٩ تسمح نظرية الاحتمالات الشرطية بمراجعة احتمالات الأحداث في شجرة القرار .
		١٠ القرار الأفضل في عقدة القرار هو القيمة المتوقعة الأكبر لفرع هذه العقدة.
		١١ القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة تساوي الفرق بين القيمة المتوقعة مع معلومات أكيدة والقيمة المتوقعة بدون معلومات.
		١٢ يمكن بناء شجرة القرار دون الانتباه إلى التسلسل الزمني للأحداث.
		١٣ يجب دوماً تمثيل جميع الخيارات والأحداث واحتمالاتها على شجرة القرار .
		١٤ يجب الأخذ بالاعتبار للتقديرات المستقبلية ولا معنى لأخذ المبالغ المدفوعة سابقاً.
		١٥ لتمثيل مناسب لشجرة القرار، يجب تقدير ردود أفعال الطرف الآخر سواء كان الطبيعة أو المنافس.
		١٦ تعتبر شجرة القرار مناسبة لتمثيل جميع مشكلات القرار .
		١٧ عادةً ما يتم تمثيل القرارات بشكل دوائر وأحداث البيئة بشكل مربعات.
		١٨ القيمة المتوقعة مع معلومات أكيدة هي دوماً أصغر من القيمة المتوقعة للشجرة.
		١٩ تستخدم شجرات القرار لتحديد البديل الأمثل لمجموعة خيارات معلومة.
		٢٠ تفيد شجرة القرار في استكشاف فضاء المشكلة وتوضيح عناصرها لمتخذ القرار .

(٢) أسئلة خيارات متعددة Multiple Choices

١- شجرة القرار هي تمثيل:

- (أ) مستوي عبر الزمن للأحداث والخيارات
 (ب) ثلاثي الأبعاد للأحداث
 (ج) افتراضي واحتمالات وقوع أحداث افتراضية
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٢- يتم بناء شجرة القرار وحلها كما يلي:

- (أ) بناء الشجرة وحلها من اليسار لليمين
 (ب) لا فرق بين اتجاه بناء الشجرة وحلها
 (ج) بناء الشجرة من اليسار لليمين والحل من اليمين للييسار
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٣- من أهم قواعد بناء شجرة القرار ما يلي:

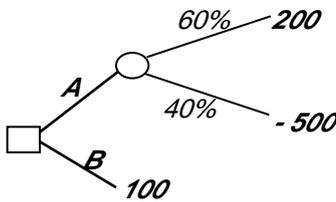
- (أ) عقدة وحيدة تمثل بدء الشجرة
 (ب) كل عقدة لديها أب واحد على الأكثر
 (ج) لا يمكن لعقدة أن تلي نفسها
 (د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

٤- يتم إيجاد الحل الأنسب في شجرة القرار بطريقة:

- (أ) المتوسط الحسابي لأحداث الطبيعة
 (ب) القيمة المتوقعة
 (ج) التحليل الهرمي
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

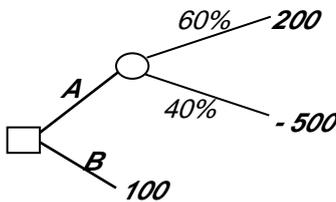
٥- القيمة المتوقعة لعقدة حالة من حالات الطبيعة تحسب:

- (أ) كمجموع قيم فروع العقدة مثقلةً باحتمالاتها
 (ب) المتوسط الحسابي لخيار العقدة
 (ج) القيمة الأكبر لخيارات العقدة
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة



٦- القيمة المتوقعة للشجرة المقابلة يساوي:

- (أ) ١٠٠
 (ب) ٢٠٠
 (ج) ٥٠٠ -
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة



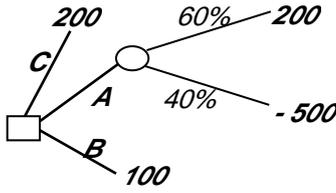
٧- الخيار/القرار الأفضل للشجرة المقابلة هو:

- (أ) A
 (ب) B
 (ج) لا فرق بين A و B
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٨- لدينا حدثان E_1, E_2 حيث $P(E_1)=60\%$ ، $PE_2/E_1=50\%$ ، $P(E_2)=40\%$ ، فإن:

- (أ) $P(E_1/E_2) = 12\%$
 (ب) $P(E_1/E_2) = 60\%$
 (ج) $P(E_1/E_2) = 50\%$
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٩- القيمة المتوقعة للشجرة المقابلة يساوي:



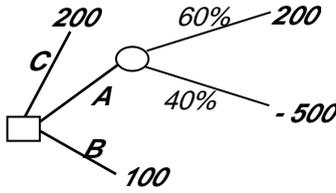
(أ) ١٠٠

(ب) ٢٠٠

(ج) ٥٠٠ -

(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٠- الخيار/القرار الأفضل المتوقع للشجرة المقابلة هو:



(أ) A

(ب) B

(ج) C

(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١١- القيمة المتوقعة مع معلومات أكيدة EVWPI لشجرة قرار هي:

(ب) متوسط القيم المتوقعة للشجرة

(أ) القيمة المتوقعة للشجرة

(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

(ج) أكبر قيمة متوقعة ممكنة للشجرة

١٢- القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة EVPI لشجرة قرار هي:

(أ) الفرق بين القيمة المتوقعة للشجرة والقيمة المتوقعة مع معلومات أكيدة

(ب) الفرق بين القيمة المتوقعة للشجرة والقيمة المتوقعة للمعلومات

(ج) أكبر قيمة متوقعة ممكنة للشجرة

(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٣- يُقصد بالقيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة EVPI لشجرة قرار هي:

(ب) متوسط القيم المتوقعة للشجرة

(أ) أقل مبلغ يمكن دفعه مقابل المعلومات

(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

(ج) أكبر مبلغ يمكن دفعه مقابل المعلومات

١٤- يُقصد بالقيمة المتوقعة للقرار الأفضل في شجرة قرار ما يلي:

(ب) القيمة التي ستتحقق عند تطبيق القرار

(أ) قيمة وهمية لا معنى لها

(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

(ج) قيمة تقديرية تستخدم لغايات المقارنة

١٥- لتكن القيمة المتوقعة مع معلومات أكيدة تساوي ٢٠٠ ألف ليرة، والقيمة المتوقعة للشجرة تساوي ٥٠ ألف ليرة، فإن

القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة تساوي:

(ب) ٥٠ ألف

(أ) ٢٠٠ ألف

(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

(ج) ١٥٠ ألف

(٣) أسئلة ١ قضايا للمناقشة

السؤال (١) مفاهيم شجرة القرار.

٤. اشرح باختصار قواعد بناء شجرة القرار.
٥. اشرح باختصار كيفية حل شجرة القرار.

السؤال (٢) تطبيق نظرية بايز.

تُشير الإحصائيات السابقة إلى أن احتمال النجاح في امتحان هي ٦٠%، يدعي أحد المشعوذين أنه يمكنه التنبؤ بنتائج الامتحان، ومن خلال التجارب مع هذا المشعوذ، تبين ما يلي:

- ✓ من أصل ١٠٠ حالة طالب ناجح، قال المشعوذ بأن الطالب سينجح في ٨٠ حالة منها.
- ✓ من أصل ١٠٠ حالة طالب راسب، قال المشعوذ بأن الطالب سيراسب في ٧٠ حالة منها.

تقدمت إلى امتحان جديد، ما هو احتمال نجاحك في الامتحان علماً بأن المشعوذ قد قال بأنك ستنتج فيه؟

السؤال (٣) تطبيق شجرة القرار.

لديك مبلغ ١٠٠ ألف ل.س وثلاثة خيارات ترغب الاستثمار في أحدها لمدة سنة:

- ✓ الخيار الأول A: وضع المبلغ في المصرف لمدة سنة بفائدة ١٠%.
- ✓ الخيار الثاني B: وضع المبلغ مع أحد التجار، حيث يتأثر عمل التاجر بحالة السوق، فإن كان السوق مشجعاً يمكنك الحصول على مبلغ ١٤٠ ألف وفي حال كان غير مشجعاً فلا يمكنك الحصول إلا على ٨٠ ألف ل.س في نهاية السنة، علماً بأن احتمال أن يكون السوق مشجعاً تساوي ١٠% وغير مشجع ٩٠%.
- ✓ الخيار الثالث C: فتح مشروع صغير، تبلغ نفقات التأسيس ٥٠ ألف ل.س، وتخضع الإيرادات لحالة السوق كما يلي:

حالة السوق (المبيعات)	احتمال الحالة	الإيرادات الخام المتوقعة
S ركود	٥٠%	٠ ل.س
P سوق ضعيف	٤٠%	٢٠٠ ألف ل.س
T سوق مشجع	١٠%	٥٠٠ ألف ل.س

وفقاً للمعلومات السابقة، وبتطبيق شجرة القرار، أي من الخيارات الثلاث تختار؟

لنفترض حالياً بأنه يمكنك إجراء دراسة تسويقية تكلفتها ١٠ آلاف ل.س تؤدي إلى تقدير حالة السوق، ومن خلال مراجعة الدراسات السابقة التي قامت نفس الجهة الدارسة التي ستتجز دراستك، تبين ما يلي:

المجموع	حالات الوضع المتوقع السوق			حالة السوق (حجم المبيعات)
	مشجع جداً <i>C</i>	غير مشجع <i>O</i>	غير معروف <i>N</i>	
% ١٠٠	%١٠	%١٠	%٨٠	<i>S</i> ركود
% ١٠٠	%٣٠	%٥٠	%٢٠	<i>P</i> ضعيف
% ١٠٠	%٥٠	%٤٠	%١٠	<i>T</i> كبير

فما هو الخيار الأفضل الذي ستقوم في هذه الحالة على ضوء نتائج الدراسة التسويقية؟

مثل على شجرة القرار الاستراتيجية المثلى التي ستتبعها في الخيارات الأربعة السابقة.

ما القيمة المتوقعة للمعلومات التي ستقدمها الدراسة لك؟

الفصل الثامن: نظرية المنفعة

Utility Theory



سعد الله ونوس (٣٤)

^{٣٤}. سعد الله ونوس (١٩٩٧-١٩٤١) أديب ومسرحي سوري مبدع، حائز على العديد من الجوائز العربية والدولية.

ملخص الفصل:

تعتبر نظرية المنفعة من أهم الأدوات المبتكرة في النصف الثاني من القرن العشرين، ومطبقة على نطاق واسع، لذلك سنرى في هذا الفصل طبيعة المشكلة التي تعالجها هذه النظرية، ثم التعرف على فرضياتها وكيفية بناء توابع المنفعة، وكيفية تفسير نزعة متخذ القرار تجاه المجازفة استناداً إلى شكل التابع والمنفعة الهامشية، كما سنرى إمكانية استخدام هذه النظرية في الحالات المعقدة مثل اختيار موقع لبناء مفاعل نووي، على أن سنستعرض أهم نقاط الضعف التي تعاني منها هذه الطرق في الفصل القادم.

كلمات مفتاحية:

نظرية المنفعة *Utility Theory*، تابع المنفعة *Utility Function*، المنفعة الهامشية *Marginal Utility*.

مخطط الفصل:

- ١-٨ طبيعة المشكلة التي تعالجها نظرية المنفعة.
- ٢-٨ الفرضيات الأساسية لنظرية المنفعة *Assymptions*.
- ٣-٨ تابع المنفعة *Utility Function*.
- ٤-٨ حالة عملية: اختيار موقع مفاعل نووي لتوليد الطاقة.

٨-١ طبيعة المشكلة التي تعالجها نظرية المنفعة

وضعت أسس نظرية المنفعة في بداية الأربعينات من القرن العشرين (Neumann (1944، وتستند فكرتها الجوهرية إلى توصيف نموذج تفضيلات متخذ القرار، بفرض:

- (أ) أن هذا النموذج واضح في ذهن متخذ القرار.
 (ب) أن هناك مجموعة معروفة، ومحددة من الخيارات معبراً عنها بشكل توابع تحليلية أو معدودة.
 (ت) أن هناك تابعاً حقيقياً يُدعى تابع المنفعة يعكس توصيف تفضيلات متخذ القرار.
 (ث) أنه يمكن إيجاد أفضل بديل بحيث تكون قيمة تابع المنفعة أكبر ما يمكن.

تتعامل نظرية المنفعة مع مشكلات القرار من النمط الآتي:

المفاضلة بين بديلين a ، b من مجموعة البدائل A على محور تفضيلي واحد، حيث يُمكن لتقييم كل من البديلين أن يأخذ عدة قيم من المقياس مع احتمال تحقق كل منها، ويُحسب تقييم البديل بالأمل الرياضي لتتحقق جميع القيم الممكنة للبديل.

وقد رأينا سابقاً في نماذج القيمة المتوقعة، وشجرة القرارات نفس طريقة الحساب (الأمل الرياضي) عبر حساب متوسط تقييمات البديل مثقلةً باحتمالاتها، وسيتم استخدام نفس الطريقة في نظرية المنفعة الحالية بعد استبدال التقييمات بالمنفعة التي يتوقعها متخذ القرار من تحقق كل منها كما سنرى لاحقاً.

ليكن لدينا بديل a يأخذ عدة تقييمات وفق أحد المعايير $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ مع احتمالات تحقق كل منها $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ بالترتيب، ولدينا بديل آخر b يأخذ عدة تقييمات وفق نفس المعيار $b_1, b_2, b_3, \dots, b_m$ مع احتمالات تحقق كل منها $p_1, p_2, p_3, \dots, p_m$ بالترتيب، ولدينا تابع المنفعة المتوقعة $U(x)$ لنفس المعيار معرّف من أجل جميع التقييمات، فإن تقييم كل من البديلين وفق هذا المعيار يحسب كمتوسط حسابي للمنافع المتوقعة من التقييمات $U(a_i)$ و $U(b_i)$ مثقلةً باحتمالاتها كما يلي:

$$U(a) = \sum_{i=1}^n p_i U(a_i) \quad \text{المنفعة المتوقعة لتقييم البديل } a$$

$$U(b) = \sum_{i=1}^m p_i U(b_i) \quad \text{والمنفعة المتوقعة لتقييم البديل } b$$

وتتم المفاضلة بين البديلين وفق القيمتين الناتجتين $U(a)$ و $U(b)$:

- ✓ فإن كانتا متساويتين نقول: إن البديلين متكافئان وفق المعيار المعني فقط.
- ✓ وإن كانت أحدهما أكبر من الأخرى نقول أن البديل ذا القيمة الأكبر أفضل من البديل الآخر وفق المعيار المعني فقط.

مثال (٨-١) مقارنة طالبين.

يبين الجدول الآتي [٨-١] الدرجات المتوقعة لطالبين a, b مع احتمال تحقق كل منها؛ نلاحظ بحساب المتوسط المثلث باحتمالات درجات كل من الطالبين أنهما متساويان (٥٥ درجة)، في حين أنه لدى تقدير منفعة الدرجات، وحساب المتوسط المثلث بنفس الاحتمالات نجد أن منفعة الطالب a أقل من منفعة الطالب b وذلك لنفس الدرجات، الاختلاف الوحيد هو بالمنفعة المتوقعة من درجة النجاح ٦٠ حيث تبدو للطالب الأول أقل بكثير (مُجد!) من منفعتها للطالب الثاني (غير مجد!).

الجدول [٨-١] المتوسط المثلث للعلامات ومنفعتها						
المتوسط المثلث بالاحتمالات	العلامات المنفعة	الدرجة التي يمكن أن يحصل عليها الطالب				
		٧٠	٦٠	٥٠	٤٠	
٥٥ ٠,٤٦	٥٥	١٠%	٤٠%	٤٠%	١٠%	احتمال حصول الطالب a على الدرجة
		٠,٨	٠,٥	٠,٤	٠,٢	منفعة الطالب a من العلامة
٥٥ ٠,٥٤	٥٥	١٠%	٤٠%	٤٠%	١٠%	احتمال حصول الطالب b على الدرجة
		٠,٨	٠,٧	٠,٤	٠,٢	منفعة الطالب b من العلامة

متوسط الدرجات المثلث بالاحتمالات: $55 = 10\% \cdot 40 + 40\% \cdot 50 + 40\% \cdot 60 + 10\% \cdot 70$

المنفعة المتوقعة للطالب a : $0.46 = 10\% \cdot 0.2 + 40\% \cdot 0.4 + 40\% \cdot 0.5 + 10\% \cdot 0.8$

المنفعة المتوقعة للطالب b : $0.54 = 10\% \cdot 0.2 + 40\% \cdot 0.4 + 40\% \cdot 0.7 + 10\% \cdot 0.8$

٨-٢ الفرضيات الأساسية لنظرية المنفعة *Assumptions*

٨-٢-١ الفرضية الأولى: الوضوح التام

تنص فرضية الوضوح التام *Complete Preferences Ranking* بأنه تتحقق حالة واحدة من بين

ثلاث حالات لدى المفاضلة بين أي بديلين من مجموعة البدائل $\forall a, b \in A$ المُعبّر عنهما بتقييمات احتمالية:

أ) إما الأول أفضل من الثاني $a P b$ حيث $P: Preference$

ب) أو الثاني أفضل من الأول $b P a$

ت) أو الاثنان متكافئان $a I b$ حيث $I: Indifference$

أي أن المقارنة هنا لا تترك مجالاً للشك أو لعدم المقارنة، وهذا ناجم عن الرغبة بتلخيص كافة المعلومات بمعيار إجمالي وحيد.

مثال (٨-٢) فرضية الوضوح التام.

لدينا مشروعان قيمة الأول \$١٠٠ وقيمة الثاني \$١٠١، فهل هما متكافئان أم أن أحدهما أفضل من الآخر؟ إن الفرق ١ بالمائة مقدراً بالدولار هنا يُشكل أفضلية لصالح المشروع الثاني، فإذا كان الفرق بين منفعتي المشروعين معبراً بالنسبة لمتخذ القرار، سيكون أيضاً المشروع الثاني أفضل، وإلا سيعتبر أن المشروعين متكافئان.

٨-٢-٢ الفرضية الثانية: التعدي

تتمتع علاقتي التفضيل الأكيد P والتكافؤ I بخاصية التعدي $Transitivity$ ، أي إذا كان لدينا ثلاثة بدائل، حيث الأول أفضل من الثاني والثاني أفضل من الثالث، نستنتج أن الأول أفضل من الثالث:

$$\forall a, b, c \in A \quad \text{if } (a P b) \text{ and } (b P c) \Rightarrow a P c$$

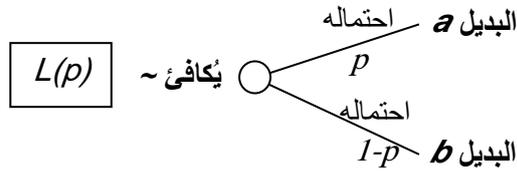
كذلك الحال بالنسبة لعلاقة التكافؤ، أي إذا كان الأول يكافئ الثاني والثاني يكافئ الثالث، نستنتج أن الأول يكافئ الثالث: $\forall a, b, c \in A \quad \text{if } (a I b) \text{ and } (b I c) \Rightarrow a I c$.

مثال (٨-٣) فرضية التعدي.

التفضيل الأكيد: لدينا ثلاثة مشاريع a, b, c ، قيمة الأول a تساوي \$١٠٠ وقيمة الثاني b تساوي \$٩٠، وقيمة الثالث c تساوي \$٨٠، فإن المشروع الأول أفضل من الثاني، والثاني أفضل من الثالث، وبالتالي فإن الأول أفضل من الثالث.

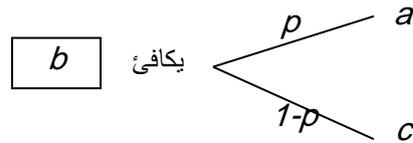
التكافؤ: لدينا ثلاثة مشاريع a, b, c ، قيمة الأول a تساوي 100 \$ وقيمة الثاني b تساوي 99 \$، وقيمة الثالث c تساوي 98 \$، فإذا اعتبر متخذ القرار أن فرق دولار واحد غير معبر، نجد أن المشروع الأول يكافئ الثاني، والثاني يكافئ الثالث، نستنتج أن الأول يكافئ الثالث بغض النظر عن الفرق بينهما!

تتعلق الفرضيتان الثالثة والرابعة بالتقديرات الاحتمالية لتقييم البدائل، أي من أجل أي بديلين a, b حيث احتمال الأول a هو p واحتمال الثاني b هو $(1-p)$ ، فإننا نرمز بـ $L(p)$ لأي بديل يُحقق: $L(p) = p.a + (1-p).b$ ، وندعوه بورقة يانصيب أو ورقة حظ *Lottery* ونرمز لمجموعة أوراق الحظ بالشكل $L(a, b)$.



٨-٢-٣ الفرضية الثالثة: الاستمرارية

من أجل كل بديلين a, c من مجموعة البدائل، هناك بديل ثالث b يكافئهما، وندعو هذه الفرضية بالاستمرارية *Continuity*، أي $\forall a, b, c \in A$ بحيث $(bPa) \wedge (cPb)$ فإنه يوجد قيمة وحيدة للاحتمال p ($0 \leq p \leq 1$) بحيث تكون ورقة الحظ للبديلين $L(a, c)$ متكافئة مع b .



يمكن تخيل البديل b وكأنه بديل وسط بين البديلين a و c ، وإيجاد قيمة للاحتمال p بحيث نحصل على تكافؤ بين تقييم b والقيمة المتوقعة من a و c معاً، حيث يمكن حساب هذه الأخيرة كما يلي $b = p.a + (1-p).c$ ، وندعو هذه القيمة التي تكافئ ورقة الحظ بالمكافئ الأكيد *Certainty Equivalent*، ويستخدم لغايات المقارنة ولا يعني أنه سيتحقق بالتأكيد.

مثال (٨-٤) فرضية الاستمرارية.

لدينا مشروعان الأول a قيمته 100 \$ والثاني c قيمته 120 \$ مع احتمال قبول المشروع الأول

يساوي مثلاً $p=60\%$ واحتمال قبول المشروع الثاني $1-p=40\%$ ، فيمكن إيجاد مشروع ثالث b (أو يمكن تخيله) يكافئ المشروعين، ويتم حساب قيمته المتوقعة أو المكافئ الأكيد كما يلي:

$$1.08 = 0.4 \cdot 1.20 + 0.6 \cdot 1.00 \quad b: \text{القيمة المتوقعة للمشروع الثالث}$$

٨-٢-٤ الفرضية الرابعة: الاستقلال والإبدال

ليكن لدينا البديلين b, b' معرفين كورقتي حظ كما يلي:

$$b' = p \cdot c' + (1-p) \cdot d \quad \text{و} \quad b = p \cdot c + (1-p) \cdot d$$

من أجل أية ثلاثة بدائل $\forall c, c', d \in A$ يمكن إيجاد قيمة للاحتمال $0 < p \leq 1$ بحيث:

$$c' / c \Leftrightarrow b' / b \quad \text{والعكس صحيح:}$$

$$c' P c \Leftrightarrow b' P b \quad \text{أيضاً صحيح أيضاً:}$$

تعني هذه الفرضية:

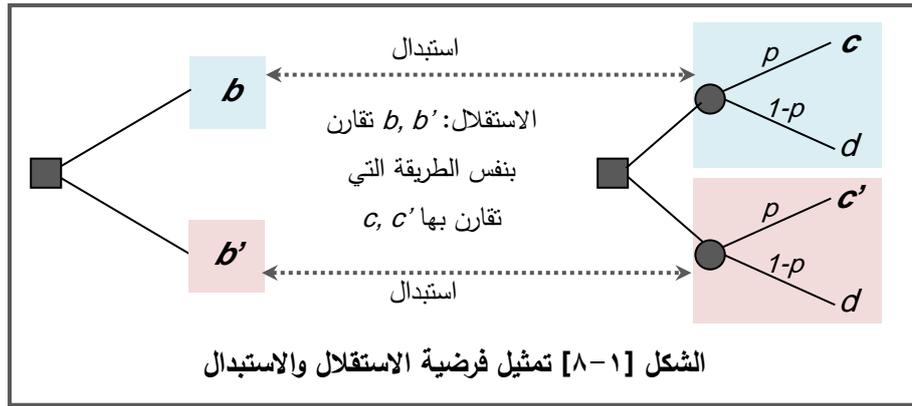
✓ أنه يمكن استبدال ورقتي الحظ $L(c, d)$ و $L(c', d)$ بالمكافئ الأكيد لكل منهما b و b' ، وهو

المقصود بالإبدال *Substitutability*،

✓ وبأنه لدى استبدال c بـ c' في حالة ورقة الحظ b فإن ورقة الحظ الناتجة b' تُقارن بـ b بنفس

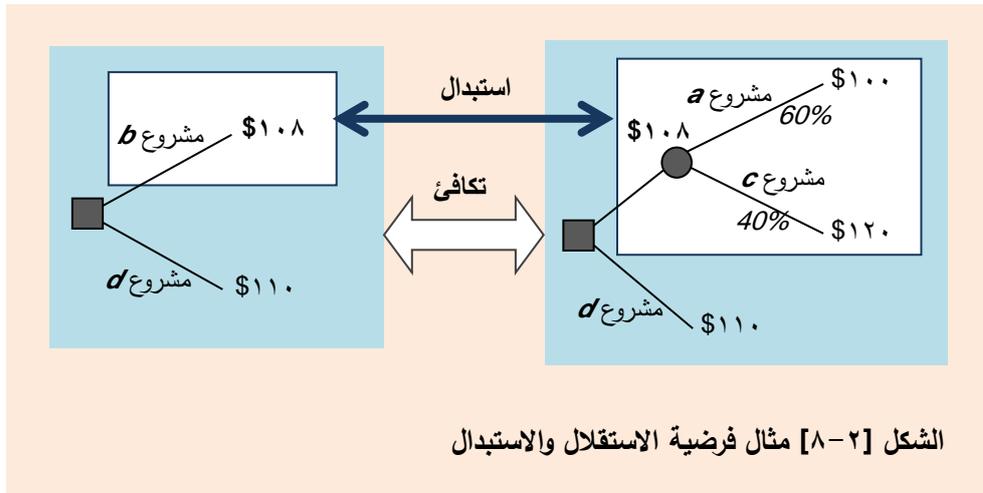
الطريقة التي تُقارن c بـ c' مهما يكن طبيعة أو تقييم هذين البديلين، وبأن أي بديل آخر d لا

يؤثر ولا يتأثر بالمقارنة، وهو المقصود بالاستقلال *Independence*.



مثال (٨-٥) فرضية الاستبدال.

لنأخذ المشروعين في المثال السابق [٨-٤]، يمكن استبدال المشروعين الأول والثاني بالمشروع الثالث دون أية تأثيرات على البدائل أخرى، أي يمكن حذف المشروعين بكل بساطة والاستعاضة عنهما بالثالث كما يبين الشكل [٨-٢].



نجد في بعض الأدبيات فرضية إضافية تتعلق بتزايد المنفعة مع تزايد التفضيلات، وهي حالة طبيعية كما نلاحظ ولذلك تُهمل من الفرضيات الأساسية، وندعوها بفرضية عدم تناقص المنفعة *Non-Decreasing Utility*.

إذا قبل متخذ القرار بهذه الفرضيات، فإنه يمكن نمذجة تفضيلاته بتابع عدديين U ، وبأن تقييم المنفعة $U(a)$ للبدل a هو الأمل الرياضي للمنافع الجزئية المرتبطة بالبدل a ؛ أي هناك تابع حقيقي يدعى

تابع المنفعة *Utility Function* يعبر عن نموذج تفضيلات متخذ القرار، وهي النتيجة الأساسية لنظرية المنفعة، حيث سنرى في الفقرة اللاحقة كيفية بناء هذا التابع.

بالخلاصة، يأخذ التابع $U(a)$ قيمه من مجموعة الأعداد الحقيقية، ويُمكن التعبير عن كل بديل بمنفعته المتوقعة وفق هذا التابع، وبالتالي فإن البدائل ستخضع بالضرورة لترتيب قيم المنفعة التي حصلت عليها، أي أن المشكلة التي تعالجها نظرية المنفعة هنا هي مشكلة ترتيب البدائل وتدرج ضمن إطار إشكالية الترتيب التي تحدثنا عنها في الفصل الخامس.

٣-٨ تابع المنفعة *Utility Function*

١-٣-٨ طريقة بناء التابع

يُبنى تابع المنفعة بشكل تدريجي عبر أسئلة من نمط أوراق الحظ بالنسبة لمتخذ قرار محدد كما هو مبين أدناه، حيث سنقوم بشرحه عبر مثال باستخدام مقاييس مالية كونها أسهل للفهم، وعادةً ما يقوم ببناء التابع مهندس القرار الذي يُحضر الأسئلة ويدقق الإجابات ويرسم التابع ويبحث عن صيغته الرياضية قدر الإمكان (Keeny & Raiffa, 1976).

(١) نفرض أن أكبر منفعة ممكنة تأخذ القيمة ١، حيث يقوم متخذ القرار بتحديد أكبر مبلغ يقابل

$$U(x_1) = 1 \text{، ونكتب } x_1$$

(٢) نفرض أيضاً أن أقل منفعة ممكنة هي القيمة ٠، ويقوم متخذ القرار بتحديد أقل مبلغ يقابل هذه

$$U(x_2) = 0 \text{، فنكتب } x_2$$

(٣) يقترح مهندس القرار ورقة حظ مجانية على متخذ القرار على شكل سؤال كما في الشكل [٨-٣]:

[٣]:

لديك ورقة حظ احتمال أن تريح x_1 هو p_1 ، واحتمال أن تريح x_2 هو p_2 ، فما المبلغ الذي تقبل به للتخلي عن هذه الورقة؟

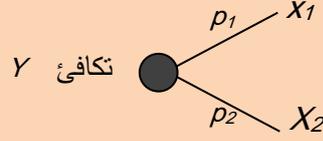
لنفترض أن إجابة متخذ القرار بأنه مستعد للبيع بمبلغ y ، نقول بأن منفعة ورقة الحظ تُكافئ منفعة المبلغ y ، وحيث أن منفعة x_1 ومنفعة x_2 معروفتان، يمكن حساب منفعة y كمتوسط

حسابي ممثل باحتمالي المنفعتين، وهكذا يكون لدينا منفعة $U(y)$ ؛ ونقول أن y هي المكافئ الأکید للمبلغين x_1, x_2 ، أو المنفعة $U(y)$ هي المكافئ الأکید للمنفعتين $U(x_1), U(x_2)$.

$$U(y) = p_1 * U(x_1) + p_2 * U(x_2) : \text{منفعة } y$$

$$\text{ليكن } p_1=60\% \text{ و } p_2=40\%$$

$$U(y) = 60\% * U(1000) + 40\% * U(0) = 0.5$$



الشكل [٨-٣] تكافؤ منفعتي ورقة الحظ وقيمة محددة

٤) نتابع أسئلة جديدة على نمط السؤال السابق، وفي كل مرة نغير قيم ورقة الحظ أو احتمالاتها، ونقوم بحساب منفعة القيمة الجديدة التي يعطيها متخذ القرار، وذلك حتى يتكوّن لدينا عدد كافٍ من القيم ومنافعها، وبنفس الوقت نرسم الخط البياني للتابع حيث ندقق بالمسافات بين النقاط، ونعيد طرح أسئلة كلما لاحظنا أن المسافات كبيرة.

٥) في العديد من الحالات، قد يكون من المفيد إيجاد معادلة الخط البياني الناتج باستخدام أدوات رياضية وإحصائية مناسبة (*Econometric & Regression methods*)، وليست مجال بحثنا في الكتاب الحالي.

مثال (٨-٦) المنفعة المتوقعة من تشغيل العمال.

يبحث مجلس المحافظة عن تقييم المنفعة المتوقعة من عدد العمال الذين يمكن استخدامهم من قبل مشاريع المحافظة، علماً بأن اختيار المشروع متعلق بعدد العمال وبالتالي بالمنفعة التي ستجنيها المحافظة من تشغيلهم؛ ولنفترض المشاريع المقدمة لهذا العام تُشغل عمال على النحو الآتي:

المشروع	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
العدد المتوقع للعاملين	١٠	٢٠	٥٠	٧٠	٩٠	١٠٠	١١٠

حيث أن المشروع الأول يستخدم أقل عدد من العاملين، فإننا نعتبر اصطلاحاً المنفعة المتوقعة منه (وفق معيار العمالة فقط) يساوي الصفر $u(10)=0$ ، ونعتبر أيضاً المنفعة المتوقعة من المشروع السابع الذي يستخدم أكبر عدد من العمال تساوي الواحد $u(110)=1$.

بعد ذلك، نبدأ سلسلة من الأسئلة لمتخذ القرار (مجلس المحافظة في حالتنا) لنستكمل بناء تابع المنفعة الخاص بالمجلس، كل سؤال هو عبارة عن ورقة حظ، يشكل طرفاها قيمتين معروفتي المنفعة وتساوي احتمالاتهما عادةً ٥٠% لكل فرع، ويُطلب من المجلس تحديد عدد العمال المكافئ لهذه الورقة:

مشروع ثالث
يوظف?
عامل بشكل
أكيد

مشروع a 10
50%
مشروع b 110
50%

يكافئ

السؤال: لديك مشروعان غير أكيدين أحدهما يستخدم ١٠ عمال والآخر يستخدم ١١٠ عمال، واحتمال أن يُنجز كل منهما هو ٥٠%. بفرض أن المشروعين متكافئين على جميع المعايير الأخرى، ولديك مشروع ثالث، ما هو العدد الأكيد من العمال الذي تطلب من المشروع الثالث استخدامه مقابل الاستغناء عن المشروعين الحاليين؟

الشكل [٤-٨] سؤال ورقة الحظ والمكافئ الأكيد

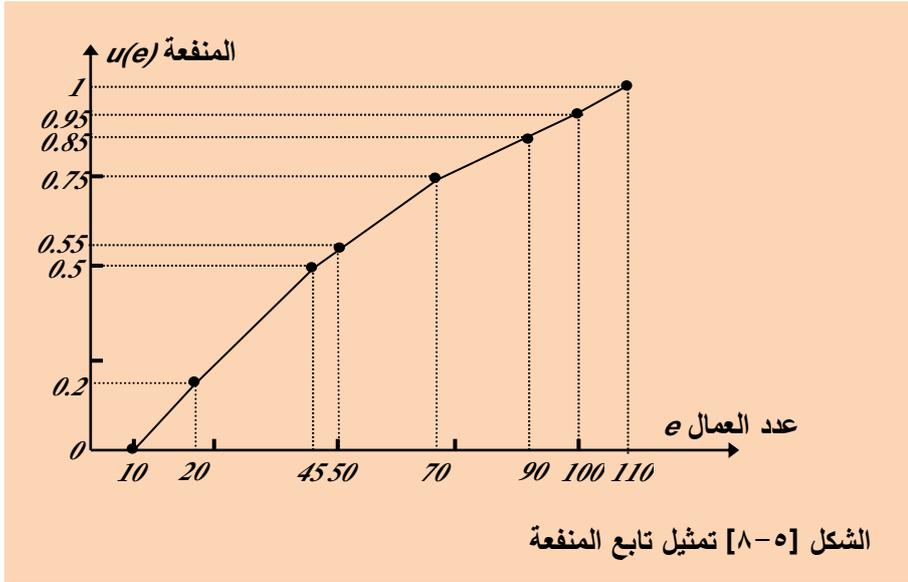
أمام هذا السؤال قد نحصل على إجابات مختلفة تتعلق بإدراك ومناقشات المجلس للحالة، لنفترض بأن المجلس قد أجاب بعد مشاوراتٍ أن المشروع الثالث يجب أن يستخدم بشكلٍ أكيد ٤٥ عاملاً، نستنتج أن منفعة استخدام ٤٥ عاملاً بشكلٍ أكيد تعادل منفعتي (استخدام ١٠ عمال مع احتمال ٥٠% أو استخدام ١١٠ عمال مع احتمال ٥٠% أيضاً)، ونقوم بحساب منفعة الـ ٤٥ كمتوسط حسابي مقل لمنفعتي الـ ١٠ و الـ ١١٠ عمال كما يلي:

$$u(45) = 0.5 \times 0 + 0.5 \times 1 = 0.5 \quad \text{أي} \quad u(45) = 50\% \times u(10) + 50\% \times u(110)$$

فيصبح لدينا ثلاث نقاط من تابع المنفعة هي: $u(10)=0$; $u(110)=1$; $u(45)=0.5$ ، حيث يتم تمثيلها على مستوي محوره الأفقي e هو عدد العمال الذي يستخدمه المشروع، ومحوره العمودي هو المنفعة المتوقعة منه $u(e)$ كما يبين الشكل [٥-٨].

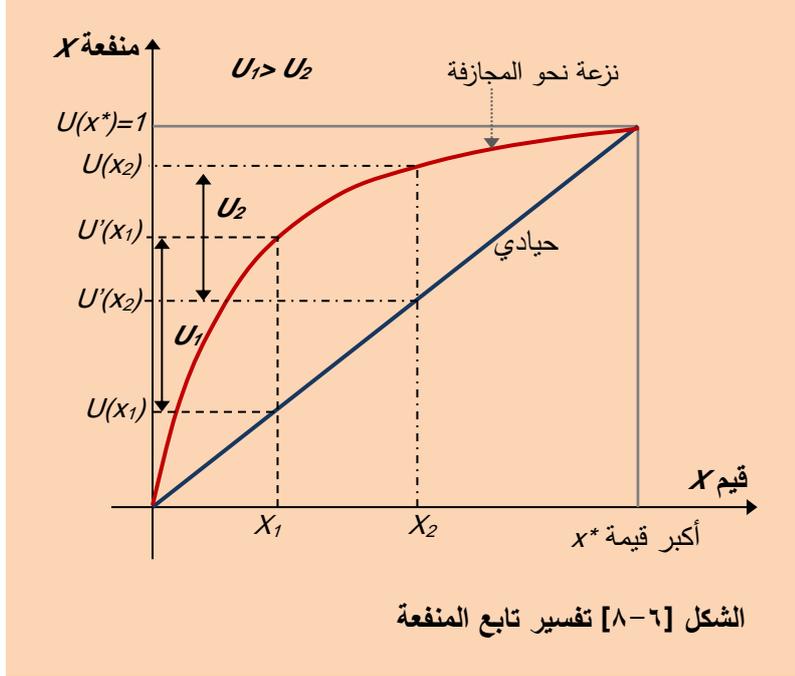
يمكن متابعة الأسئلة (بل يجب المتابعة) حتى نستطيع تبين شكل التابع بشكل واضح وإمكانية حساب المنفعة لكل عدد من العمال، يمكن في حالاتٍ كثيرة إيجاد صيغة رياضية للتابع انطلاقاً من النقاط التي جرى إيجادها على الشكل.^{٣٥}

^{٣٥}. لإيجاد مثل هذه الصيغ، نلجأ عادةً إلى طرق وأساليب القياس الاقتصادي مثل التراجع الخطي، Box-Jenkins،



٨-٣-٢ أشكال تابع المنفعة والمنفعة الهامشية

يختلف شكل تابع منفعة حسب ظروف متخذ القرار، والحالة التي يتواجد فيها، إذ لا يوجد شكل محدد ودائم له، كما يختلف شكله حسب طبيعة، وقيم معيار الموارد المعني X فيما إذا كانت كبيرة أو صغيرة، موجبة أو سالبة، وبين الشكل [٨-٦] أحد هذه الأشكال، حيث يعبر المستقيم المنصف للربع الأول عن حيادية متخذ القرار تجاه المخاطر، في حين أن الشكل المنحني يعبر عن نزعة للمجازفة، ويتم دراسة هذه النزعة عبر أحد المفاهيم الجوهرية في الاقتصاد أي المنفعة الهامشية أو الحدية *Marginal Utility* (Downey, 1910؛ Stigler, 1950، Stigler, 1972).



ما ندعوه بالمنفعة الهامشية أو الحدية *Marginal Utility* هي معدل تزايد المنفعة بالنسبة إلى معدل تزايد قيمة واحدة من الموارد وتكتب بالشكل $U_m = \frac{\Delta U}{\Delta x}$ أو بمصطلح رياضي هي المشتق الأول للتابع، وتقيد بالتعرف على سلوكيات متخذ القرار ونزعتة تجاه المجازفة وذلك بتتبع ميل مماس منحنى تابع المنفعة، كما يلي:

(أ) إذا كانت المنفعة الهامشية ثابتة، يعني أن متخذ القرار حيادي تجاه المجازفة، كما يبين منصف الربع الأول في الشكل السابق [٦-٧]؛ أي أن الانتقال على محور الموارد X بواحدات متساوية يؤدي إلى تزايدات متساوية في المنفعة، ويكون لتابع المنفعة شكلاً خطياً $U(x) = a x + b$ ، وتساوي المنفعة الهامشية ميل المستقيم أي $U_m = a$ ، في حين تمثل القيمة b نقطة تقاطع المستقيم مع محور المنفعة، أي عندما $x=0$ وتمثل الحد الأدنى للمنفعة الذي لا يقبل أن يتنازل عنه متخذ القرار مهما كانت قيم x .

(ب) إذا كانت المنفعة الهامشية متغيرة، تختلف نزعة متخذ القرار تجاه المجازفة حسب شكل تابع المنفعة وفيما إذا كانت القيم موجبة (أرباح)، أو سالبة (خسائر)؛ في الشكل المبين أعلاه حيث جميع القيم موجبة، إذا كان ميل مماس منحنى التابع متناقص يكون لدى متخذ القرار نزعة للمجازفة، كما هو الحال عند القيم الصغيرة، وإذا كان المماس متزايد يكون لدى متخذ القرار

نزعة لعدم المجازفة، وتنعكس هذه النزعات عند القيم السالبة.

كما نلاحظ أنه لا يوجد متخذ قرار مجازف بالمطلق أو غير غير مجازف بالمطلق، فقد تختلف هذه النزعة حسب الظروف وحسب القيم وحسب المعلومات المتوفرة.

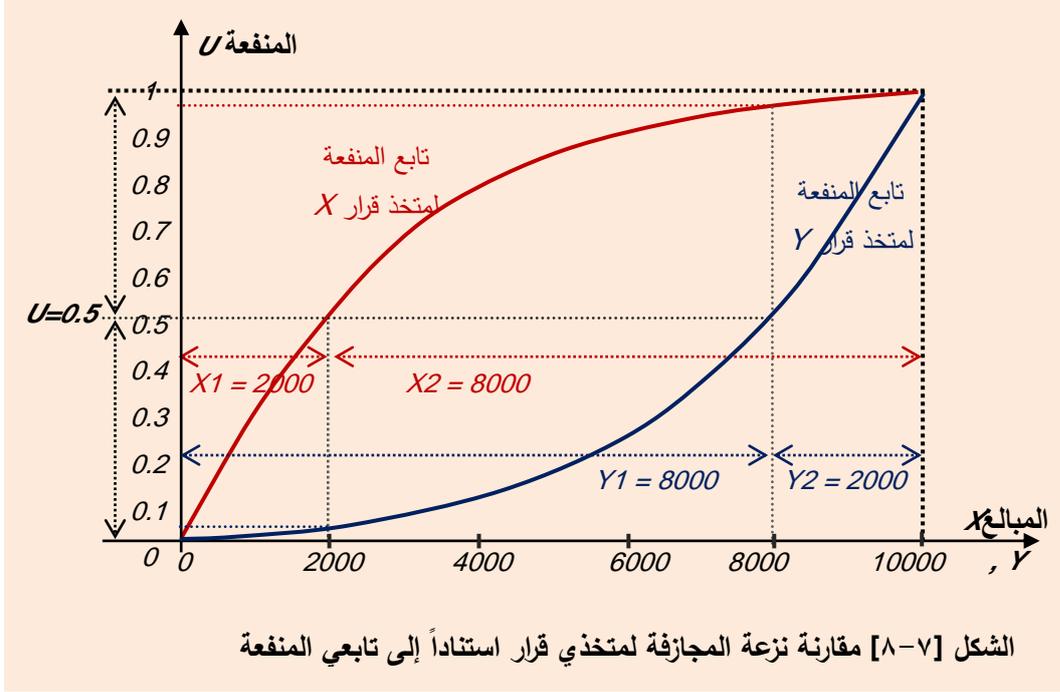
مثال (٧-٨) نزعة متخذ القرار تجاه المجازفة.

لدينا تابعي المنفعة لمتخذي قرار X , Y المبيينين في الشكل [٧-٨]، ولندرس نزعة المجازفة لكل منهما حسب المواقع المختلفة على منحنيني تابع المنفعة.

الحالة الأولى: المنفعة الكلية. من أجل نفس المنفعة الكلية $U=0.5$ ، نلاحظ أن متخذ القرار الأول X يتوقع الحصول على هذه المنفعة من أجل مبلغ $\$2000$ ، في حين يتوقع متخذ القرار الثاني Y أن يحصل على نفس المنفعة من أجل مبلغ أكبر بكثير يساوي $\$8000$.

الحالة الثانية: نزعة المجازفة عند المبالغ الصغيرة. من أجل الانتقال بالمنفعة من ٠ إلى ٠,٥ أي $\Delta U=0.5$ ، فإن متخذ القرار الأول X يقبل بالانتقال بالمبلغ من ٠ إلى $\$2000$ أي $\Delta X=2000$ وبالتالي تكون المنفعة الهامشية تساوي $U_{mx} = \frac{0.5}{2000}$ ، في حين أن متخذ القرار الثاني Y يريد فرقاً أكبر بكثير يعادل $\Delta Y=8000$ وبالتالي تكون المنفعة الهامشية تساوي $U_{my} = \frac{0.5}{8000}$ وتكون منفعته من أجل فرق 2000 فقط تساوي $0.125 = \frac{0.5}{4} = \frac{0.5}{8000} \times 2000 = U_{my}(2000)$ وهي أقل بكثير من فرق المنفعة الهامشية لمتخذ القرار الأول والتي كانت ٠,٥، وبالتالي يمكن القول أن متخذ القرار الأول X لديه نزعة للمجازفة أكبر من متخذ القرار الثاني Y باعتبار أنه يتوقع منفعة أكبر تتحقق بالحصول على $\$2000$ إضافية.

الحالة الثالثة: نزعة المجازفة عند المبالغ الكبيرة. نرى بسهولة أن النزعة معكوسة بين متخذي القرار، حيث نجد أن متخذ القرار الثاني Y لديه نزعة للمجازفة أكبر من الأول X باعتبار أنه يتوقع منفعة أكبر تتحقق بالحصول على $\$2000$ إضافية.



٣-٣-٨ أهمية وتطبيقات تابع المنفعة

هناك العديد من التطبيقات المفيدة لتوابع المنفعة (Ward, 1992)، نذكر بعضاً منها.

أ- إمكانية الحصول على توابع المنفعة لعدد من الأطراف أو الجهات المعنية بصناعة القرار والتعرف

إلى سلوكياتها القرارية من خلال دراسة أشكال هذه التوابع (Kuznar, 2000).

ب- إمكانية التعبير عن مقاييس المعايير المختلفة بتوابع منفعة لنفس متخذ القرار، خصوصاً إذا كان

هناك صعوبة في الحصول على مقاييس كمية واضحة لبعض المعايير أو لمعايير وصفية،

وبالتالي نحصل على مقياس موحد لجميع المعايير، وهذا مفيد جداً لتجميع تقييمات البدائل بالطرق

التقليدية، كما سنرى لدى مناقشة الحالة العملية في الفقرة اللاحقة (٤-٨).

ت- تعتبر توابع المنفعة طريقة فعالة وبسيطة لأخذ منظومة قيم وأحكام متخذ القرار بالاعتبار ونزعتة

تجاه المجازفة، باعتبار أن القرار النهائي سيعتمد من قبله، وبالتالي من الطبيعي إدماجه في

نموذج صناعة القرار.

ث- استخدام توابع المنفعة في الحالات التي تتطلب قرارات سريعة مع صعوبة الوصول إلى متخذ

القرار، مثل حالات الأسهم في البورصة، لكن مع الحرص على تجنب الإفراط في اعتماد توابع

المنفعة، ولا يجب النظر إليها كبديل عن متخذ القرار⁽³⁶⁾، وكذلك الحال بالنسبة لجميع النماذج المساعدة في صناعة القرارات، فهو من تسميتها "مساعدة" وليست بديلاً عن متخذ القرار.

٨-٤ حالة عملية: اختيار موقع مفاعل نووي لتوليد الطاقة

في عام ١٩٧٤، طلبت هيئة الطاقة في ولاية واشنطن WPPSS⁽³⁷⁾ التي تضم الشركات المنتجة والموزعة للكهرباء في الولاية، من شركة الاستشارات Woodward-Clyde تنفيذ دراسة لاختيار الموقع الملائم لبناء مفاعل نووي لتوليد الطاقة؛ تبلغ طاقة إنتاج المفاعل المطلوبة حوالي ٣٠٠٠ ميغاوات على أن يدخل قيد التشغيل الفعلي في بداية عام ١٩٨٤، تتبع المواقع المرشحة للولاية نفسها وولايات Oregon و Idaho، كما يتطلب إنشاء المفاعل موافقة من الحكومة الفيدرالية، تهدف WPPSS في هذه المرحلة إلى إجراء الدراسة لاختيار موقع أو عدد قليل من المواقع "الملائمة" والتي يمكن أن توافق عليها الحكومة الفيدرالية. قاد الدراسة باحثان من كبار منظري نظرية المنفعة، حيث اعتبرت هذه الحالة نموذجاً متكاملًا لتطبيق مفاهيم وتقنيات نظرية المنفعة (التفاصيل في المرجع Keeny & Nair, 1976).

٨-٤-١ الدراسة الأولية

قام فريق الدراسة (مهندس القرار) بانتقاء المواقع المرشحة لاستضافة المفاعل على مرحلتين، وفي أغلب الأحيان كان تعامل مهندس القرار مع خبراء الهيئة أكثر من التعامل مع متخذ القرار الفعلي (مجلس إدارة هيئة الطاقة).

المرحلة الأولى: اختيار المواقع الملائمة فنياً، والإبقاء على المواقع المحققة للشروط الفنية باستخدام طريقة الحذف بالتدرج (انظر الفقرة ٦-٧) بناءً على الشروط الفنية المحددة من قبل الخبراء. مثلاً، تم

³⁶. يقال أن أحد أسباب الانهيار المفاجئ للبورصات العالمية خصوصاً بورصة باريس يوم الاثنين في ١٩ أيلول ١٩٨٧، كان الاستخدام المكثف لتوابع المنفعة وبرمجتها في نظم معلوماتية بحيث أصبحت هذه البرمجيات تأخذ قرارات بالبيع والشراء دون العودة لمتخذي القرارات، ولم تُثبت هذه المقولة، لكن توجب الإشارة إليها.

³⁷. WPPSS : Washington Public Power Supply System.

حذف كل موقع يقع على بعد أقل من ٣ ميل من تجمع سكني يتجاوز عدد سكانه ٢٥٠٠ نسمة، ثم حذف كل موقع يقع على بعد أقل من ٥ ميل من فالق طوله أكثر من ١٢ ميل، ... الخ. وبالنتيجة، تم الإبقاء على ٩ مواقع جميعها تحقق الشروط الفنية.

المرحلة الثانية: ترتيب المواقع التسعة المقبولة في المرحلة السابقة، حيث خضع كل منها لدراسة فنية واقتصادية مستفيضة، وتمثل هذه المواقع مجموعة البدائل القابلة للتنفيذ $A = \{a_1, a_2, \dots, a_9\}$ ، وتم وضع معايير صارمة لتقييم البدائل وترتيبها كما سنرى في الفقرات اللاحقة.

٨-٤-٢ تحديد الأبعاد والمعايير

تم اختيار ٦ محاور للتعبير عن الخصائص الرئيسية للمفاضلة بين المواقع التسعة، كما يلي:

- (١) المحور الأول: الصحة والسلامة والأمن. إذ يزداد الإشعاع النووي في المنطقة المحيطة بالمفاعل، كما يمكن أن تتعرض المنطقة لخطر الحوادث كالتسرب أو الانفجار أو غيرها.
- (٢) المحور الثاني: فقدان الأسماك في الأنهار المجاورة. يستخدم المفاعل مياه الأنهار المجاورة للتبريد، فسيكون هناك بالتأكيد موت لقسم من الأسماك بفعل حرارة المياه التي سيلقيها في النهر بعد التبريد.
- (٣) المحور الثالث: الآثار البيولوجية. جميع الآثار البيئية والتغيرات البيولوجية على الكائنات الحية التي ستؤثر على المنطقة المحيطة عدا فقدان الأسماك.
- (٤) المحور الرابع: الآثار الاقتصادية والاجتماعية. بفعل حركة العاملين المؤقتة (حوالي ١٠ سنوات) الذين سيأتون لبناء المفاعل، سيكون هناك حاجة لإقامة بنى تحتية وخدمات إضافية، مما قد يُخل بالتوازن الاجتماعي والاقتصادي القائم حالياً في الموقع أو في جواره.
- (٥) المحور الخامس: الجمالية. حيث أنه سيتم وصل أسلاك التوتر العالي من المفاعل إلى الشبكة، يمكن أن يؤدي إلى تشويه، وآثار مضرّة بالمناطق القريبة من الأسلاك.
- (٦) المحور السادس: التكلفة. تكاليف الاستثمار في بناء المفاعل وتكاليف التشغيل خلال فترة العمر الاقتصادي للمفاعل.

سنقوم حالياً بتعريف الأبعاد^(٣٨) استناداً إلى هذه المحاور، أي المعايير التي سيتم الحكم (تقييم) على كل موقع من خلالها.

(١) البعد الأول d_1 : الصحة والسلامة والأمن. تم اعتماد المؤشر الرسمي *SPF: Site Population Factor* المحدد من قبل هيئة الطاقة الأمريكية، ويقاس حجم التأثير الإشعاعي على سلامة البشر مع الأخذ بالاعتبار لبعدهم أو قربهم من المفاعل. المقياس E_1 هو عدد حقيقي يأخذ قيمه بين ٠ (القيمة الأفضل) و ٢,٠ (القيمة الأسوأ).

(٢) البعد الثاني d_2 : فقدان الأسماك في الأنهار المجاورة. لوحظ أن العدد الإجمالي للأسماك التي يمكن أن تختفي لم تكن كافية للمقارنة بين المواقع، فخسارة ١٠ آلاف سمكة في نهر يحوي ٢٠ ألف سمكة فقط ليس كخسارة ١٠ آلاف في نهر يعيش فيه ٣٠٠ ألف سمكة. لذلك جرى تحليلها على بُعدين:

d'_2 : العدد الكلي للأسماك التي تعيش في النهر، المقياس E'_2 هو عدد طبيعي.

d''_2 : النسبة المئوية للأسماك التي ستموت، المقياس E''_2 هو نسبة مئوية.

نلاحظ أن عناصر المقياس E_2 المركب من مقياسي البُعدين $E_2 = E'_2 \times E''_2$ صعبة وغير مرتبة بشكل طبيعي. لذلك تم بناء مقياس حيث أفضل قيمة فيه هي عدم خسارة أية سمكة، وأسوأ قيمة هي خسارة ١٠٠% من الأسماك.

(٣) البعد الثالث d_3 : الآثار البيولوجية. يتطلب تحديد الآثار البيئية والبيولوجية لإنشاء المفاعل، إجراء دراسة معقدة جداً، ولم تكن الموارد المتوفرة كافية لإنجازها، لذلك اعتمد الباحثان على مقياس وصفي E_3 مؤلف من ٩ وحدات قياس، وجرى توصيف كل واحدة من هذه الوحدات التسع، نُعطي مثلاً عن واحدتي القياس الأفضل والأسوأ:

الوحدة الأفضل تأخذ القيمة صفر: خسارة كاملة لميل مربع واحد من الأرض المخصصة للزراعة، أو مأهولة بأكملها ودون أية خسارة لمحميات خاصة.

الوحدة الأسوأ وتأخذ القيمة ٨: خسارة كاملة لميل مربع واحد من الغابات وغير مستثمرة، أو من البحيرات، أو

^{٣٨}. جرت العادة على إطلاق تسمية أبعاد *Dimensions* وفق مصطلحات نظرية المنفعة للتعبير عن المعايير.

من المحميات الخاصة بحيوانات مهددة بالانقراض.

(٤) البعد الرابع d_4 : الآثار الاقتصادية والاجتماعية. لنفس الأسباب السابقة، اعتمد الباحثان على مقياس وصفي E_4 من ٨ وحدات قياس، وجرى توصيف كل واحدة من هذه الوحدات الثمانية، نُعطي مثالاً عن واحدتي القياس الأفضل والأسوأ:

الوحدة الأفضل تأخذ القيمة صفر: منطقة مأهولة ويقطن فيها ١٠٠ ألف نسمة على الأقل، وبدون أية آثار أخرى.

الوحدة الأسوأ وتأخذ القيمة ٧: موقع بعيد عن مدينة من ١٠ آلاف نسمة بالإضافة إلى آثار عديدة متوقعة بسبب قنوم عدد كبير من العمال، وتسمح البنى التحتية المتواجدة حالياً بالاستجابة، لكنها سرعان ما تبدو غير كافية لمواجهة هذا الازدياد، وتوقع عجز مالي حيث لا تسمح الإمكانيات الحالية بلديات المنطقة بالاستدانة لسد الاحتياجات.

(٥) البعد الخامس d_5 : الجمالية. جرى اعتماد طول أسلاك التوتر العالي (مقدرة بالميل) ضمن المنطقة والتي يمكن أن تؤثر على البيئة التي ستمر فيها.

(٦) المحور السادس d_6 : إجمالي التكاليف. اعتبر الباحثان أنه يمكن قياس تكلفة كل موقع كفرق مع الموقع الأقل تكلفةً (الموقع الثاني a_2)، وقد تم حسابها كقيمة حالية صافية *Net Present Value* (انظر الفقرة ٦-١١) بملايين دولارات في بداية عام ١٩٨٥ بفرض أن فترة حياة المفاعل هي ٣٠ سنة ومعدل التراكم هو ٨,٤% سنوياً.

٨-٤-٣ تقييم المواقع وفق الأبعاد

بعد تعريف الأبعاد الستة $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6$ ، تم تقييم كل موقع وفقاً لهذه الأبعاد، كما تم الأخذ بالاعتبار إمكانية أن يأخذ نفس الموقع عدة قيم مع تقدير احتمالات كل منها.

(١) البُعد الأول (السلامة): كل موقع يأخذ قيمة أكيدة من المقياس SPF .

(٢) البُعد الثاني (خسارة الأسماك): تقييم مركب وأكثر تعقيداً، اعتمد الباحثان على رأي الخبراء حيث يمكن حساب عدد الأسماك التي ستموت (البعد الفرعي d'_2) بشكل أكيد، بينما يمكن تقييم النسبة (البعد الفرعي d''_2) بشكل توزيع احتمالي طبيعي، حيث قام فريق الخبراء بتقدير النسبة الوسطية للخسارة $\bar{x}_2(a)$ لكل موقع a ، وحساب الانحراف المعياري للتوزيع بنسبة ٥٠% من النسبة

الوسطية الناتجة.

(٣) البُعد الثالث (الآثار البيولوجية): تم استشارة فريق من الخبراء، حيث تم الطلب من كل خبير تحديد مجال محدد بقيمتين متتاليتين من المقياس E_3 لكل موقع تمثل آثار بناء المفاعل في هذا الموقع (لدينا ٩ واحداث قياس وبالتالي ٨ مجالات للتقييم)؛ والتوزيع الاحتمالي في هذه الحالة لهذا البُعد هو تكرار آراء الخبراء.

(٤) البُعد الرابع (الآثار الاقتصادية): جرى التقييم بنفس الطريقة على البعد الثالث.

(٥) البُعد الخامس (طول أسلاك التوتر): كل موقع يأخذ قيمة أكيدة هي طول الأسلاك بالميل.

(٦) البُعد السادس (التكلفة): قام كل خبير اقتصادي بتقدير متوسط التكلفة $\bar{x}_6(a)$ لكل موقع a ، وجرى حساب الانحراف المعياري بنسبة ٢٥% من هذا المتوسط، عدا الموقع الثاني فتقييمه يساوي صفر كونه الأقل تكلفةً حيث أجريت التقديرات بالفرق عنه.

بعد الانتهاء من تعريف المقاييس السابقة وقبولها، تم وضع جدول تقييم المواقع التسعة على هذه الأبعاد، الجدول [٢-٨].

الجدول [٨-٢] حالة عملية، تقييم البدائل وفق المعايير

d_6	d_5	d_4	d_3	d''_2	d'_2	d_1	
٢,٠٣٥	١	٠,٢ : ٢-١ ٠,٦٥ : ٣-٢ ٠,١٥ : ٤-٣	٠,٩ : ٢-١ ٠,١ : ٣-٢	٨	٧٥	٠,٠٥٧	A_1
٠	١	٠,٢٥ : ٢-١ ٠,٥٥ : ٣-٢ ٠,١ : ٤-٣ ٠,١ : ٥-٤	٠,٩ : ٢-١ ٠,١ : ٣-٢	٨	٧٥	٠,٠٤	A_2
١,٥٣٥	٧	٠,٣ : ٢-١ ٠,٤٥ : ٣-٢ ٠,١٥ : ٤-٣ ٠,١ : ٥-٤	٠,٨ : ٢-١ ٠,٢ : ٣-٢	٨	٧٥	٠,٠٢٥	A_3
١,٩٣٣	٦	٠,٢ : ٣-٢ ٠,٥ : ٤-٣ ٠,٣ : ٥-٤	٠,٢ : ٣-٢ ٠,٨ : ٤-٣	١٥	٥,٥	٠,٠٤٨	A_4
١٢,٣٤٧	١٢	٠,٢ : ٢-١ ٠,٤٥ : ٣-٢ ٠,٢ : ٤-٣ ٠,١٥ : ٥-٤	٠,٢ : ٤-٣ ٠,٥ : ٥-٤ ٠,٣ : ٦-٥	١٥	١٧	٠,٠٤٤	A_5
١٧,٧١٣	١	٠,١ : ٣-٢ ٠,٥٥ : ٤-٣ ٠,٣ : ٥-٤ ٠,٥٥ : ٦-٥	٠,٢ : ٤-٣ ٠,٥ : ٥-٤ ٠,٣ : ٦-٥	١٥	٥	٠,٠٢٣	A_6
٤,٨٣٤	٠	٠,٢ : ٣-٢ ٠,٥ : ٤-٣ ٠,٢ : ٥-٤ ٠,١ : ٦-٥	٠,٣ : ٢-١ ٠,٦ : ٣-٢ ٠,١ : ٤-٣	١٥	٣	٠,٠٥٢	A_7
١٠,٩٣٦	٠	٠,١ : ٣-٢ ٠,٤ : ٤-٣ ٠,٤ : ٥-٤ ٠,١ : ٦-٥	٠,١ : ١-٠ ٠,٥ : ٢-١ ٠,٤ : ٣-٢	١	٤٣٠	٠,٠١١	A_8
١١,٤٢٣	٠	٠,٥٥ : ٢-١ ٠,٦ : ٣-٢ ٠,٢ : ٤-٣ ٠,١٥ : ٥-٤	٠,٧ : ١-٠ ٠,٣ : ٢-١	١	٣٦٥	٠,٠١٨	A_9

٨-٤-٤-٤ توابع المنفعة

من أجل الحكم على المواقع بشكل إجمالي، ومعرفة أفضل المواقع لبناء المفاعل، فقد لجأ فريق الدراسة إلى وضع تابع منفعة من الشكل الضريبي، كما جرى بناء تابع منفعة جزئي لكل بُعد من الأبعاد السابقة وفق طريقة أوراق الحظ (الفقرة ٨-٣-١).

تابع المنفعة الإجمالي: اعتمد فريق الدراسة تابع له الشكل الآتي من أجل موقع ما A :

$$u(A) = \frac{1}{k} \left[\prod_{i=1}^6 (1 + k \cdot k_i \cdot u(e_i)) \right]$$

حيث: $e_1, e_2, e_3, \dots, e_6$ هي تقييمات الموقع على الأبعاد الستة،

$u(e_1), u(e_2), u(e_3), \dots, u(e_6)$ هي منافع تقييمات الموقع على الأبعاد الستة،

k_1, k_2, \dots, k_6 هي أوزان الأبعاد الستة، و k هو ثابت خاص بالتابع الضربي.

كما تم اعتبار أن المنفعة المتوقعة من أسوأ واحدة قياس e_i^* على كل معيار i تساوي الصفر

$U_i(e_i^*)=0$ والمنفعة المتوقعة من أفضل واحدة e_i^* على كل معيار تساوي الواحد $U_i(e_i^*)=1$.

لتحديد قيم هذه الأوزان، والثابت، وبالتالي صيغة التابع الإجمالي يكفي بناء ٦ توابع منفعة جزئية (لدينا

٦ قيم k_i)، ثم نُحدد قيمة الثابت k من معادلة تابع المنفعة الإجمالي.

توابع المنفعة الجزئية:

تم اعتماد الطريقة التقليدية (أوراق الحظ) في بناء توابع المنفعة الجزئية للأبعاد الأول U_1 ، الثالث U_3 ،

الرابع U_4 ، الخامس U_5 والسادس U_6 . في حين كان بناء تابع المنفعة الجزئي للمعيار الثاني U_2 أكثر

تعقيداً بسبب طبيعته المركبة من بُعدين، كما قادت الدراسة إلى تمييز تابع خاص بالأنهار الكبيرة

(الخسارة أكبر من ٣٠٠ ألف سمكة) وآخر خاص بالأنهار الصغيرة (الخسارة أقل من ١٠٠ ألف

سمكة). من أجل الأنهار الكبيرة، أُخذت كمية الأسماك التي ستموت فقط ثم اعتمدت الطريقة التقليدية

في بناء التابع مع الأخذ بالاعتبار لفرضية خاصة متعلقة بالمخاطرة، بينما بالنسبة للأنهار الصغيرة

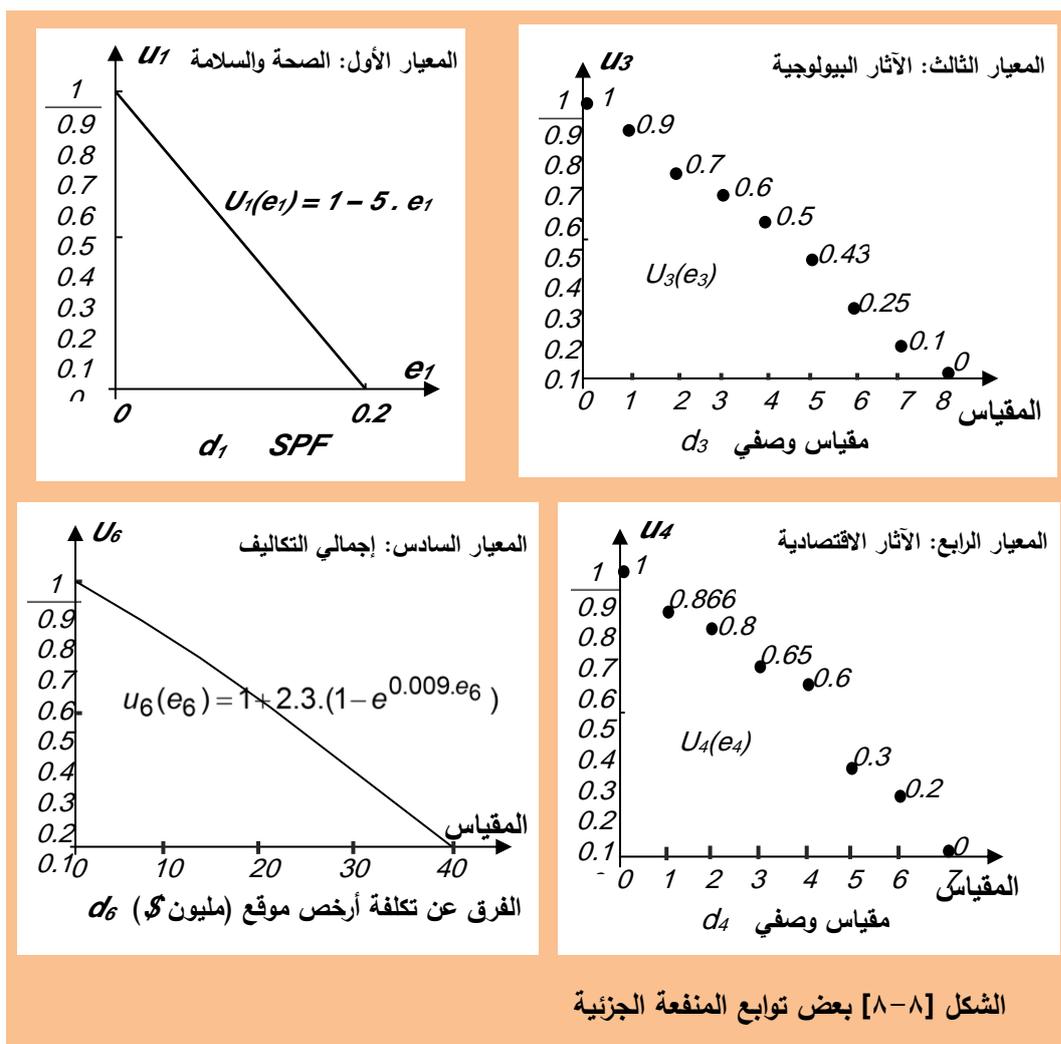
فقد اعتمد تابع من الشكل الخطي.

من الضروري الإشارة إلى أن الحصول على الصيغ التحليلية لهذه التوابع ليس أقل فائدة من الحصول

على شكل التابع، حيث تم اللجوء إلى تقنيات الانحدار لتحديد صيغ هذه التوابع. نجد فيما يلي بعض

أشكال هذه التوابع للأبعاد الستة، ويمكن مراجعة الأشكال الأخرى في النص الأساسي للحالة

(Keeny & Nair, 1976).



بعد بناء هذه التوابع، تم تحويل تقييمات كل من المواقع a المذكورة في جدول التقييم السابق [٨-٢] إلى منفعة باستخدام تقنية المنفعة المتوقعة وفقاً لكل منها، نستعرض بعض الأمثلة في حسابها، مع الإشارة إلى مستوى تعقيد هذه الحسابات.

المعيار الأول: صيغة التابع هي $U_1 = 1 - 5e_1$ حيث يمثل e_1 تقييم البديل المعني وفق هذا المعيار، لنأخذ مثلاً البديل الأول a_1 حيث قيمة مؤشر التلوث SPF هو $0,057$ ، فتكون المنفعة المتوقعة من هذه القيمة $U_1(a_1) = 1 - 5 \cdot (0.057) = 0.715$ ، وهي القيمة الظاهرة في الجدول [٨-٣] في خانة البديل الأول مع المعيار الأول.

المعيار الثالث: يأخذ البديل الأول تقييمين: احتمال 90% أن يكون المجال $1-2$ واحتمال 10% أن يكون المجال $2-3$ ، ومن صيغة تابع المنفعة نجد $U(1) = 0.9$ و $U(2) = 0.75$ و $U(3) = 0.67$ ، نأخذ منفعة تقييم المجال $1-2$ كوسطي لمنفعتي طرفيه 1 و 2 أي أنها تساوي $(0.9 + 0.75) / 2 = 0.825$ ، وكذلك منفعة المجال $2-3$ كوسطي لمنفعتي طرفية 2 و 3 أي $(0.75 + 0.67) / 2 = 0.71$ ، ثم نثقل منفعتي المجالين باحتمالاتهما فنجد: $U_2(a_1) = 90\% \cdot 0.825 + 10\% \cdot 0.71 = 0.8135$ وهي القيمة الظاهرة في الخانة المقابلة للبديل الأول والمعيار الثالث في

الجدول اللاحق [٨-٣].

المعيار السادس: لتأخذ البديل الأول a_1 حيث القيمة الحالية الصافية تساوي ٢,٠٣٥، وتطبيق صيغة تابع المنفعة وفق هذا المعيار $U_6(a_1) = 1 + 2.3 \cdot (1 - e^{0.009 \times 2.035}) = 0.9575$ وهي القيمة الظاهرة في خانة البديل الأول مقابل المعيار السادس في الجدول اللاحق [٨-٣].

الجدول [٨-٣] تقديرات المنفعة للمواقع المرشحة وفق كل من المعايير						
المعيار d_6	المعيار d_5	المعيار d_4	المعيار d_3	المعيار d_2	المعيار d_1	
٠,٩٥٧٥	٠,٩٨	٠,٧٣١٦	٠,٨١٣٥	٠,٩٨٩٥	٠,٧١٥	a_1
١	٠,٩٨	٠,٧١٤٥	٠,٨١٣٥	٠,٩٨٩٥	٠,٨	a_2
٠,٩٦٨	٠,٨٦	٠,٧١٤٩	٠,٨٠٢	٠,٩٨٩٥	٠,٨٧٥	a_3
٠,٩٥٩٦	٠,٨٨	٠,٥٩٢٥	٠,٦٣	٠,٩٩٧٨	٠,٧٦	a_4
٠,٧٢٨٧	٠,٧٦	٠,٦٨٥٤	٠,٤٦٩	٠,٩٩٣٦	٠,٧٨	a_5
٠,٦٠٠٤	٠,٩٨	٠,٥٦٣٨	٠,٤٦٩	٠,٩٩٨٠	٠,٨٨٥	a_6
٠,٨٩٧٦	١	٠,٥٧٢٥	٠,٧٣٤٥	٠,٩٩٩	٠,٧٤	a_7
٠,٧٦١٣	١	٠,٥٢٧٥	٠,٧٩١٥	٠,٩٩١	٠,٩٤٥	a_8
٠,٧٥٠١	١	٠,٦٦٩٢	٠,٩١٢٥	٠,٩٩٢٤	٠,٩١	a_9

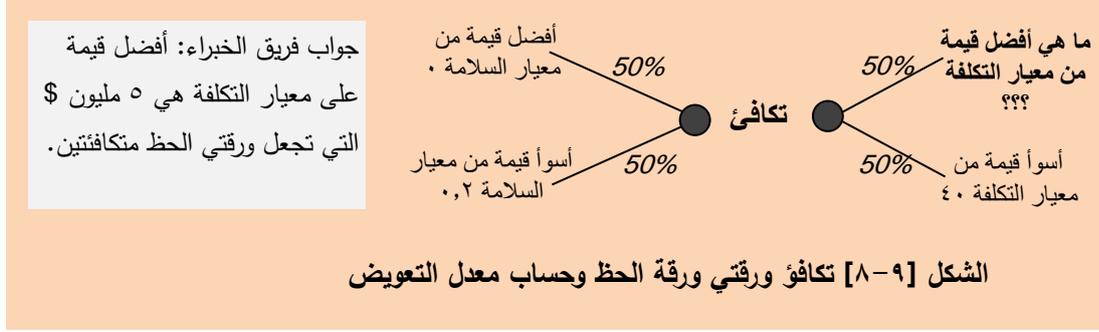
٨-٤-٥ حساب أوزان المعايير وثابت التابع

من أجل استكمال نموذج التفضيلات الذي تم اعتماده، فلا بد من تقدير أوزان المعايير k_i الظاهرة في تابع المنفعة الإجمالي، وكذلك ثابت التابع k . لأجل ذلك يمكن اللجوء دوماً إلى مقارنات لأوراق يانصيب، لكن هذه الطريقة ستكون صعبة للغاية بالنسبة للمُجيب (المُفوض من قبل متخذ القرار)؛ لذلك لجأ فريق الدراسة في تحديد الأوزان إلى ثلاثة مراحل:

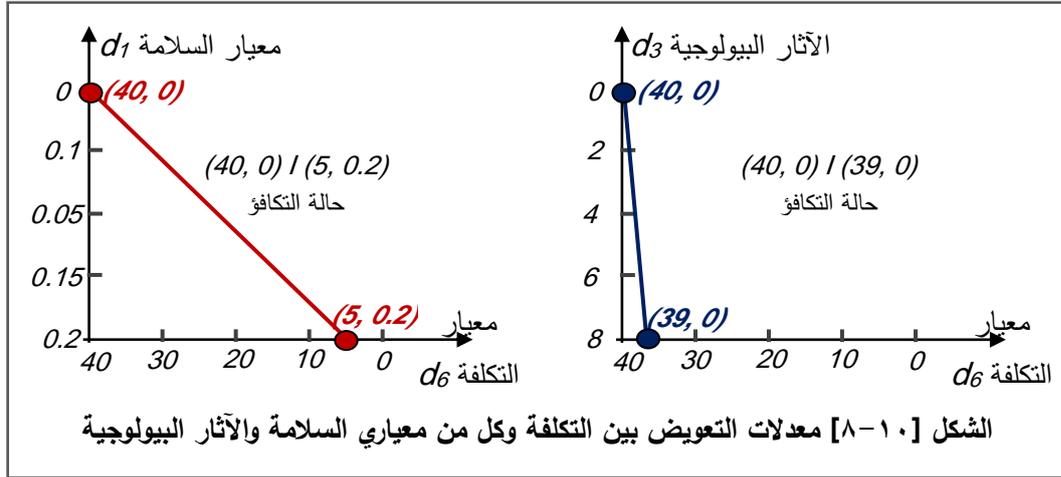
المرحلة الأولى: ترتيب المعايير حسب الأهمية وبالتالي ترتيب الأوزان k_i ، يسمح هذا الترتيب بتجنب حالات عدم الانسجام في المراحل اللاحقة، كان المعيار السادس (التكلفة) الأكثر أهمية، وتم الحصول على الترتيب التالي لأوزان المعايير الستة $k_6 > k_1 > k_2 > k_4 > k_5 > k_3$.

المرحلة الثانية: تقدير معدلات التعويض بين وحدات قياس المعايير المُعبّرة عن أوزان المعايير.

المقصود بمعدل التعويض بين معيارين هو التعويض بين ربح قيمة واحدة من المعيار الأول مقابل خسارة عدد من الوحدات من المعيار الآخر. لنرى كيفية تحديد هذه المعدلات على مثال وليكن المعيار الأول (الصحة) مقابل المعيار السادس؟ إذ تم سؤال فريق الخبراء المفوض عن ثنائيات من القيم كما يبين الشكل [٨-٩].



بمعنى أن فريق الخبراء مستعد لزيادة ٣٥ مليون دولار (من ٥ مليون إلى ٤٠ مليون) على التكلفة مقابل الانتقال على المعيار الأول من أسوأ قيمة أي ٠,٢ إلى أفضل قيمة أي ٠، وبإسقاط خطي بالنسبة لباقي القيم نكون قد حددنا معدل التعويض بين كل واحدتي قياس من المعيارين، حيث يبين الشكل [٨-١٠] مثالاً عن قيم هذه المعدلات لكل من المعيار الأول (d_1 السلامة) والثالث (d_3 الآثار البيولوجية) مقابل معيار التكلفة d_6 ، وكما نلاحظ أن هذه المعدلات متغيرة حسب قيم وحدات القياس.



المرحلة الثالثة: التقدير النهائي للأوزان. نبدأ مباشرةً بتقدير قيمة k_1 وزن المعيار الأكثر أهمية أي التكاليف، وبعد سلسلة من أسئلة أوراق الحظ تم التوصل $k_6 = 0.4$ ، تسمح معدلات التعويض المحسوبة سابقاً باستنتاج كافة الأوزان المتبقية انطلاقاً من k_6 . بإجراء الحسابات نجد قيم الأوزان كما يلي:

$$k_1 = 0.358, k_2 = 0.218, k_3 = 0.013, k_4 = 0.104, k_5 = 0.059, k_6 = 0.4$$

نلاحظ بأن المجموع أكبر من الواحد بل ١,١٥٢ (يمكن إعادة المجموع إلى ١، وذلك بتقسيم كل وزن على مجموع الأوزان). وأخيراً، لتحديد قيمة الثابت الإجمالي k ، نبذل في المعادلة

$$1 + k = \prod_{i=1}^6 (1 + k.k_i) \text{ قيم الأوزان ونحلها بالنسبة للثابت } k \text{ فيأخذ القيمة } k = -0.33166.$$

٨-٤-٦ التقييم الإجمالي واختيار الموقع

بتطبيق تابع المنفعة الإجمالي $U(A) = \frac{1}{k} \left[\prod_{i=1}^6 (1 + k.k_i U_i(A)) - 1 \right]$ على كل من المواقع بعد حساب

كافة ثوابته نحصل على التقييم الإجمالي Score لكل موقع كما هو مبين في الجدول [٨-٤].

الجدول [٨-٤] حالة عملية، الترتيب النهائي للمواقع		
الترتيب	الموقع	النتيجة Score
الأول	A3	٠,٩٢٦
الثاني	A2	٠,٩٢٠
الثالث	A1	٠,٨٨٥
الرابع	A4	٠,٨٨٣
الخامس	A8	٠,٨٧٢
السادس	A9	٠,٨٧٠
السابع	A7	٠,٨٦٢
الثامن	A5	٠,٨١٣
التاسع	A6	٠,٨٠٤

مثال عن حساب تقييم البديل ذو الترتيب الأول A3:

وزن البعد	منفعة A3	$(1 + k.k_i U_i(A))$	البعد
٠,٣٥٨	٠,٨٧٥	٠,٨٩٦١	البعد الأول
٠,٢١٨	٠,٩٨٩٥	٠,٩٢٨٥	البعد الثاني
٠,٠١٣	٠,٨٠٢	٠,٩٩٦٥	البعد الثالث
٠,١٠٤	٠,٧١٤٩	٠,٩٧٥٣	البعد الرابع
٠,٠٥٩	٠,٨٦	٠,٩٨٣٢	البعد الخامس
٠,٤	٠,٩٦٨	٠,٨٧١٦	البعد السادس

$$U(A3) = \frac{1}{-0.33166} [0.8961 \times 0.9285 \times 0.9965 \times 0.9753 \times 0.9832 \times 0.8716 - 1] = 0.926$$

جرى بعد ذلك دراسة حساسية لاختبار مدى ثبات هذا الترتيب، مثل تغيير قيم أوزان المعايير بشكل إفرادي، تغيير قيم المتوسط على المعيار السادس (التكلفة) بين ٢٠% و ٥٠% من قيمته الأولية، تغيير نسبة الانحراف المعياري إلى المتوسط على المعيار السادس من ربع إلى نصف، وغيرها، حيث لاحظ فريق الدراسة ثبات شبه تام على الترتيب الذي تم الحصول عليه بعد إجراء هذه التعديلات؛ ونذكر بأن الهدف من الدراسة هو الإبقاء على المواقع التي يصعب رفضها من قبل الحكومة الفيدرالية، وبعد دراسة الحساسية والنتائج السابقة، اقترح الفريق اعتماد أحد المواقع الأربعة الأولى: A2، A3، A1، A4 دون تمييز، والتحفظ على المواقع الأخرى.

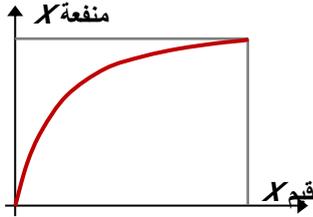
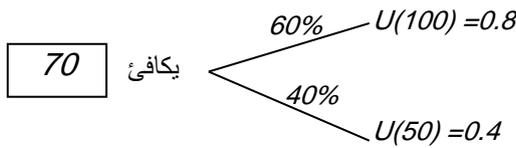
اختبارات وأسئلة الفصل الثامن Tests

(١) أسئلة صح / خطأ True/False

خطأ	صح	السؤال
		١ تستند نظرية المنفعة إلى توصيف نموذج القرار الموجود في ذهن متخذ القرار.
		٢ تقارن نظرية المنفعة بين بديلين وفق محور تفضيلي واحد.
		٣ يُحسب تقييم البديل في نظرية المنفعة وفق الأمل الرياضي لتتحقق جميع القيم الممكنة.
		٤ تعني فرضية الوضوح التام في نظرية المنفعة أن حالة اللامقارنة موجودة بين البديلين.
		٥ في نظرية المنفعة، تتمتع كل علاقتي التفضيل الأكيد والتكافؤ بخاصية التعدي.
		٦ تعبر فرضية الاستمرارية في نظرية المنفعة أنه من أجل كل بديلين احتماليين، هناك بديل ثالث يكافئهما.
		٧ تنص فرضية الإبدال في نظرية المنفعة على أنه يمكن استبدال أية خيارات احتمالية بالمكافئ الأكيد دون أية تأثيرات أخرى.
		٨ تابع المنفعة هو دوماً تابع متزايد مع تزايد التفضيلات.
		٩ لكل متخذ قرار تابع منفعة وحيد يستخدم في جميع الظروف.
		١٠ الطريقة الأكثر رواجاً لبناء تابع المنفعة هي أوراق الحظ أو اليانصيب.
		١١ الشكل العام لتابع المنفعة هو دوماً خطي أي مستقيم.
		١٢ تستخدم المنفعة الهامشية لتابع المنفعة لدراسة نزعة متخذ القرار تجاه المجازفة.
		١٣ تكون نزعة المجازفة كبيرة لدى متخذ القرار إذا كانت المنفعة الهامشية لتابع المنفعة ثابتة.
		١٤ المنفعة الهامشية هي المشتق الأول لتابع المنفعة.
		١٥ لا يجوز أن يكون تابع المنفعة للتفضيلات الإجمالية إلا من شكل الجمع أو الضرب.
		١٦ لا يمكن حساب توابع المنفعة بالنسبة للمعايير تستخدم مقاييس وصفية.
		١٧ تعتمد الطرق وحيدة المعيار مفهوم التعويض بين تقييمات البديل وفق المعايير.
		١٨ لا تختلف نتائج أي من الطرق وحيدة المعيار في حال تغيير وحدات القياس.

٢) أسئلة خيارات متعددة Multiple Choices

- ١- تستند نظرية المنفعة إلى توصيف نموذج تفضيلات متخذ القرار، بفرض ما يلي:
- (أ) وجود مجموعة معروفة ومحددة من البدائل (ب) وجود تابع حقيقي يعبر عن التفضيلات
(ج) يمكن إيجاد أفضل قيمة للتابع (د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٢- ليكن تابع منفعة لدرجات الطلبة له الشكل $U(x)=x/100$ ، فإن منفعة طالب حصل على درجة ٧٠، هي:
- (أ) ٧ (ب) ٠,٧ (ج) ٧٠ (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٣- في نظرية المنفعة، تعني فرضية الوضوح التام للمقارنة بين بديلين ما يلي:
- (أ) تحقق حالة تكافؤ أو أحد البديلين أفضل من الآخر فقط (ب) أن كل من البديلين أفضل من الآخر
(ج) أن التكافؤ محقق دوماً بين البديلين (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٤- ليكن لدينا ثلاثة مشاريع حيث قيمة الأول \$١٠٠ والثاني \$٩٩ والثالث \$٩٨، يعتبر متخذ القرار أن فرق دولار واحد لا يعني فرقاً في تفضيل مشروع على آخر، فإن:
- (أ) الأول أفضل من الثاني والثاني أفضل من الثالث (ب) المشاريع الثلاثة متكافئة
(ج) علاقة التعدي محققة على التفضيل (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٥- ليكن لدينا خياران احتماليان تقييم الأول a باحتمال p وتقييم الثاني b باحتمال $1-p$ ، فإن تقييم البديل الثالث المكافئ لهما c يُحسب بالشكل الآتي:
- (أ) $c = a.b$ (ب) $c = 0.5 a + 0.5 b$
(ج) $c = p.a + (1-p).b$ (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٦- ليكن لدينا ورقة الحظ المقابلة، فإن منفعة القيمة ٧٠ تساوي:
- (أ) $U(70) = 0.8$ (ب) $U(70) = 0.64$
(ج) $U(70) = 0.2$ (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٧- نزعة المجازفة لمتخذ القرار لديه تابع منفعة وفق الشكل المقابل عند القيم الصغيرة تكون:
- (أ) مرتفعة (ب) منخفضة
(ج) حيادي (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٨- تُحسب المنفعة الهامشية U_m لتابع المنفعة $U(x)$ بالشكل:



$$Um = \frac{\Delta x}{\Delta U} \text{ (ب)}$$

(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

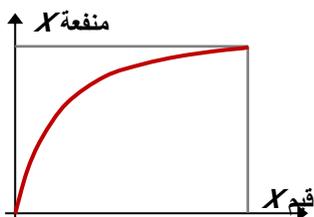
$$Um = \frac{\Delta U}{\Delta x} \text{ (أ)}$$

$$Um = \Delta U \cdot \Delta x \text{ (ج)}$$

٩- ليكن لدينا تابع منفعة من الشكل $U(x) = 1 - 5x$ ، فإن منفعة القيمة $x=0.05$ تساوي:

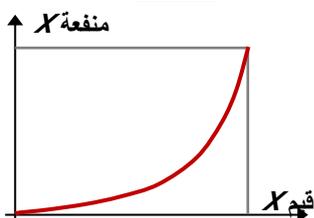
(أ) ٠,٧٥ (ب) ٠,٢٥ (ج) ٠,٠٥ (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٠- نزعة المجازفة لمتخذ القرار لديه تابع منفعة وفق الشكل المقابل عند القيم الكبيرة تكون:



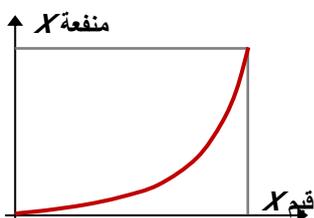
(أ) مرتفعة
(ب) منخفضة
(ج) حيادي
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١١- نزعة المجازفة لمتخذ القرار لديه تابع منفعة وفق الشكل المقابل عند القيم الصغيرة تكون:



(أ) مرتفعة
(ب) منخفضة
(ج) حيادي
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٢- نزعة المجازفة لمتخذ القرار لديه تابع منفعة وفق الشكل المقابل عند القيم الكبيرة تكون:



(أ) مرتفعة
(ب) منخفضة
(ج) حيادي
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٣- من أهم أسباب عدم الدقة ونقص معلومات عناصر مشكلة القرار ما يلي:

(أ) عدم دقة المقياس
(ب) تغير التقييم عبر الزمن أو الحالة
(ج) التقييمات احتمالية أو غير موجودة
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

٣) أسئلة \ قضايا للمناقشة

السؤال (١) أسس نظرية المنفعة.

(١) ما طبيعة المشكلة التي تعالجها نظرية المنفعة؟

(٢) اشرح بإيجاز الفرضيات الأساسية لنظرية المنفعة؟

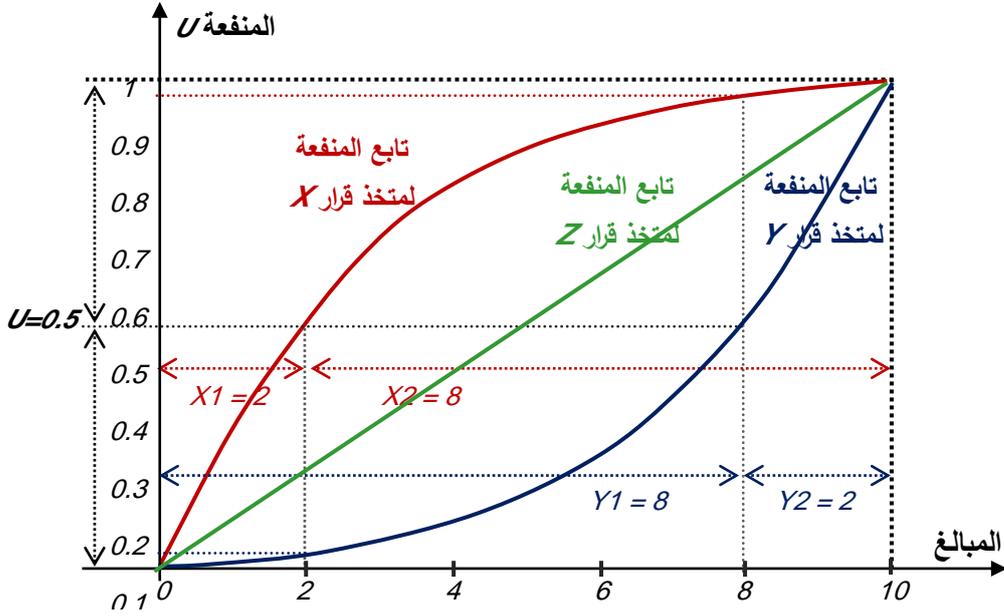
٣) ما النتيجة الرئيسية لفرضيات نظرية المنفعة؟

السؤال (٢) بناء تابع المنفعة.

اشرح بإيجاز الطريقة الأكثر استخداماً في بناء تابع المنفعة؛ يُنصح باستخدام الرسم للمساعدة في شرح أفكارك.

السؤال (٣) تفسير المنفعة الهامشية كمؤشر عن النزعة تجاه المجازفة.

ليكن لدينا توابع المنفعة لثلاثة متخذي قرارات X , Y , Z كما يبين الشكل الآتي، والمطلوب: دراسة المنفعة الهامشية لكل من متخذي القرارات الثلاث، واستخدامها للمقارنة فيما بينهم من حيث النزعة تجاه المجازفة. علماً بأن المبالغ مقدرة بآلاف الدولارات.



السؤال (٤) انتقادات الطرق وحيدة المعيار.

اذكر بإيجاز أهم الانتقادات الموجهة للطرق وحيدة المعيار.

القضية الأولى: تناقض Luce قهوة بدون سكر.

لنفرض أن أحد الأشخاص لا يحب القهوة بسكر، لكنه لا يرى فرقاً بين فنجانين الأول بدون سكر والثاني يحتوي كمية صغيرة جداً من السكر ولتكن واحد فقط أي يعتبر الفنجانين متكافئين، أي أن فرق غرام واحد لا يُعتبر معبراً لتفضيل أحد الفنجانين، لنضع ١٠٠ فنجان من القهوة بالتتالي كما يلي: الأول بدون سكر، الثاني مع غرام واحد، الثالث مع غرامين، ... الأخير ١٠٠ غرام. فإذا كان كل اثنين متتالين متكافئين كون الفرق بسيط، سنحصل على أن الأول والأخير متكافئين أيضاً، أي أنه يجب ألا يرى فرقاً بين الأول بدون سكر والأخير يحوي ١٠٠ غرام من السكر!

(لمزيد من التفاصيل، مراجعة مقال *R. Duncan Luce* لعام ١٩٥٦ أو *Lehrer & Wagner* لعام ١٩٨٥)

القضية الثانية: مشكلة وحدات القياس وجمع ما لا يمكن جمعه.

لديك موازنة ٢٠٠ ألف ل.س لشراء سيارة ولديك خياران، حيث تم أخذ سعر السيارة وسرعتها فقط بالاعتبار، وأن السيارتين متكافئتان على جميع المعايير الباقية، سعر الأولى ٨٠ ألف ل.س وسعر الثانية ١١٠ ألف ل.س. ما نتيجة التقييم الإجمالي لكل سيارة بجمع السعر والسرعة في حال احتساب السرعة بالكيلومتر في الساعة ثم بالمتر في الثانية؟

بعد تغيير وحدة القياس			قبل تغيير وحدة القياس			
المجموع	سرعة السيارة كم/ساعة	المبلغ المتبقي	المجموع	سرعة السيارة متر/ثانية	المبلغ المتبقي	
٣٠٠	١٨٠	١٢٠	١٧٠	٥٠	١٢٠	سيارة A
٣٠٦	٢١٦	٩٠	١٥٠	٦٠	٩٠	سيارة B
B أفضل			A أفضل			النتيجة وفق المجموع

في حال حساب السرعة بالمتر/ثانية تكون السيارة A أفضل، وفي حال حسابها بالكم/سا تكون السيارة الثانية B أفضل، نلاحظ أن النتيجة تختلف في الحالتين رغم أنه لم يتم أي تغيير في السرعة الحقيقية!!

القضية الثالثة: ألا يمكن الخروج من هذه الحلقة الجهنمية؟

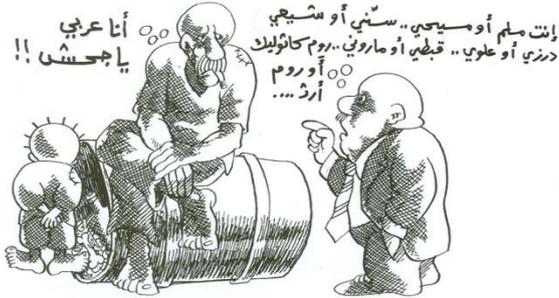
ليكن لدينا ثلاثة طلاب حصلوا على الدرجات في ثلاثة مقررات كما يبين الجدول اللاحق، نلاحظ أن متوسط الدرجات هو نفسه، لذلك تم اعتماد طريقة أخرى لمعرفة أي من الطلبة هو الأفضل وترتيبهم، تنص الطريقة الجديدة على مقارنة ثانية بين كل طالبين وأخذ عدد المقررات التي يكون فيها طالب أفضل من آخر بغض النظر عن الفرق بينهما في الدرجات، وكذلك اعتبار أن فرق علامة واحدة بين الطالبين يعني أنهما متكافئان ولا يؤدي لتفضيل أحدهما على الآخر.

المتوسط	الإدارة	المالية	الاقتصاد	
٧٠	٧٠	٧٠	٧٠	الطالب الأول A
٧٠	٧١	٧١	٦٨	الطالب الثاني B
٧٠	٧٢	٧٢	٦٦	الطالب الثالث C

حاول إجراء المقارنة الثنائية بين كل طالبين بتطبيق الطريقة الجديدة، واستنتج أي من الطلبة هو الأفضل.

الفصل التاسع: انتقادات الطرق وحيدة المعيار

Critiques of Mono-Criteria Models



ناجي العلي (٣٩)

^{٣٩}. ناجي سليم حسين العلي (١٩٨٧-١٩٣٧) رسام كاريكاتير فلسطيني مبدع في لوحاته، مبتكر شخصية حنظلة كرمز للفلسطيني المعذب والقوي ويدير ظهره للأنظمة العربية التي خذلت فلسطين، اغتيل في لندن من قبل الموساد الإسرائيلي عام ١٩٨٧.

ملخص الفصل:

سنحاول في هذا الفصل استعراض بعض نقاط الضعف التي تعاني منها النماذج وحيدة المعيار عموماً، ونظرية المنفعة خصوصاً؛ باعتبارها الممثل "الشرعي" الأكثر تعبيراً عن هذا النمط من النماذج، كما سنرى العديد من التناقضات المعروفة في أدبيات صناعة القرار مع محاولات لتبريرها أو تجاوزها، وفي الخاتمة سنحاول إعطاء بعض التوجيهات لاختيار النموذج المناسب.

كلمات مفتاحية:

مقياس التفضيل *Preferences Mesure*، التعدي *Transitivity*، نقص المعلومات *Incomplete Information*، تغير الترتيب *Rank Reversal*، تناقض أليي *Allais Paradox*، تناقض إلسبرغ *Ellsberg Paradox*، تناقض برنولي *Bernouilli Paradox*، اختيار النموذج *Model Selection*.

مخطط الفصل:

- ١-٩ حول التجميع بتابع عددي وحيد.
- ٢-٩ حول مقياس التفضيل وأوزان المعايير.
- ٣-٩ حول مقارنة تفضيلات متخذ القرار.
- ٤-٩ حول ظاهرة التعدي.
- ٥-٩ حول دقة المعلومات.
- ٦-٩ بعض التناقضات في النماذج وحيدة المعيار.
- ٧-٩ اختيار النموذج المناسب.

٩-١ حول التجميع بتابع عددي وحيد

تعرفنا على مدى الفصول السابقة إلى العديد من الأدوات والنماذج المساعدة في صناعة القرارات، ولاحظنا أن النتائج تختلف باختلاف الطريقة، مما يوحي بعدم مصداقية هذه الطرق، وبالتشويش على متخذ القرار، وبالشك في مصداقية الحلول الناتجة، وقد يستدعي البعض -بحسن أو بسوء نية- للذهاب إلى رفض جميع الطرق بالقول إنها تفتقد إلى المصداقية، وكأنه يشير بذلك إلى فرضية الأمثلية بأنه طالما أن هناك شيئاً من الرياضيات في النماذج، فيجب أن تعطي الحل الأمثل، ونرى من حيث المبدأ أن مثل هكذا منطق يفتقد إلى العقلانية وضعف الخبرة، فالنماذج الرياضية كأدوات تحاول بقدر ما تستطيع التعبير عن الواقع، ولا يجوز أن نطلب منها أن تعطي أكثر من استطاعتها، فالمعضلة أن مشكلات تحتاج إلى أكثر من النماذج الرياضية، تحتاج بالحد الأدنى إلى خبرات ومعارف متخذ القرار الضمنية والمعلنة.

تُعتبر الطرق التي رأيناها حتى الآن بطبيعتها وحيدة المعيار، أي تحاول تجميع متغيرات المشكلة في تابع إجمالي وحيد والحكم على البدائل من خلال هذا التابع، مع محاولة البعض منها الأخذ بالاعتبار لنزعة متخذ القرار نحو المخاطرة (التقاؤل، التشاؤم، الندم...).

بطبيعة الحال، فإن لمشكلة القرار جوانب عديدة، وكذلك لمتخذ القرار وجهات نظر عديدة، وآراء متناقضة أحياناً كونه يحكم باسم منظومة قيم المنظمة، ونفترض بها أن تكون منسجمة ومتكاملة لكن للواقع رأي آخر! ويكفي أن نستدل على هذه الظاهرة بمجلس المساهمين، أو هيئة قضاة أو حكومة أو قيادة حزب سياسي أو غيرها، حيث كل من أعضائها لديه وجهة نظر ومصالح، ومنظومة قيم مختلفة عن الآخرين، ويزداد التعقيد والصعوبة في حال كان لدى البعض القدرة على تعطيل القرار، كما أن التطور الطبيعي للآراء والأحكام وتبديلها وفقاً للمعلومات المتوفرة وظروف حالة المشكلة يجعل من الصعوبة جوهرية في تجميع جميع ما سبق على شكل تابع عددي وحيد، فلماذا نُحمّل النماذج الرياضية من هذا النمط ما لا تستطيع تحمله؟

قد تكون مفيدة هذه الطرق لتتوير بعض جوانب المشكلة ولاستكشاف فضاء الحلول لمتخذ القرار، والتي يمكن أن تؤدي به لمراجعة آرائه وأحكامه، ولكننا لا نعتقد أنها الطرق الوحيدة في صناعة القرارات، ولكي نحسم هذا الجدل بتنوع النماذج، نشير فقط إلى بعض حالات اتخاذ القرار دون أن يكون لدى

متخذ القرار أية معرفة رياضية أو مستشارين مثل الميكانيكي الخبير في تصليح الآليات، المزارع الذي يقدر احتياجات أرضه، وغيرهم، مما يعني أن هناك نماذج أخرى ليست بالضرورة رياضية، وطالما أن هناك أفعالاً ناجمة عن محاكمة ذهنية لأي كيان فردي أو تنظيمي، فهناك صناعة للقرار، وبالتالي هناك "نموذج ما" قد نعلمه وقد لا نعلمه، وقد نستطيع التعبير عنه رياضياً وقد لا نستطيع، إذاً علينا أن نقبل هذه الحقيقة بأن النماذج الكمية ليست الوحيدة، وأن نختم بنفي مقولة نموذج صحيح ونموذج خاطئ، والقول هناك نموذج مناسب، وآخر غير مناسب رياضياً كان أم لا.

نشير إلى أن الفكرة الجوهرية لهذه الطرق بتجميع المعايير بشكل تابع إجمالي وحيد تبدو ناجمة عن سيطرة المنطق الديكارتي^(٤٠) للرياضيات، منذ مطلع الثورة الصناعية في القرن السابع عشر على التفكير بحل المشكلات خصوصاً الإدارية منها، وتختلف صيغ التجميع (جمع، ضرب، صيغ أكثر تعقيداً...) بمعنى أن الحكم النهائي (القرار) يؤخذ بناءً على القيم التي تأخذها البدائل وفق هذا التابع الإجمالي، فالبديل ذو القيمة الأكبر يعتبر الأفضل يليه البديل ذو القيمة الأقل وهكذا... أي ترتيب البدائل حسب تقييماتها، وقد رأينا لدى الحديث عن إشكاليات القرار أن هناك نمطين آخرين على الأقل، تصنيف البدائل في فئات بغض النظر عن الأفضلية بين بديل وآخر ضمن نفس الفئة، أو اختيار البديل الأفضل من جميع البدائل الأخرى بغض النظر عن التفضيلات بين هذه الأخيرة، ومن يستطيع أن يؤكد أن البديل الذي يأتي في قائمة الترتيب هو أفضل من جميع البدائل الأخرى؟ الطرق التي تؤكد ذلك توصم بفرضيات أو خصائص رياضية قاسية (التعدي مثلاً).

في أغلب الأحيان، يعود الاعتماد على الطرق وحيدة المعيار إلى بساطة الطريقة وسهولة تطبيقها، مما يستدعي تسجيل المفارقة الآتية: الإصرار على استخدام نماذج بسيطة وغير مناسبة لمعالجة مشكلات صعبة ومعقدة بطبيعتها كمشكلات القرار!! فهذه الطرق تعاني بشكل عام من نقاط ضعف عديدة وجوهرية كما سنرى في الفقرات اللاحقة.

٩-٢ حول مقياس التفضيل وأوزان المعايير

غالباً ما تحتاج النماذج وحيدة المعيار إلى التعبير عن أهمية المعايير على شكل أوزان *Weights*

٤٠. نشر رينيه ديكارت *René Descartes* في كتابه *Discours de la méthode* عام ١٦٣٧ المبادئ الأساسية للتفكير العلمي.

مجموعها واحد، أو على شكل أمثال قد يختلف مجموعها عن الواحد ويمكن معيرتها لإعادة المجموع إلى واحد، لنحاول أن نفسر ماذا تعني بالضبط هذه الأوزان؟

يمكن تعويض الخسارة في تقييم أداء البديل على أحد المعايير من تقييماته على معايير أخرى بنسب التنقيط بين هذه المعايير. لنأخذ مثلاً طالبين a و b متساويين في التقييم على كل المعايير عدا مادتي الرياضيات واللغة العربية حيث حصلنا على الدرجات الآتية كما هو مبين في الجدول [٩-١].

الجدول [٩-١] أوزان المعايير = معدلات التعويض			
المجموع	لغة عربية (مثل واحد)	رياضيات (مثلان)	
١٠٠	١٠٠	٠	A
١٠٠	٥٠	٢٥	B

بحسب طريقة تعتمد منطق الجمع (الجمع الجبري المثل)، يُحكم على الطالبين a و b بالتكافؤ على مستوى التقييم الإجمالي، رغم أنه من الواضح أنهما ليسا متكافئين! مع الإشارة إلى أن تغيير الأوزان أو تغيير سلم القياس لن يحل المشكلة، إذ يمكن إيجاد تركيبة أخرى من التقييمات تُظهر نفس المشكلة، فالمقايضة بين خسارة كبيرة على أحد المعايير وأرباح ضعيفة على المعايير الأخرى هو مبدأ ليس بالضرورة واقعياً ولكن هذا ما تقوم به أية طريقة جمع، ويندرج ضمن هذا الإطار أيضاً المتوسط الحسابي للتقييمات، ولذلك حاولت نظرية الاحتمالات والإحصاء إضافة بعض المؤشرات مثل التشتت أو شكل توزيع القيم للتعويض عن الضعف في المتوسط الحسابي.

في هذه الحالة، الأمثال ليست إلا معدلات تعويض بين معيار وآخر ففي المثال السابق تعني تماماً بأن: علامة رياضيات = علامتي لغة عربية، مع ملاحظة بأن وحدات القياس رغم أنها تحمل نفس التسمية فإن مفهومها يختلف، فمفهوم علامة رياضيات، هو غير مفهوم علامة لغة عربية؛ ولمن يقول بأن وحدة القياس هي "علامة" فقط، نقول، ولماذا إذاً لا نستطيع جمع ليرة سورية مع ليرة تركية أو ليرة ذهبية؟ فوحدات القياس إذاً هي "علامة رياضيات" و "علامة عربي" وليس علامة فقط.

يمكن تجاوز هذه المشكلة بتحديد وحدات القياس على المعايير، وإسناد وحدة قياس نسبية تعبر عن معدل التعويض (كما فعلنا بإدخال مفهوم المنفعة) حيث يتم تعريف وحدة قياس موحدة لجميع المعايير، ليصبح في المثال السابق معدل التعويض بين رياضيات ولغة عربية = $(1/2)$ ، ووحدة القياس هي (علامة عربي/علامة رياضيات) وتصبح وحدات القياس على المعايير هو "علامة نسبية" بشكل مجرد، وفي

حال عدم إجراء هذا التعديل، يمكن الإثبات بسهولة بأنه بمجرد تغيير وحدات القياس دون أي تغيير حقيقي في التقييمات، فإن ترتيب البديلين يمكن أن يتغير كما يبين المثال اللاحق (٩-١).

مثال (٩-١) تأثير وحدات القياس.

لنفترض بأنه لديك ٢٠٠ ألف \$ لشراء سيارة، لديك سيارتين سعر الأولى ٨٠ ألف \$ وسعر الثانية ١١٠ آلاف ل.س، تم أخذ سعر السيارة وسرعتها فقط بالاعتبار (يمكن اعتبار أن السيارتين متكافئتان وفق جميع المعايير الباقية) كما هو مبين في الجدول [٩-٢]، ما رأيك بحساب العلامة الإجمالية لكل سيارة بجمع السعر والسرعة مع احتساب السرعة بدايةً بالكيلومتر في الساعة، ثم بالمتري في الثانية؟

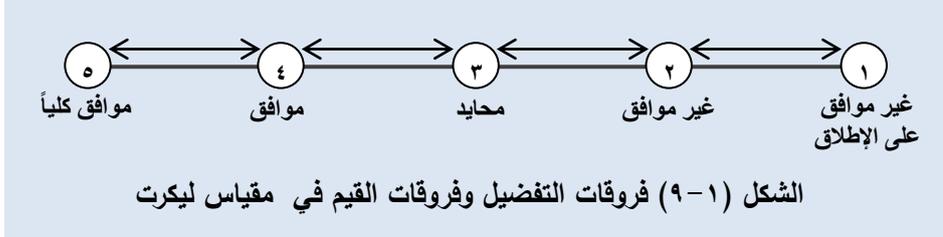
الجدول [٩-٢] تأثير تغيير وحدات القياس					
بعد تغيير وحدة القياس			قبل تغيير وحدة القياس		
المجموع	سرعة السيارة كم/ساعة	المبلغ المتبقي	المجموع	سرعة السيارة متر/ثانية	المبلغ المتبقي
٣٠٠	١٨٠	١٢٠	١٧٠	٥٠	١٢٠
٣٠٦	٢١٦	٩٠	١٥٠	٦٠	٩٠
B أفضل			A أفضل		
النتيجة وفق الجمع المثقل					

قد يستيق البعض بالحديث أنه لا يجوز جمع مبالغ بالدولار مع مقادير بالمتري/ثانية أو كم/ساعة، ولكن كيف قِيل جمع علامة رياضيات مع علامة لغة عربية منذ نعومة أظفاره أي منذ دخوله النظام التعليمي؟ وبالتالي، من حقنا أن نتساءل عن مدى مصداقية القرارات التي تتخذ بجمع علامات تقييم الطلاب في المدرسة أو الجامعة أو غيرها، أو بجمع علامات عروض لمناقصة ما، أو ... الخ؟

لنعد أيضاً إلى كيفية إعطاء الأوزان للمعايير، إن إسناد قيم بشكل مباشر، يعني بأنها أمثال جوهرية تتمتع بها المعايير، وقد رأينا أن طريقة الأمثال ليست الطريقة الوحيدة، من المؤكد في مثالنا بأن معيار الرياضيات، هو أهم من معيار اللغة العربية ولكن هل القيم ٢ إلى ١ يعبران عن فرق الأهمية بينهما؟ وهل تغيير بسيط في جوارهما يؤثر على الترتيب الإجمالي؟ كما نلاحظ فإن أي تغيير قد يؤدي مباشرة إلى تغيير الترتيب.

مثال (٩-٢) فرق الأهمية = فرق القيم؟

لنأخذ مقياس ليكرت (Likert, 1932) المتعارف عليه في العلوم الاجتماعية كأحد مقاييس التفضيلات النفسية *Psychometric Scale*، قد نتفق مع كثيرين بأن القيم الوصفية يمكنها أن تعبر عن التفضيلات وبأن المسافات بينها (الفروقات بين وحدات القياس الوصفية) أيضاً يمكنها التعبير عن فروقات ترتيب التفضيلات، لكن ما لا نستطيع تقبله بسهولة القيم العددية المعبرة عنها!



فالسؤال الجوهرى: هل القيم {١، ٢، ٣، ٤، ٥} معبرة أكثر من القيم {١، ٣، ٦، ١٠، ١٠٠} أو أية مجموعة أخرى من القيم أو مجال مستمر من القيم [١، ٥]؟ ثم من يضمن ألا تختلف نزعة المجيب نحو المتوسط إيجابياً أو سلبياً إذا كان عدد وحدات القياس ٥، ٧، ٩، ...؟ من حيث المبدأ لا يوجد ما يمنع من تباين إجابات نفس الشخص على نفس الموضوع بل أنها قد تختلف جوهرياً (Dawes, 2008)، وأي مقياس من نمط مقياس ليكرت يعجز عن الأخذ بالاعتبار لحالات التردد أو عدم القدرة على وضع التقييم، ولا يجب النظر إلى هذه الأخيرة "عدم القدرة" على أنها قيمة مفقودة *Missing Value*، فالقيمة المفقودة وضوحاً تعني أنها غير موجودة، في حين أن عدم القدرة على الحكم تعني أن المجيب لديه المبررات الكافية لعدم اختيار أية قيمة من المقياس، أو لديه المبررات لاختيار أي منها، وبالتالي هو لا يراها متكافئة.

مثال (٩-٣) أهمية الفروقات الطفيفة.

لنفترض بأن نظام الامتحانات في الجامعة يقضي بأن ينجح الطالب في العام الدراسي إذا كان معدله لا يقل عن ٦٠ (أي ٦٠ فأعلى) وبأن المعدل يُقرب إلى رقمين بعد الفاصلة بتدوير الرقم من ٥ فأعلى^(٤١)، ولنفرض لدينا طالب لسوء حظه من الآلات الحاسبة المستخدمة في الجامعة (تتسع لـ ٥ أرقام بعد الفاصلة فقط)، وبحساب معدل هذا الطالب حصل على ٥٩,٩٩٤٤٤٩، فعرضت الآلة الحاسبة ٥٩,٩٩٤٤ فقط، وبالتالي يقرب المعدل إلى ٥٩,٩٩ ويرسب الطالب، في حين لو استخدم

٤١. مثل هذه القواعد موجودة في غالبية الجامعات السورية.

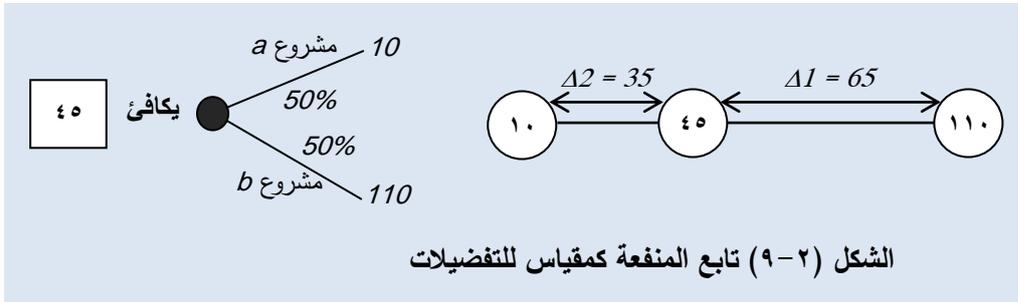
آلة حسابية أكثر تطوراً لتم تقريب التسعة في المنزلة السادسة إلى ٥ في المنزلة الخامسة وهكذا ولكن الطالب قد حصل على ٦٠ ونجح!

٩-٣ حول مقارنة تفضيلات متخذ القرار

تفترض نظرية المنفعة باعتبارها الممثل "الشرعي" الأكثر تعبيراً عن الطرق وحيدة المعيار، أن كافة الإجابات على الأسئلة متوفرة في ذهن متخذ القرار، وأن متخذ القرار يستطيع التعبير عنها بشكل صريح، وبالشكل الذي تطلبه النظرية، ويتلخص دور تابع المنفعة في توصيف وصياغة هذه التفضيلات.

على غرار مقياس ليكرت، من الطبيعي أن نتساءل فيما إذا كان تابع المنفعة المتوقعة يستطيع المقارنة بين فروقات التفضيل، أي فيما إذا كان مقياساً للتفضيل *Preferences Measure*؟

رأينا في المثال (٦-٨) أن التكافؤ قد حصل بين خلق ٤٥ فرصة عمل بشكلٍ أكيد و"إمكانية خلق ١٠ أو ١١٠ فرصة عمل باحتمالين متساويين"، فهل سنحصل على التكافؤ بين "الانتقال من ١٠ إلى ٤٥ فرصة عمل" و "الانتقال من ٤٥ إلى ١١٠ فرصة عمل"؟ بمعنى آخر هل يُعتبر معيار المنفعة مقياساً؟



كان الجواب على هذا السؤال محور عددٍ من الأبحاث في مخبر *LAMSADE*^(٤٢) في جامعة باريس التاسعة في بداية الثمانينات من القرن الماضي، وجاء الجواب بالإيجاب ضمن بعض الشروط التي أدخلت، كفرضيات إضافية تتعلق بمقارنة الفروقات في تفضيلات متخذ القرار انسجاماً مع فروقات

^{٤٢}. *LAMSADE: Laboratoire d'Analyse et Modélisation des Systèmes pour l'Aide à la Décision*، أحد المخابر البحثية المتخصصة في نظم القرارات والتابع لجامعة باريس التاسعة والمركز الوطني للبحوث العلمية CNRS في فرنسا، www.lamsade.dauphine.fr.

التقييم التي يعطيها تابع المنفعة سواء من حيث التفضيل الأكيد، أو التكافؤ (Roy, 1985).

في الواقع عندما نفرض طريقة وحيدة المعيار، فإننا نفترض بأن متخذ القرار يقارن بين البديلين عن طريق جمع تقيّماته التي عبر عنها سابقاً على المعايير، وكما هو واضح فإن دور متخذ القرار ينتهي عند تقييم أداء البدائل على المعايير، وأمثلة هذه المعايير، لكن ما نريده فعلياً هو حكم إجمالي على تموضع البدائل بالنسبة لبعضها البعض، أو بالنسبة لمرجعية محددة وليس فقط تقييمها جزئياً، ولذلك يتوجب أن يدخل متخذ القرار في المرحلة النهائية لتجميع أداء البدائل، فهل يُعقل أن يكون منطق الجمع هو المنطق الوحيد الموجود في ذهن متخذي القرارات؟ وتلعب نظرية القياس *Measurement Theory* في هذا المجال دوراً كبيراً في توفير بعض الأدوات المساعدة على بناء المقياس التفضيلي وقياس التفضيلات (Roberts, 1985).

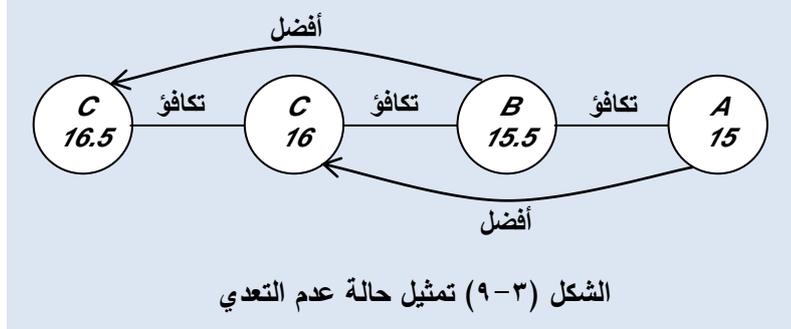
٩-٤ حول ظاهرة التعدي

تفرض طرق المعيار الوحيد بالبناء أن التقييم الإجمالي هو علاقة متعدية *Transitive*، ولكن كما رأينا يمكن أن نحصل على تقيّمات إجمالية مختلفة، مثلاً ثلاثة بدائل a و b و c : عند مقارنة a و b لنفرض أن a أفضل من b وعند مقارنة b و c لنفرض أن b أفضل من c ولدى مقارنة a و c فهل من المستغرب ألا يكون c أفضل من a ؟ (تناقض *Condorcet*)، وهذا غير مستغرب في مسابقات كرة القدم القدم مثلاً.

التعدي هي خاصية رياضية منسجمة مع بناء مجموعات الأعداد والمقارنة بينها، لكن الفرضية الضمنية بأنه يمكن التعبير حكماً عن تفضيلات متخذ القرار بأعداد حقيقية ينقصها شيء من الواقعية، وهي حالة من علاقات التفضيل ليست مستغربة أبداً في الواقع، إذ ليس بالضرورة أن تكون علاقة المقارنة الإجمالية متعدية بشكل قوي، رغم كونها متعدية في التقيّمات الجزئية، فلماذا إذاً الإصرار على وصم كل نموذج للحكم الإجمالي بالتعدي؟

من الطبيعي أن نطلب ونتمنى أن تكون علاقة التفضيل متعدية، لكن وضعها كفرضية يعتمد على شدة التعدي المطلوبة والفروقات بين تقيّمات البدائل، فأحياناً نقبل فروقات بسيطة بين القيم وبأنها غير معبرة عن فروقات في التفضيل (تناقض *Luce* قهوة بسكر)، ولا تؤثر على الحكم الإجمالي بين البدائل، أو

نقبل حالة عدم التعدي لبدائل متقاربة لكن لا نقبل التعدي في حال وصلت الفروقات إلى حجم كبير كما يبين الشكل [٣-٩]، ويمكن نمذجة مثل هذه الظواهر بعتبات التفضيل على مستوى التكافؤ أو التفضيل الأكيد، أو حتى وضع عتبات فيتو لمنع حالات التعويض الكبيرة، كما سنرى في الفصل الحادي عشر.



نشير أخيراً إلى خطورة تفسير حالة "التناقض" في الأحكام بعدم التعدي، فالتعدي كما ذكرنا هي خاصية رياضية، وقد تكون مناسبة أو غير مناسبة، لتمثيل خصائص تفضيلات متخذ القرار، في حين أن التناقض هو في أحكام متخذ القرار وهو نتيجة لمحاكمة غير سليمة، أو لعدم قدرة على معالجة ذهنية لكم كبير من المعلومات، كما أشار إلى ذلك ميلر في مقاله الشهير حول سحر الرقم سبعة (Miller, 1956)، حيث يرى ميلر أن ذهن الإنسان يصعب عليه معالجة أكثر من 7 ± 2 كتل من المعلومات، ولذلك ينصح غالبية الباحثين في علوم القرار أن يكون عدد المعايير في جوار السبعة، وحتى مقياس ليكرت المشار إليه أعلاه لا يبتعد عن هذه النصيحة.

٩-٥ حول دقة المعلومات

رأينا أن تقييم البدائل وفق المعايير في أغلب الأحيان لا تأخذ إلا قيماً نقطية *Discrete Values*، ورغم إمكانية تعدد التقييمات لنفس البديل في بعض الحالات، لكنها تبقى محدودة التطبيق، بسبب كثرة الحالات، وعدم إمكانية أخذها في النمذجة بشكلٍ صريح ومنهجي، وسواء كانت التقييمات متقطعة أو مستمرة، لا بدّ من الاعتراف أن تعريف وحدات القياس وأوزان المعايير، ونتائج عملية تقييم البدائل ليست حقائق مطلقة (مسلمة الحقيقة من الدرجة الأولى) بل يشوبها الارتياب، أو تعدد القيم أو تباين جوهري في القيم، باختصار لا يمكن تفادي النقص في المعلومات *Incomplete Information* أثناء بناء وتطبيق النموذج، ويعود هذا النقص في غالبية الحالات إلى مبررات موضوعية (تكلفة عالية، زمن

الحصول عليها، ضعف أدوات القياس، ...).

لنأخذ مقياس ليكرت في المثال (٢-٩)، وفي حال أراد المجيب وضع قيمة بين ٣ و ٤ وأقرب إلى ٣، فلا يستطيع المقياس التعبير عن هذه الحالة بل سيجبر المجيب بوضع إما ٣ أو ٤ وقد يضطر إلى عدم الإجابة، فنخسر جزءاً من المعلومات، وبالتالي فالمقياس أصلاً غير مناسب، كما لا يُنصح باستخدام مقياس "فضفاض" والاقتصار على جزءٍ منه، مثلاً مقياس تقييم أداء الطلبة من ٠ إلى ١٠٠ والاقتصار على تقييمات بين ٦٠ و ١٠٠ فقط! بل يجب تصميم مقياس واقعي عملاً بالمثل الصيني القائل "لا تستخدم مدفعاً لقتل ذبابة".

(أ) تعريف المقياس بشكل تقريبي وتداخل واحداث القياس

تظهر هذه الحالة عندما نلجأ إلى تعريف المقياس بشكل واحداث وصفية، ويمكن تمييز حالتين:

الحالة الأولى أن المقياس ذو طبيعة كمية، ونحاول تعريف مقياس وصفي انطلاقاً من قيمه، مثلاً عندما نرغب بتحويل علامة الطالب من المجال [٠، ١٠٠] إلى مجالات طول كل منها عشر درجات، فهل الطالب ذو الدرجة ٥٩ الذي يُصنّف في المجال الخامس [٥٠، ما دون ٦٠] أقرب إلى الطالب ذو الدرجة ٥١ الذي يصنّف معه في نفس الترتيب من الطالب ذو الدرجة ٦١ الذي يصنّف في ترتيب أفضل؟ رغم الفرق عن الأخير بدرجتين فقط وعن الآخر بثماني درجات! فالمقارنة هي مقارنة نسبية بين الطلبة، وليس الحكم بشكل مطلق على أداء الطالب بغض النظر عن وضعه بالنسبة للآخرين.

والحالة الثانية عندما تكون طبيعة المقياس وصفية، مثلاً عندما نستخدم مقياس (جيد جداً، جيد، وسط، ضعيف، ضعيف جداً) أو من النمط (A, B, C, D, E, F)، إذ يبدو أن الفصل بين واحداث القياس ليس واضحاً للجميع، وربما يكون من الصعب فصلها، وقد رأينا عند الحديث عن المجموعات الترجيحية *Fuzzy Sets* (Zadeh, 1978) أن هناك محاولات لتمثيل هذا النمط من التقييمات، وتبقى المشكلة الجوهرية، بإيجاد توابع مناسبة لإنجاز العمليات الحسابية الأساسية (الجمع، الضرب، القسمة، والطرح).

(ب) تغيير القيمة مع الزمن أو الحالة

نواجه هذه الحالة عندما نقيس مؤشر مُعرّف تماماً، ولكنه يتغير مع الزمن أو البيئة المحيطة بسرعة أكبر من سرعة اتخاذ القرار، مثلاً قيمة سهم في البورصة، أو كمية مادة غريبة في دم المريض، فلنتخيل أن مدة إنجاز التحليل المخبري لمعرفة طبيعة المادة هي ٢٤ ساعة (طبعاً لا يعلم الطبيب المعالج سرعة انتشار المادة)، وبالتالي ستكون المعالجة متأخرة.

مثال (٤-٩) التوسع العمراني العشوائي.

لنأخذ حالة أخرى معروفة للقاطنين في مدينة دمشق، منذ سنوات طويلة لم يتم تطوير المناطق العمرانية في المحافظة، وبدأ المهندسون منذ سنوات العمل على وضع مخطط تنظيمي للتوسع العمراني وفقاً لما لديهم في تلك الفترة من توزيع عمراني ومصورات، خلال السنوات الماضية تضاعف مساحات البناء العشوائي والمخالفات، وبالتالي أي مخطط جديد سيعتمد حالياً سيُفاجأ بالواقع، وستزداد المشكلة تعقيداً.

كما يمكن أن يختلف التقييم لنفس الحالة بين بيئة وبيئة أخرى، مثلاً تختلف درجة تعقيد معاملة إدارية (جواز سفر، رخصة بناء، رخصة سير، ...) بين محافظة وأخرى، لذلك يتوجب على نموذج القرار أخذ هذه التغيرات بالاعتبار؛ أيضاً لنأخذ مثلاً من واقع التنظيم العمراني، في بعض الأنظمة العمرانية، يدفع المخالف حسب مساحة المخالفة، فهل يُعقل أن تعامل المخالفة في منطقة تجارية في قلب العاصمة بنفس الطريقة لنفس المخالفة في بادية تدمر حيث المساحات مفتوحة ولا تعيق أي نشاط في المنطقة؟

ت) التقييم مجموعة من القيم المشتتة في الفضاء أو عبر الزمن

كمثال على ذلك، لنأخذ مستوى الضجيج الذي يتعرض له السكان في منطقة قريبة من مصدر ضجيج (مطار، مصانع، ...) ولنأخذ كمقياس عدد وحدات الديسبل *Noise Number Index* التي يتعرض لها الشخص، أو مقياس وصفي معرف بدقة؛ نلاحظ ضرورة تقسيم المنطقة إلى مناطق فرعية حسب مستوى الضجيج (القرب والبعد عن مصدر الضجيج)، لكن ذلك لن يكون كافياً إذ أن كثافة السكان أو كثافة النشاط الاقتصادي في المنطقة يلعب دوراً لا يستهان به، كذلك هل يعامل جميع القاطنين المريض والعاجز والطفل والمرأة الحامل ... بنفس الطريقة كأسنان المشط؟

وكمثال عن التشتت عبر الزمن، لنأخذ معيار تراكم سلسلة من الدفعات النقدية عبر القيمة الحالية الصافية مثلاً، إذ نتصحن المراجع المالية المختصة بإجراء التراكم مع معدل تراكم ثابت أو متغير، لكن

هذا المعدل لا يأخذ بالاعتبار للكثير من العوامل التي يصعب تقديرها (استقرار الوضع الاقتصادي، سعر صرف العملات الأجنبية، ...)، ولا بد من استكماله بمؤشرات تشتت إضافية للحفاظ على كلفة المعلومات المتوفرة.

ث) حالات التقييم الاحتمالية

وهي حالات نواجهها بكثرة، مثلاً إذا أردنا تقدير كمية المياه بالميتر المكعب التي ستتجمع سنوياً في بحيرة أحد السدود، فلا بدّ من تعريف توزيع احتمالي للكميات الممكنة، وعلى فترة من السنوات طويلة ومعبرة، كما سنرى لاحقاً في الفصل العاشر هناك العديد من الأدوات الإحصائية التي تتعامل مع هذه الحالات.

ج) تقديرات مختلفة أو عدم اتفاق على تقييم البدائل

وهذه أيضاً من الحالات المنتشرة بكثرة، لذلك لا بدّ من استكمال تعريف المقياس، إمّا بتوزيع احتمالي للتقييم، أو توزيع مصداقية تقييم أداء البدائل حسب الثقة، أو الشك في منابع المعلومات ودقتها، فقد يتردد متخذ القرار نفسه بين عدة تقييمات متجاوزة، أو إذا كان متخذ القرار هو مجلس أو حكومة أو لجنة، فقد لا يتفق أعضاء المجلس على تقييم واحد ولكل مبرراته، وعلى الأرجح أن يتفقوا على مجموعة من التقييمات مع احتمال لكل منها، أو على حل بالتراضي *Compromise* أي قيمة واحدة مع مجال لتغير هذه القيمة، وتكمن الصعوبة الأخيرة بكيفية تجميع المجالات.

ح) التقييم غير معروف أبداً أو يواجه لأول مرة

وهي الحالة المعروفة في أدبيات العلوم الإدارية تحت اسم نظرية *Game Theory* التي سنعود إليها في الفصل الثالث عشر، حيث يجري البحث عن السلوكيات الرئيسية الممكنة لمواجهة الحالة، وتشكل السلوكيات ما ندعوه باستراتيجية اللاعب أو متخذ القرار، مع الإشارة إلى أن هذه الحالة تختلف عن التقييم الاحتمالي، لأنها لا تخضع لتوزيع قابل للقياس موضوعياً، ومن الصعب أيضاً تمييز أي القيم أكثر قابلية للظهور أو للتنفيذ من غيرها، ربما تكون نماذج الإمكانية (*Possibility Theory* Dubois) أكثر قابلية للظهور أو للتنفيذ من غيرها، ربما تكون نماذج الإمكانية (*Possibility Theory* Dubois) أو (*Dubois & Prade, 1987*) أو (*Zadeh, 1978*)، أو التقييم الاحتمالي الذاتي *Subjective Probability* هو الأنسب لمعالجتها.

خ) تقييم الحالة بالنسبة لسيناريوهات مختلفة/حالة البيئة

وهي حالة مشابهة للسابقة لكنّها أكثر تعقيداً، إذ أنّ السابقة خاضعة لإرادة اللاعب، بينما هنا ليس لأي طرف سيطرة عليها فالطبيعة أيضاً لاعب مهم، لذلك يمكن أن نتخيل سيناريوهات مختلفة ثمّ يتم التقييم حسب السيناريو بشكل مختلف وحتى بطريقة قياس مختلفة، وقد ينظر البعض إلى السيناريو وكأنه بديل مركب من البدائل الفردية المستقلة، وهذا ممكن إذا كانت البدائل الفردية قابلة للتجزئة؛ مثلاً، خطة زراعية فقد تكون مكونة من عدة محاصيل وبالتالي يمكن تشكيل عدد كبير من الخطط ندعوها سيناريوهات، لكن الحالة الأكثر صعوبة هي في كيفية التوفيق أثناء التنفيذ بين هذه السيناريوهات، وهذا مجال بحث كبير ما زال بحاجة للكثير من الجهود النظرية والتجارب التطبيقية.

٩-٦ بعض التناقضات في النماذج وحيدة المعيار

سنحاول فيما يلي عرض بعض الأمثلة التي تظهر عدم قدرة النماذج وحيدة المعيار على تمثيل حالات واقعية، وخصوصاً نظرية المنفعة كما قلنا باعتبارها الممثل "الشرعي" الأكثر تعبيراً عن النماذج وحيدة المعيار.

٩-٦-١ نموذج الجمع المثقل

يواجه أي نموذج قائم على مفهوم الجمع المثقل *Weighted Sum* قضية التعويض بين خسارة كبيرة على أحد المعايير بأرباح صغيرة على معايير أخرى، كما يبين المثال في الجدول [٣-٩]، حيث يظهر أن جميع البدائل لها نفس المتوسط، وبالتالي فهي متكافئة وفق الجمع المثقل، رغم أنه وضوحاً بالنسبة للغالبية ليست متكافئة، قد لا نعلم أي البدائل هو الأفضل؟ لكن بالتأكيد ليست متكافئة، مع الإشارة أيضاً إلى أي تغيير طفيف جداً لأي تقييم سيؤدي إلى تمييزه عن البدائل الأخرى، وبالتالي لم يعد التكافؤ محققاً.

الجدول [٣-٩] التعويض في الجمع المثقل						
المتوسط	معيار ٥ %٢٠	معيار ٤ %٢٠	معيار ٣ %٢٠	معيار ٢ %٢٠	معيار ١ %٢٠	
٢٠	١	١	١	١	٩٦	بديل A
٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	٢٠	بديل B
٢٠	٤٠	٠	٢٠	٤٠	٠	بديل C
٢٠	٦٠	١٠	١٠	١٠	١٠	بديل D
٢٠	٠	٥٠	٠	٥٠	٠	بديل E

٢-٦-٩ تغيير الترتيب *Rank Reversal* في *AHP*

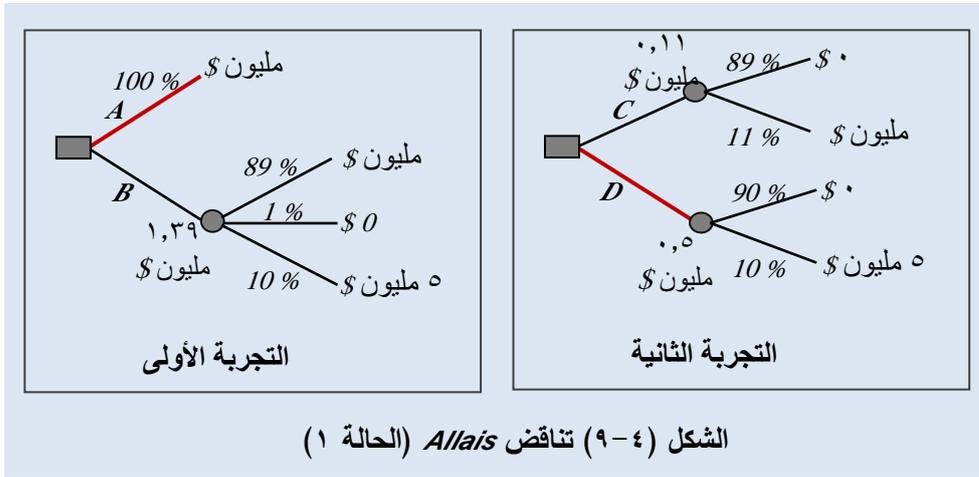
في طريقة التحليل الهرمي، للأسف هناك تغيير في ترتيب البدائل في حال إدخال (حذف) بدائل مشابهة تماماً لأحد البدائل الموجودة، تعرف هذه الظاهرة في الطريقة بتغيير الترتيب *Rank Reversal*، وقد حظيت بكم كبيرة من الدراسات والتجارب وتم إثبات هذه الظاهرة (Dyer, 1990)، (Wang & Elhag, 2006، Saaty, 1994، Triantaphyllou, 2001)، وحاول البعض حل التناقض بمعية أوزان المعايير بالنسبة لوزن المعيار الأكثر أهمية بدل من معيرتها إلى مجموع الأوزان للحصول على مجموع ١ (Belton & Gear, 1985)، ويرى مبتكر الطريقة توناس ساعاتي (Saaty, 1994)، أن تغيير الترتيب ناجم على الأغلب من المقارنات الثنائية بين البدائل التي يعطيها متخذ القرار استناداً إلى مجموعة البدائل المتوفرة أمامه، وبالتالي عندما يتوفر عدة نسخ من نفس البديل فقد يتغير ترتيب البدائل رغم بقاء المقارنات وأوزان المعايير على حالها، ويفسرها بالعودة إلى مفهوم الندرة *Scarcity* في الاقتصاد، ويعتبر أيضاً أن القيم التي أعطاهها متخذ القرار ضمناً تتضمن هذا المفهوم، وبالتالي كنوع من الخبرة أو المعرفة الضمنية في مصفوفة المقارنات الثنائية، ولا يرى بالخاتمة ضيراً من تغيير الترتيب.

٣-٦-٩ تناقض ألي *Allais Paradox*

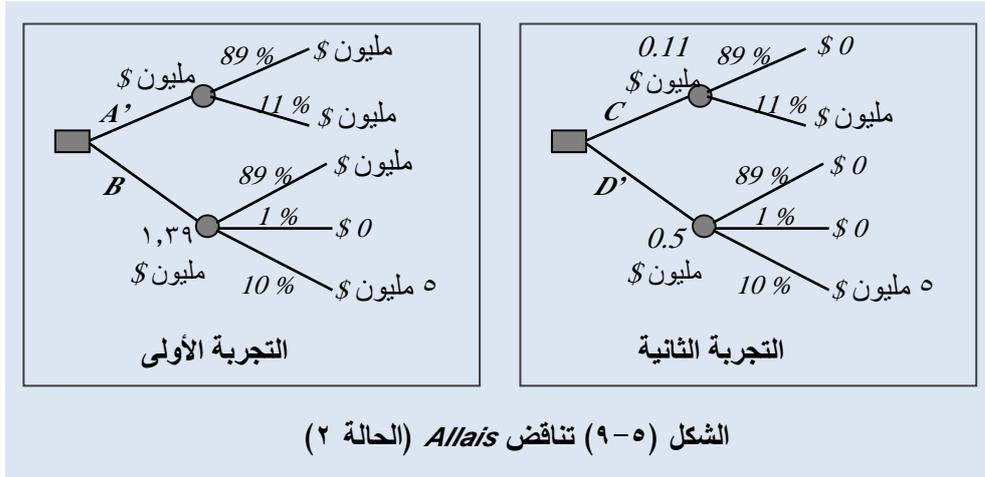
يظهر التناقض عدم الانسجام بين الخيارات الفعلية والمنفعة المتوقعة، وبشكل خاص خرق لفرضية الاستقلال في نظرية المنفعة. يطرح *Allais* (١٩٥٣) التجربة الآتية:

الحالة الأولى (الشكل ٩-٤): لدينا الخيار في التجربة الأولى بين ربح مليون دولار بشكل أكيد (A) أو لعب ورقة اليانصيب (B)، وفي التجربة الثانية لدينا خيار اللعب بأي من ورقتي يانصيب (C) أو (D)، فأيهما تختار؟

العديد من الأشخاص يختارون في التجربة الأولى A (يرون أن ربح مليون \$ بشكل أكيد أفضل من ربح متوقع ١,٣٩ مليون في B)، وفي التجربة الثانية D (يرون أن ربح متوقع ٠,٥ مليون أفضل من ربح أيضاً متوقع ٠,١١)، ورغم واقعية هذه الخيارات لكنها لا تتسجم مع نظرية المنفعة، إذ كان يجب اختيار القيمة المتوقعة الأكبر (دعوناها سابقاً المكافئ الأكيد) في التجربة الأولى أي لعب الورقة B، حيث يعامل المكافئ الأكيد كأية قيمة أكيدة انسجاماً مع فرضية الاستقلال والإبدال.



لنجري بعض التعديلات على الحالة السابقة كما يوضح الشكل (٩-٥ الحالة ٢)، مع المحافظة على نفس القيم المتوقعة المحسوبة في الحالة الأولى، فهل سيكون خيار الشخص نفسه؟ من الممكن جداً أن يغير خياره بسبب إدراكه المختلف للمخاطر في حال وجود احتمالات، وذلك رغم تساوي القيم المتوقعة.



استدعت هذه الظاهرة من بعض الباحثين التوجه لتطوير نظرية المنفعة إلى نظرية التوقعات *Prospect Theory*، للأخذ بالاعتبار سلوكيات الأطراف الاقتصادية لدى الاختيار بين بدائل حيث عوامل الخطر واضحة، وحيث الاحتمالات معلومة مع إدخال عوامل نفسية إضافية، ومن أهم هؤلاء الباحثين حامل جائزة في الاقتصاد دانييل كاهنمان (*kahneman & Tversky, 1979*، *kahneman* & *Tversky, 1992*).

٩-٦-٤ تناقض إلسبرغ *Ellsberg Paradox*

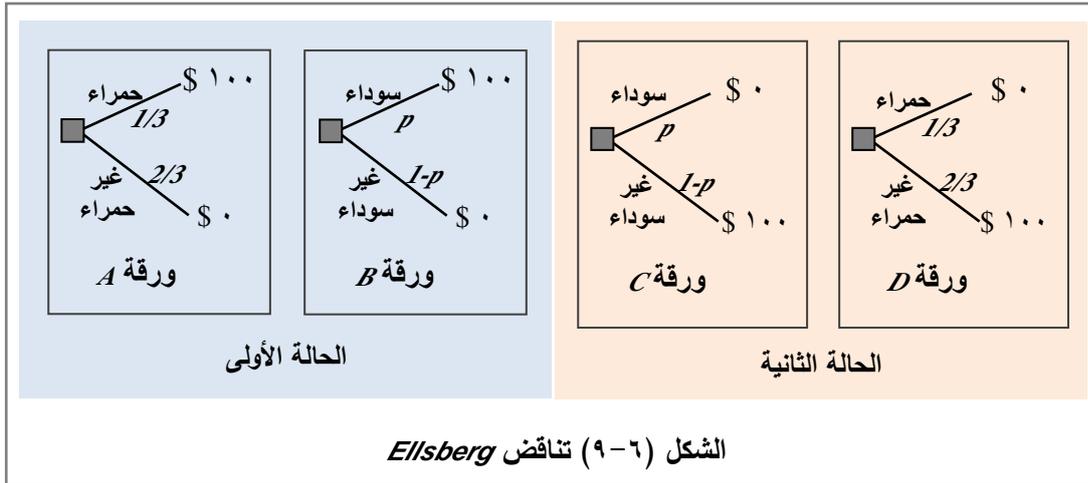
يظهر التناقض عدم انسجام الخيارات في حال تقدير الاحتمالات موضوعياً *Objective* أي معلومة أو عبر الاحتمالات الذاتية *Subjective* أي غير معلومة (*Ellsberg, 1961*).

ليكن لدينا صندوق فيه ٣٠ كرة حمراء، و ٦٠ كرة أخرى سوداء، أو صفراء حيث لا نعلم عدد الكرات السوداء أو الصفراء منها، وتم خلط جميع الكرات في نفس الصندوق، ولدينا حالتين كما يبين الشكل (٩-٦):

الحالة الأولى: لدينا الخيار بين ورقتي يانصيب، الورقة الأولى (A): تريح \$١٠٠ إذا سحبت كرة حمراء، والورقة الأخرى (B): تريح \$١٠٠ إذا سحبت كرة سوداء. بحسب نظرية المنفعة، يعتمد الاختيار بين لعب إحدى الورقتين A أو B على تقدير قيمة الاحتمال أن تكون سوداء p ، إذا كان تقدير p أصغر من $\frac{1}{3}$ فالخيار سيكون الورقة A، ولا فرق بين الورقتين إذا تقدير قيمة p يساوي $\frac{1}{3}$.

الحالة الثانية: لدينا الخيار بين ورقتي يانصيب، الورقة (C): تريح \$100 إذا سحبت كرة حمراء أو صفراء (غير سوداء)، والورقة أخرى (D): تريح \$100 إذا سحبت كرة سوداء أو صفراء (غير حمراء). نفس المحاكمة بحسب نظرية المنفعة، يعتمد اختيار الورقة C على تقدير الاحتمال $1-p$ أن تكون الكرة حمراء أو صفراء (غير سوداء) أكبر من $\frac{2}{3}$ ، وهو مكافئ بالقول أن احتمال أن تكون سوداء p أكبر من $\frac{1}{3}$ ، وهي نفس النتيجة السابقة.

لنفرض بأنك وافقت على لعب A على B في الحالة الأولى، وبالتالي من الطبيعي أن تفضل لعب الورقة C على D؛ لسوء الحظ، تبين التجارب أنه بالرغم من تفضيل الكثيرين لعب الورقة A وليس B، فإن نفس الأشخاص تفضل لعب الورقة D وليس C! وتفسير إلسبرغ لهذه الظاهرة أن الأشخاص تفضل أخذ المخاطرة باحتمالات معلومة أكثر من مخاطرة باحتمالات غير معلومة حتى لو كانت قيم المنفعة المتوقعة متساوية (Craig & Tversky, 1995).



٩-٦-٥ تناقض سانت بترسبرغ St. Petersburg Paradox

تعود هذه القضية إلى القرن الثامن عشر (Bernouilli, 1738) حيث كان برنولي في سانت بترسبرغ لذلك سمي بتناقض St. Petersburg، وتبين أنه بالرغم من كون القيمة المتوقعة أكبر لأحد الخيارات فلا أحد يرغب باللعب بها.

لنأخذ لعبة حجر النقود (صورة، نقش) حيث تختار أحدها وليكن صورة، يتم إلقاء الحجر وفي كل مرة تكون النتيجة وفقاً لخيارك أي صورة يتم اللعب جولة أخرى، ويضاعف الربح في كل مرة، ولدى ظهور

أول نقش تتوقف اللعبة، وتحصل على مبلغ الربح النهائي الذي وصلت إليه اللعبة في الجولة السابقة، لنبدأ اللعبة بدولارين فقط.

الجولة الأولى، إذا ظهرت صورة يكون الربح ٢ فتكون القيمة المتوقعة للربح تساوي الواحد

$$EV = \frac{1}{2} * 2 = 1$$

في الجولة الثانية إذا ظهرت صورة أيضاً يصبح الربح ضعف السابق أي ٤ وتكون القيمة المتوقعة للربح أيضاً $EV = \frac{1}{4} * 4 = 1$

الجولة الثالثة إذا ظهرت صورة يكون الربح ٨، وأيضاً $EV = \frac{1}{8} * 8 = 1$... وهكذا.

وتكون القيمة المتوقعة للربح الإجمالي هي مجموع القيم المتوقعة السابقة: $EVT=1+1+1+...$ ، أي أن الربح المتوقع يتزايد باستمرار بعدد جولات اللعب، فهل تقبل باللعب إذا كانت أجرة اللعبة ١٠ دولار، ولا يقل عدد الجولات عن ١٠ وليكن ١٠٠ جولة؟

تبين التجارب أن عدد قليل جداً يقبل باللعبة حتى لو كان عدد الجولات كبيراً جداً وأجرتها قليلة (Arrow, 1974)، وبالتالي هناك شيء ما خاطئ في التفكير باللعبة إذا قبلنا بمبدأ العقلانية!

لنفكر قليلاً قبل الإجابة على السؤال الآتي: أن من يملك مليون وريح ١٠٠ دولار إضافية، فهل سيكون لديه نفس المنفعة المتوقعة الإضافية من ١٠٠ دولار في حال كان لا يملك شيئاً؟

على الأرجح أن جميع الإجابات على هذه السؤال ستأتي بالنفي، بمعنى أن المنفعة الإضافية (الهامشية) من نفس المبلغ الإضافي ليست متكافئة! (راجع فصل نظرية المنفعة) أي أن تابع المنفعة في هذه اللعبة ليس خطياً، بل يأخذ شكلاً لغاريتيمياً، لذلك لا يرى غالبية من يلعبون هذه اللعبة نفس الزيادة في المنفعة عندما تصل المبالغ إلى أرقام فلكية، ويبين Camerer (٢٠٠٥) في دراسته التجريبية أن غالبية الأشخاص غير مستعدة لدفع أكثر من ١٧,٥٥ دولار لمثل هكذا لعبة حتى لو كان الربح المتوقع مليار دولار، وبأنهم غير مستعدين لدفع أكثر من ٢٢,٧١ دولار حتى لو كان الربح المتوقع تريليون دولار، ونلاحظ أيضاً ذلك في ألعاب اليانصيب التقليدية (Hayden, 2009).

٧-٩ بعض النصائح لاختيار النموذج المناسب

إن اختيار النموذج Model Selection (وليس البدائل) هو بحد ذاته إشكالية، حيث رأينا أن النماذج

لا تعطي نفس النتائج لنفس المشكلة ولنفس المعطيات، وقد أشرنا في البداية إلى عدم وجود نموذج جيد وآخر سيء، بل هناك نموذج مناسب وآخر غير مناسب، والجدل حول هذه القضية لا يختلف من حيث المبدأ عن الجدل حول المفاضلة بين البدائل (Tiantaphyllou & Mann, 1989)، فالبدائل في هذه الحالة هي النماذج، وبالتالي نحتاج إلى نموذج لاختيار النموذج *Meta-Model*، ولا يمكن أن نشرح صدر القارئ بالتأكيد بأن هناك "النموذج الأفضل" بل سنحاول النصح باعتماد بعض التوجيهات للمساعدة على اختيار النموذج معالجة المشكلة وكأنها مشكلة قرار تقليدية، حيث البدائل هي النماذج:

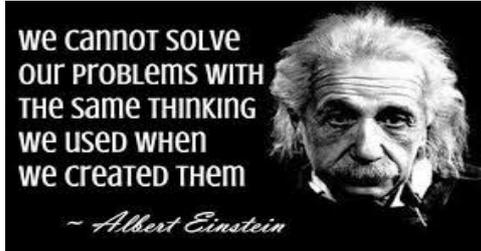
- (١) ضبابية المشكلة ودرجة التعقيد من حيث عدد المتغيرات وعناصرها، والقدرة على نمذجة واضحة للمتغيرات، والعلاقات فيما بينها بأي من أشكال النمذجة.
- (٢) توفر المعلومات ونوعيتها فيما إذا كانت كمية أو وصفية وجودتها، ومصداقية مصادرها، وكيفية أخذ النموذج بالاعتبار للنقص في المعلومات سواء من حيث الارتياح أو الشك أو حتى في حال غياب معلومة ضرورية.
- (٣) مدى قبول متخذ القرار لمفهوم التعويض *Compensation* أو المقايضة، وحدود أو عتبات المقايضات الممكنة، وهل يأخذ النموذج بالاعتبار مفهوم التعويض والعتبات؟
- (٤) مدى الانسجام في أحكام متخذ القرار، والانسجام مع مفهوم العقلانية، بالإضافة إلى مدى التقيد بخاصية التعدي، وهل يسمح النموذج بحالات عدم التعدي؟
- (٥) الدقة المطلوبة في النتائج، إذ أن النماذج الوصفية غنية بالمعلومات، لكنها أقل دقة من حيث القدرة على التعبير عنها كمياً.
- (٦) مدى اندماج متخذ القرار في البحث عن الحل، وبالتالي كيفية أخذ "أفكاره" بالاعتبار في نموذج البحث عن الحل، وكيفية تحقيق التفاعل *Interaction* بين نموذج حل المشكلة ومتخذ القرار، وإمكانية الأخذ بالاعتبار لتعدد أطراف القرار ليصبح النموذج مساعداً على القرار الجماعي.
- (٧) مدى الرغبة باللجوء والاعتماد على التقنيات الكمية والرياضية خصوصاً، أو إلى البرمجيات المعلوماتية المتخصصة، وذلك للتعبير عن تفضيلات متخذ القرار وأحكامه، ولا نقصد بذلك أن التقنيات أو البرمجيات المعلوماتية أفضل، أو أسوأ من غيرها، لكن مدى تقبل أطراف القرار لنماذج رياضية بسيطة أو معقدة؟
- (٨) مدى القدرة على تعميم النموذج أو تطويره على مشكلات مشابهة، أو إمكانية أن يسمح النموذج بالتعلم واكتساب المزيد من الخبرة لمستخدمه، وتخزين هذه الخبرة في النموذج.

- (٩) متطلبات النموذج من حيث نمط البيانات التي يحتاجها أو دقتها، وقدرته على التعامل مع أنماط مختلفة من البيانات، بالإضافة إلى سرعة الحصول على النتائج وانسجام هذه الأخيرة.
- (١٠) مدى قدرة النموذج على عرض آلية ومسار الوصول إلى الحل وإمكانية تخزينها، وسهولة قراءة هذه الآلية، كونها ستكون مفيدة لحل مشكلات مشابهة.

تشكّل التناقضات والانتقادات السابقة حافزاً كبيراً للتفكير بالتوجه إلى أنماط أخرى من النماذج، مثل النماذج متعددة المعايير، أو نظم دعم القرارات والنظم الذكية، أو التوجه إلى تطوير نماذج جديدة، دون أن نغفل اللجوء إلى الأدوات الرياضية، فمهما تم انتقادها تبقى النظرية الأكثر فعالية في صناعة القرارات من حيث بناء النموذج وتطبيقه وتبرير نتائجه وتعميمه.

الفصل العاشر: الأساليب الإحصائية المساعدة في صناعة القرارات

Statistical Tools in Decision Making



شيئان ليس لهما حدود الكون وغياء الإنسان،
ولست متأكداً بخصوص الكون.

(^{٤٣}) *Einstein*

^{٤٣}. *Albert Einstein* (١٨٧٩-١٩٥٥) فيزيائي ألماني صاحب النظرية العامة للنسبية.

ملخص الفصل:

نتعرض في هذا الفصل إلى أهم المفاهيم الإحصائية والاحتمالية التي تخدم مباشرةً في صناعة القرارات، حيث سيتم التركيز على دراسة العلاقة بين متغيرين، وعلى التقديرات والاختبارات الإحصائية.

كلمات مفتاحية Key Words:

المجتمع *Population*، العينة *Sample*، الإحصاء الوصفي *Descriptive Statistics*، الإحصاء القراري *Decisional Statistics*، الاحتمال *Probability*، قانون التوزيع *Distribution Law*، النزعة المركزية *Central Tendency*، مؤشرات التبعثر *Dispersion Indicators*، الارتباط *Correlation*، التقدير الإحصائي *Statistical Estimation*، الاختبار الإحصائي *Statistical Test*.

مخطط الفصل:

- ١-١٠. ١-١٠. عموميات.
- ٢-١٠. ٢-١٠. مفاهيم الاحتمالات *Probability Concepts*.
- ٣-١٠. ٣-١٠. توصيف البيانات *Data Description*.
- ٤-١٠. ٤-١٠. الاستنتاج الإحصائي *Statistical Inference*.
- ٥-١٠. ٥-١٠. الاختبارات الإحصائية *Statistical Tests*.
- اختبارات وأسئلة الفصل العاشر *Tests*.

١-١٠ عموميات

١-١-١٠ الإحصاء والاحتمالات

يعني مصطلح إحصاء على السواء مجموعة بيانات الملاحظات والنشاط المتعلق بجمع وتنظيم ومعالجة وتفسير وعرض هذه البيانات (Dodge, 2006)، ويشمل مجموعة الأدوات الرياضية المساعدة في إنجاز هذه النشاطات؛ مثلاً، تسجيل درجات الحرارة اليومية في مدينة دمشق خلال السنوات العشر الماضية يُعتبر إحصاءً، في حين يعني إجراء النشاط الإحصائي على هذه الدرجات رسم خط بياني يوضح تطورها عبر الزمن مثلاً أو حساب متوسط درجات الحرارة خلال شهر معين أو توقع درجة الحرارة ليوم غد.

يفترض الإحصاء وجود مجموعة من الأفراد المتشابهة حيث نلاحظ خصائصها وندعوها متغيرات *Variables*، مثلاً، عند تصنيع قطع متجانسة، نأخذ مجموعة من القطع ونقيس وزنها، قطرها، ... الخ. وتُشكّل مجموعة الأفراد المتشابهة هذه المجتمع^(٤٤) *Population*، ونحتفظ بمصطلح أفراد أو ملاحظات *Observation* لكيانات المجتمع، ويهتم الإحصاء بدراسة خصائص المجتمعات أكثر من اهتمامه بخصائص الأفراد، ونظراً للحجم الكبير للمجتمعات في أغلب الحالات، نلجأ إلى دراسة مجموعة جزئية من المجتمع ندعوها عينة *Sample* عبر عملية الاعتيان *Sampling* (انتقاء العينة) أو الاستقصاءات *Surveys*.

تُصنّف المتغيرات بحسب طبيعتها:

أ) متغيرات كمية *Quatitative*: يمكن التعبير عنها بأعداد حقيقية، بعضها يكون متقطعاً (عدد منته أو محدود) مثلاً عدد الأعطاب في قطعة أو عدد الآليات التي تمر خلال ساعة من نفق، وبعضها يكون مستمراً مثل العمر أو الزمن.

ب) متغيرات وصفية *Qualitative*: يُعبر عنها بانتمائها إلى فئة أو صف مجموعة منتهية. البعض يكون اسمي *Nominal* تماماً مثل جنس الشخص (ذكر، أنثى) أو الفئة الاجتماعية للفرد (موظف، صناعي، ...)، والبعض الآخر يمكن أن يكون مرتباً بشكل طبيعي أو متعارف عليه، مثل الفئة

^{٤٤}. أتى مصطلح المجتمع من التطبيقات الأولى للإحصاء على التجمعات السكانية والتي نسميها المجتمعات.

الوظيفية في شركة (كوادر عليا، كوادر متوسطة، عامل ...) أو تقييم أداء العامل (ممتاز، جيد، مقبول ...).

المفهوم الرئيس في الإحصاء هو التغيرات أي أن الأفراد وإن كانت متشابهة في المظهر فإنها تأخذ قيماً مختلفة.

مثلاً، لا يمكن لإجرائية تصنيع ما أن تنتج دوماً قطعاً متشابهة كلياً، والتحليل الإحصائي هو بالأساس دراسة لهذا المفهوم: توقع سلوك المفردات غير الملاحظ، والبحث عن تخفيض أو زيادة وشرح هذه التغيرات.

نمثل عادةً البيانات بشكل جدول X له n سطر تمثل الأفراد أو الملاحظات و p عمود تمثل المتغيرات، أو الخصائص وتأخذ عناصر الجدول الرمز X_{ij} . في حال كانت المتغيرات أو بعضها وصفية، فإننا نضع فئات المتغيرات في الأعمدة، وتأخذ قيم الجدول في هذه الحالة واحد في حال انتماء الفرد إلى الفئة أو صفر في حال عدم انتمائه لها. تأخذ الجداول أشكالاً متنوعة، وهناك نوع خاص من الجداول نهتم به على وجه الخصوص وهو جدول تقاطع فئات متغيرات وصفية $X = n_{ij}$ حيث تمثل n_{ij} عدد الأفراد الذين ينتمون إلى الفئتين i و j بنفس الوقت.

تعالج الاحتمالات كأحد فروع الرياضيات خصائص بعض البنى المعبرة عن ظواهر تتدخل فيها الصدفة أو العشوائية، وكنظرية رياضية مجردة، فإنها تستند إلى فرضيات ويمكن أن تتطور بالتالي بشكل مستقل عن الواقع رغم أنها تستعير تسميات بعض مصطلحاتها من التجربة (أحداث، متغيرات، ...). تسمح نظرية الاحتمالات بنمذجة فعالة لبعض الظواهر العشوائية وبالتالي دراستها نظرياً، فما هي علاقاتها بالإحصاء الذي يستند أصلاً على ملاحظة الظواهر الفعلية؟ يمكن أن نجد ثلاثة على الأقل:

(أ) أولاً، غالباً ما تكون الملاحظات غير دقيقة ومشوبة بأخطاء، حيث يسمح النموذج الاحتمالي بتمثيل الانحرافات بين القيم الحقيقية والقيم الملاحظة كمتغيرات عشوائية.

(ب) ثانياً، غالباً ما يكون التوزيع الإحصائي لقيم متغير ما ضمن مجتمعه قريباً من النماذج الرياضية المدروسة في الاحتمالات ندعوها قوانين التوزيع الاحتمالي.

ت) ثالثاً، غالباً ما يتم سحب العينات بشكل عشوائي من المجتمع، وذلك لضمان تمثيلها الرياضي للمجتمع، وبالتالي، تصبح الخصائص الملاحظة للعيينة متغيرات عشوائية حيث يسمح الحساب الاحتمالي بدراسة توزيعاتها.

١٠-١-٢ النهج الإحصائي *Statistical Approach*

يلجأ النهج الإحصائي *Statistical Approach* إلى معالجة وتفسير نتائج البيانات المُجمّعة، ويتضمن جانبين: جانب وصفي وجانب استنتاجي أو قراري، وتأخذ المحاكمة المنطقية في معرض تطبيق التقنيات الإحصائية نفس المنهج العلمي المتعارف عليه: الملاحظة، الفرضية، التحقق، التعميم.

(A) الإحصاء الوصفي *Descriptive Statistics*

الغاية هي تحليل، وتلخيص، وتبويب المعلومات المتضمنة في البيانات، ويستخدم من أجل هذه الغاية الجداول والتمثيل البياني والمؤشرات العددية؛ يتلخص دور هذا الفرع في توضيح خصائص العينة واقتراح فرضيات، ويكون استخدام النماذج الاحتمالية بالحد الأدنى، وقد أدى استخدام البرمجيات المعلوماتية إلى إمكانية تطبيق وتطوير تقنيات عديدة لإظهار البيانات متعددة الأبعاد (n ملاحظة، p متغير) لم تكن متاحة سابقاً.

يشمل التوصيف دراسة خصائص متغير واحد أو اثنين أو أكثر، كما تشمل تقنيات تحليل البيانات متعددة الأبعاد فئتين: الأولى تتعلق بالتصنيف *Classification* وتبحث عن تخفيض حجم الملاحظات وتشكيل مجموعات متجانسة، والثانية تتعلق بالتحليل العاملي *Factor Analysis* وتبحث عن تخفيض عدد المتغيرات وتلخيصها في عددٍ أقل.

(B) الإحصاء القراري *Decisional Statistics* (أو الاستنتاجي *Inferential*)

الهدف الرئيس هنا هو تقدير وتعميم الخصائص المستنتجة من دراسة العينة على المجتمع بأكمله وتقرير قبول أو رفض فرضيات موضوعة مسبقاً أو جرى صياغتها بعد مرحلة من التوصيف، ويلعب الحساب الاحتمالي هنا دوراً جوهرياً، لنأخذ بعض الحالات.

(أ) **تقدير المتوسط *Mean Estimation***: لنفترض أننا نقيس متغير ما n مرة، تلعب أجهزة القياس والشخص الذي يقوم بالقياس دوراً في الحصول على n قيمة مختلفة، فكيف نجد المتوسط الحقيقي

للمجتمع μ ؟ نقبل بأن هذه القيم هي ملاحظات مستقلة لمتغير X متوسطه النظري μ في حال عدم وجود أخطاء نظامية، وبفينا قانون العد الكبير بأن المتوسط المحسوب في العينة \bar{X} يشكل تقريباً مقبولاً للمتوسط النظري μ .

(ب) **التحقق من فرضية Hypothesis Test**: وهي من أكثر الحالات المنتشرة في العلوم الاجتماعية والاقتصادية، حيث يكون لدينا قيمة معروفة لمتغير ما، ويتم التحقق منها من بيانات عينة عشوائية من المجتمع، واختبار فيما إذا كانت القيمة المحسوبة من العينة تساوي أو تختلف عن القيمة المعروفة سابقاً؟ مثل حالة ضبط الجودة، يطلب زبون من مورد تزويده بكمية من مادة ما مع مواصفات متفق عليها: يتعهد المورد ألا تتجاوز نسبة القطع المعطوبة ٤%، قبل إرسال الطلبية يجري المورد الضبط على ٥٠ قطعة فوجد ٣ قطع معطوبة أي ما نسبته ٦% وهي أكبر من النسبة المقبولة ٤%، فهل يجب أن يرسل الطلبية إلى الزبون مع مخاطرة أن يرفضها هذا الأخير؟

(ج) **القياس الاقتصادي Econometric Models**: فئة من النماذج التي تشرح سلوكيات اقتصادية معينة أو التنبؤ والتوقع؛ تبحث النمذجة عادةً عن العلاقة التقريبية بين متغير ما يحتاج إلى تفسير (متغير مشروح) وعدة متغيرات أخرى تساهم في هذا التفسير (متغيرات شارحة)، ويأتي في مقدمة هذه التقنيات نماذج الانحدار *Regression Models*، ونماذج التنبؤ بمتغيرات كمية أو وصفية باستخدام تقنيات التحليل التمييزي *Discriminant Analysis* أو السلاسل الزمنية *Time Series* أو الارتباط الذاتي *Auto-Correlation* بين الملاحظات التاريخية لنفس المتغير.

١٠-١-٣ صعوبات التحليل الإحصائي

لا بد من الإشارة إلى الكثير والصعوبات والانتقادات التي تواجه تطبيق التقنيات الإحصائية بشكل سليم، منها ما يتعلق بضعف النماذج النظرية ذاتها، ومنها ما يتعلق بأخطاء أثناء التطبيق، نشير إلى أهم هذه العقبات، فهناك الكثير من الأخطاء وسوء الاستخدام يقع حتى مع المحترفين.

(أ) سوء تفسير النتائج حتى وإن طبقت التقنيات بشكل صحيح، بسبب ضعف الخبرة. مثلاً، نسبة الرسوب في مقرر الإحصاء هو ١٠٠%! لكن تزول الدهشة إذا علمنا أن هناك طالب واحد فقط في المقرر وقد رسب.

(ب) أخطاء مقصودة بسوء النية، أو تحميل البيانات معاني ضبابية، فكما أشار العديد من الإحصائيين

أن هناك ثلاثة أنواع من الكذب: الكذب، الكذب الأبيض، والإحصاء (Darell & Geiss, 1954) ؛ (Warne, et al., 2012).

(ت) النزعة لجعل الأرقام تقول ما نرغبه وليس ما تعبر عنه فعلياً.
 (ث) التفسير الخاطئ لعلاقات الارتباط سواء من حيث ربط المتغيرات بعضها ببعض الآخر، أو من حيث تفسيرها كسبب ونتيجة، أو من حيث وجود عامل ثالث يربط بينهما.
 (ج) وضع حدود قاطعة بين الأرقام، مثلاً قبول فرضية إذا كانت احتمال الخطأ لا يتجاوز ٥%، فهل هناك فرق بين ٥% و ٥,٠١%؟ في الحالة الأولى تقبل وفي الثانية تُرفض!
 كما نعطي بعض النصائح لتجنب هذه العقبات كما يلي:

- (أ) قبل كل شيء، الإحصاء يجب أن ينسجم مع التفكير المنطقي، ولا يجب أن يخالف الحقائق.
- (ب) تمثيل البيانات بيانياً بالإضافة للمؤشرات الكمية والجدول.
- (ت) تجنب التعميم الزائد عن الحد، أو وضع تفسيرات ضبابية.
- (ث) تجنب التحيز لدى انتقاء العينات.
- (ج) التحقق من تحقق شروط تطبيق أي من التقنيات الإحصائية.

١٠-٢ تذكير بالاحتمالات Probability Concepts

نظرية الاحتمالات ليست مجبرة على إعطاء مبررات تواجهها كمنظريّة رياضية، فبعد وضع الفرضيات، يمكن أن تتطور النظرية بشكل مستقل عن الواقع الفعلي، ولكن عندما نتحدث عن الحساب الاحتمالي، لا يمكن تجنب مسألة طبيعة الاحتمالات وقبول النموذج الاحتمالي، لا تقول لنا نظرية الاحتمالات عن القانون الاحتمالي الواجب تطبيقه، إذ أنه مرتبط بالحالة المدروسة والتقدير الذاتي للتعبير الكمي عن مستوى الشك بالنسبة لحدث ما؛ ويتم تقدير الاحتمالات عادةً كما يلي:

بشكل موضوعي *Objectivism*: يدعي مؤيدو هذا الاتجاه بأنه يمكن تحديد احتمال الحدث بطريقة وحيدة، ويتم النظر إلى التجربة ضمن شروط مثالية أي أن جميع الأحداث لها نفس الاحتمال (احتمال

ظهور أي رقم في حجر النرد هو $(6/1)$ ، فحساب الاحتمال لا يعدو كونه تعداد لحالات وقوع الحدث نسبةً إلى عدد الحالات الكلية، يساعد التحليل التوافيقي *Combinatory Analysis* في إيجاد الإجابات ضمن هذا التصور.

بشكل تكراري *Frequentist*: تستند إلى قانون العد الكبير، لا يمكن لتجربة واحدة أن تكفي لتقييم احتمال الحدث ونحتاج إلى تكرار التجربة عدد كبير من المرات. مثلاً، احتمال الحصول على الرقم ٦ عند إلقاء حجر النرد هو عدد المرات التي حصلنا فيها على الرقم مقسوماً على عدد المحاولات الكلية عندما نكرر التجربة عدد لا منته من المرات، ويضمن لنا قانون العد الكبير بأن هذا الاحتمال يتقارب من الاحتمال الحقيقي p للحدث. في الواقع الفعلي، لا تسمح هذه النظرة بحساب الاحتمال لأنها تحتاج إلى تكرار التجربة عدد غير منته من المرات وبتعريف الاحتمال كنهاية للتكرار.

بشكل ذاتي *Subjective*: احتمال الحدث قابل للتغيير مع وصول معلومات جديدة حتى أن البعض ينفي وجود الاحتمال الموضوعي (De Fenetti, 1974)، يهتم هذا الاتجاه خصوصاً بقياس الشك *Uncertainty*: أن الاحتمال الموضوعي لحدث ما غير موجود ولا يُعتبر بعداً قابلاً للقياس على غرار كتلة الجسم مثلاً. فهو ببساطة قياس للشك ويتغير حسب الظروف والملاحظ؛ أي يخضع لاعتبارات ذاتية محضة، والشرط الوحيد المقبول أن يحقق فرضيات الحساب الاحتمالي، لذلك يقترح البعض طرقاً للعبور من احتمال وصفي أي ترتيب شبه تام على الأحداث إلى قياس احتمالي، وحيث أن التكرار لم يعد ضرورياً، يمكن تقييم احتمال أي حدث لأول مرة وتحديد مجال تطبيق الحساب الاحتمالي خصوصاً على القرارات الاقتصادية.

رغم هذه التصورات المتباينة عن مفهوم وحساب الاحتمال، لا بد من الإشارة إلى أن النموذج الاحتمالي قد أثبت فعاليته في الكثير من التطبيقات، ويجب النظر إليه كأبي نموذج رياضي لتمثيل ظاهرة الشك خصوصاً لناحية تحقق فرضياته وشروط تطبيقه. في جميع الأحوال، لن ندخل في تفاصيل النظرية الاحتمالية بل سنكتفي بالأساسيات التي وجدنا حاجة لها في التحليل الإحصائي بما يفيد الاستخدامات في صناعة القرارات.

١٠-٢-١ الفضاء الاحتمالي *Probabilistic Space*

ندعو تجربة ما *Experiment* بأنها عشوائية إذا لم نتمكن من التنبؤ مسبقاً بنتيجتها، وإذا تكررت في

شروط مماثلة فيمكن أن تعطي نتائج مختلفة، ونمثل نتيجة التجربة بعنصر من مجموعة النتائج الممكنة نرسم لها بـ Ω (تقرأ غامًا) وتدعوها بالفضاء الممكن.

مثال (١-١٠) حجر النرد.

إلقاء حجر النرد حيث يمكن الحصول على الأوجه ١، ٢، ...، ٦ أي فضاء الممكن هو $\Omega = \{1,2,3,4,5,6\}$ ، وإذا ألقينا حجري نرد فإن فضاء ممكن يحوي ٣٦ عنصراً $\Omega = \{(1,2), (1,3), (1,4), (1,5), (1,6), (2,1), \dots, (6,6)\}$.

لا تنتج المجموعة Ω بطريقة وحيدة من التجربة ولكنها تتعلق بالغاية منها أي بماذا تهمننا النتائج؟ ففي المثال السابق قد نهتم بمجموع الوجهين وبالتالي تصبح $\Omega = \{2,3,4, \dots, 12\}$ ؛ وتدعو العبارة المنطقية المرتبطة بنتيجة التجربة بحدث *Event* (مثلاً مجموع الوجهين أكبر تماماً من ١٠)، يمكن إذاً ربط تحقق الحدث بجميع النتائج الممكنة $\{(5,6); (6,6); (6,5)\}$.

نمثل مجموعة أحداث Ω بـ ξ (تقرأ إكسي)، ويمكن اعتبار أية مجموعة جزئية من Ω حدثاً؛ كما نلحق بكل حدث A الجزء المتم له \bar{A} من Ω ، أي إذا تحقق A فإن متمه \bar{A} لا يتحقق والعكس صحيح، ونمثل الحدث الأكيد بالمجموعة Ω والحدث المستحيل بالمجموعة الخالية \emptyset . نعرف ξ كما يلي:

أ- الحدث ومتمه ينتميان إلى مجموعة الأحداث الممكنة $\forall A \in \xi, \bar{A} \in \xi$ ،

ب- تقاطع أو اجتماع أي حدثين من مجموعة الأحداث الممكنة ينتمي إليها، A_1, A_2, \dots, A_n

من ξ فإن $A_i \in \xi$ أو $\cup A_i \in \xi$

ج- المجموعة الخالية والمجموعة الكلية تنتمي إلى مجموعة الأحداث الممكنة.

نقول عن حدثين أنهما غير متوافقين إذا كان تحقق أحدهما يمنع تحقق الثاني؛ مثلاً، نتيجة الطالب في الامتحان إما نجاح أو رسوب، ونقول عن جملة أحداث بأنها تامة إذا كان تقاطع أي حدثين هو الخالية واجتماعها يشكل المجموعة الكلية.

نظرية Kolmogorov: نربط بكل حدث قيمة حقيقية بين الصفر والواحد ندعوها احتمال وقوع الحدث كما يلي: تُعرّف على (Ω, ξ) التطبيق P من ξ إلى المجال $[0,1]$ ندعوه احتمال أو قانون احتمالي بحيث:

$$P(\Omega) = 1 \quad (أ)$$

(ب) من أجل كل مجموعة معدودة غير متوافقة A_1, A_2, \dots, A_n لدينا $P(\cup A_i) = \sum_i P(A_i)$

(ث) ندعو الثلاثية (Ω, \mathcal{G}, P) بفضاء احتمالي.

نستخلص من التعريف السابق الخصائص الآتية:

✓ $P(\emptyset) = 0$ والعكس ليس بالضرورة صحيحاً.

✓ احتمال الحدث المتمم $P(\bar{A}) = 1 - P(A)$

✓ $P(A) \leq P(B)$ إذا كان $A \subset B$.

✓ احتمال اجتماع حدثين $P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$

القانون الاحتمالي ليس إلا قياس موجب بكتلة إجمالية تساوي الواحد، وبالتالي تندرج نظرية الاحتمالات ضمن إطار النظرية العامة للقياس، وفي الواقع نقيس هنا مستوى الشك.

١٠-٢-٢ الاحتمالات الشرطية والاستقلال

مفهوم مهم جداً في صناعة القرارات خصوصاً عند وصول معلومات جديدة قد تؤدي إلى تعديل تقديرات سابقة؛ حيث نهتم لوقوع حدث A مع العلم بأن حدث آخر B قد وقع (قد يكون له علاقة به وقد لا يكون).

الاحتمال الشرطي لوقوع A علماً بأن B قد وقع هو النسبة $P(A/B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$ حيث $P(B) > 0$ ، ونقول عن A أنه مستقل عن B إذا كان $P(A/B) = P(A)$.

احتمال وقوع حدثين مستقلين يساوي حاصل ضرب احتمالي الحدثين؛ في الواقع، ليس علينا أن نثبت استقلال الحدثين من عدمه، إذ أن ذلك مرتبط بخصائص التجربة؛ مثلاً، السحب مع إعادة لعنصر من مجموعة منتهية هو بالبناء يؤدي إلى أحداث مستقلة. تُستخدم الاحتمالات الشرطية في نظرية BAYES كإحدى الصيغ المهمة في صناعة القرارات وذلك لإظهار العلاقة بين $P(A/B)$ و $P(B/A)$:

$$P(B/A) = \frac{P(A/B)P(B)}{P(A)}$$

حيث تعطي نظرية الاحتمالات الكلية $P(A) = \sum_i P(A/B_i)P(B_i)$

مثال (٢-١٠) الاحتمال الشرطي.

لدينا مصنع يستخدم ٣ آلات $M1, M2, M3$ تُنتج نفس النوع من الكرات. تُعطي الآلة الأولى حوالي ٣,٠% من الكرات معطوبة، والثانية ٨,٠% والثالثة ١%. نقوم بخلط ١٠٠٠ كرة في صندوق: ٥٠٠ من الآلة الأولى، ٣٥٠ من الثانية و ١٥٠ من الثالثة، ثم سحبنا كرة بشكل عشوائي من الصندوق فوجدنا بأنها معطوبة! فما هي احتمالات أن تكون مصنعة من قبل الآلة الأولى أو الثانية أو الثالثة؟

عندما نسحب كرة عشوائياً فالاحتمالات الأولية هي:

$$P(M1)=50\%, P(M2)=35\%, P(M3)=15\%$$

حيث أنها معطوبة D فيجب حساب الاحتمالات الشرطية:

$$P(M3/D), P(M2/D), P(M1/D)$$

نعلم مسبقاً: $P(D/M3)=0.01, P(D/M2)=0.008, P(D/M1)=0.003$

$$P(M1 / D) = \frac{P(D / M1) . P(M1)}{P(D)} \text{ وبالتالي نستخدم صيغة بايز:}$$

$$P(D) = P(D/M1).P(M1) + P(D/M2).P(M2) + P(D/M3).P(M3) \text{ حيث}$$

$$P(M1/D) = \frac{0.003 \times 0.5}{0.003 \times 0.5 + 0.008 \times 0.35 + 0.01 \times 0.15} = 0.26 \text{ فيكون:}$$

بنفس الطريقة نجد $P(M2 / D) \approx 0.49$ و $P(M3 / D) \approx 0.26$ وهذه الاحتمالات ندعوها الاحتمالات اللاحقة أي مع الأخذ بالاعتبار لمعلومة أن الكرة معطوبة.

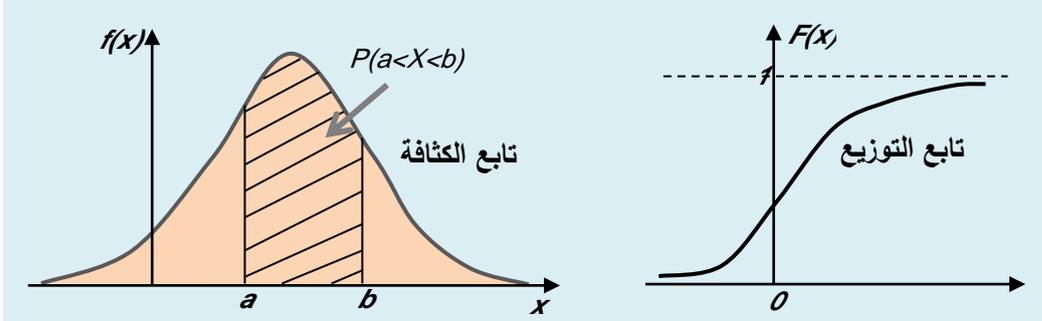
١٠-٢-٣ القوانين الاحتمالية

١٠-٣-٢-١ تابعي التوزيع والكثافة

تابع التوزيع $Distribution Function$ لمتحول عشوائي $X^{(e)}$ هو تطبيق F من مجموعة الأعداد الحقيقية إلى المجال $[0, 1]$: $F(X) = P(X < x)$ ، وهو تابع مضطرد متزايد ومستمر من اليسار بحيث $F(-\infty) = 0$ و $F(+\infty) = 1$ ويعرف قانون احتمالي وحيد على R ، وتأتي الأهمية العملية لتابع التوزيع أنه يسمح بحساب احتمال أي مجال من R : $P(a < x < b) = F(b) - F(a)$.

^{٤٥}. نرسم عادةً للمتغير العشوائي بحرف كبير ولقيمه بالحرف الصغير.

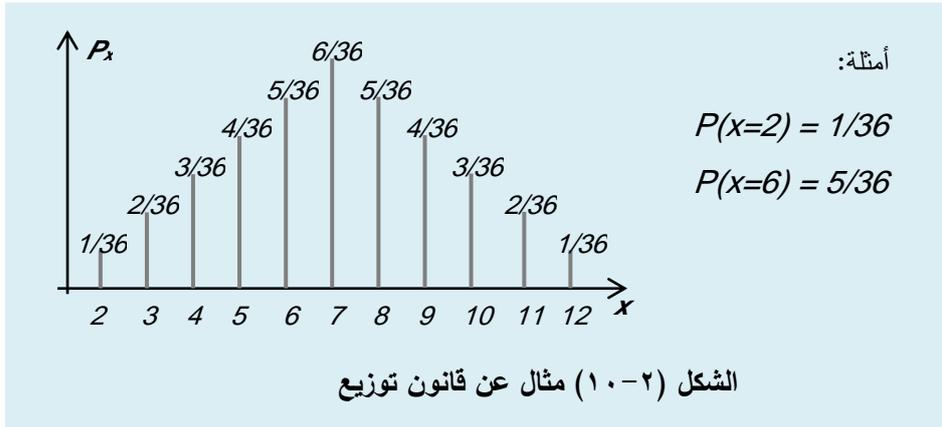
ندعو مشتق تابع التوزيع (إذا كان قابلاً للاشتقاق) بتابع الكثافة *Density Function* ونرمز له بالشكل $f(x)$ ويكون الاحتمال: $P(a < x < b) = \int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a)$ حيث تكامله على كامل R يساوي الواحد $\int_R f(x)dx = 1$.



الشكل (١٠-١) تابعي التوزيع والكثافة لمتغير عشوائي

مثال (٣)

يمكن تمثيل قانون حاصل جمع نتائج حجري النرد بشكل أعمدة كما يلي:



الشكل (١٠-٢) مثال عن قانون توزيع

١٠-٢-٣-٢ عزوم متغير عشوائي حقيقي

يمكن تمييز التابع الاحتمالي بمجموعة من المؤشرات العددية مرتبطة بمفاهيم النزعة المركزية *Central Tendency* والتبعثر *Dispersion* وشكل التوزيع *Distribution Form*.

الأمل الرياضي *Mathematical Expectation E(X)* أو μ :

نعرف الأمل الرياضي لمتغير مستمر بالتكامل $E(X) = \int_R x \cdot f(x)dx$ ، إذا كان التكامل متقارباً، ولمتغير متقطع عدد قيمه يساوي n بالمتوسط الحسابي لهذه القيم مثقلةً باحتمالاتها $E(X) = \sum_i^n x_i P(X = x_i)$.

يتمتع الأمل الرياضي بخصائص مميزة تأتي من خصائص التكامل:

$$E(X+a) = E(X) + a \quad E(a.X) = a.E(X) \quad E(a) = a$$

$$.E(X_1+X_2) = E(X_1) + E(X_2)$$

وإذا كان المتغيرين مستقلين، فالأمل الرياضي لضربهما يساوي حاصل ضرب الأملين الرياضيين $E(X_1 * X_2) = E(X_1) * E(X_2)$ ، لكن العكس ليس صحيحاً.

التشتت $V(X)$ أو σ^2 :

يعرف بناتج الصيغة $V(X) = E[x - \mu]^2 = \int_R (x - \mu)^2 dP_x(X)$ وندعو القيمة σ بالانحراف المعياري *Standard Deviation* للمتغير X ، فالتشتت هو إذا العزم من الدرجة الثانية لفروقات القيم عن المتوسط، وهو مقياس لدرجة تبعثر هذه القيم حول المتوسط.

تشتت مجموع متغيرين عشوائيين X و Y يساوي مجموع تشتتي المتغيرين مضافاً إليها ضعف التشتت المرافق $Cov(X, Y)$:

$$Cov(X, Y) = E(X.Y) - E(X).E(Y) = E[(X - E(X)).(Y - E(Y))]$$

وفي حال كان المتغيران مستقلين فإنه يساوي مجموع التشتتين.

يمكن أن نعرف عزوم أخرى من الدرجة k عموماً $\mu_k = E[x - \mu]^k$ وبشكل خاص من الدرجة الثالثة وندعوه مؤشر عدم التناظر *Skewness* ومن الدرجة الرابعة *Kurtosis* والتي تعبر عن ميلان شكل التوزيع.

مراجعة *Chebyshev*^(٤٦): ليكن المتغير العشوائي X بمتوسط μ وانحراف معياري σ ، فإنه من أجل أي عدد حقيقي $k: P(|x - \mu| \geq k\sigma) \leq \frac{1}{k^2}$ ؛ والحالة التي تهمننا عندما تكون $k > 1$ ، كون الحالات الأخرى واضحة وغير مفيدة.

أقل % من القيم ضمن مجال $k \pm$	أكبر % من القيم خارج مجال $k \pm$
قيمة k	من الانحراف المعياري عن المتوسط

^{٤٦} Pafunty Chebyshev (١٨٢١-١٨٩٤) رياضي روسي عُرف بمساهماته الكبيرة في نظرية الاحتمالات والأعداد الأولية.

١	%٠	%١٠٠
٢	%٥٥,٥٦	%٤٤,٤٤
٣	%٨٨,٨٩	%١١,١١

١٠-٢-٣-٢)) القوانين الاحتمالية الأكثر انتشاراً

القانون النظامي Uniform: احتمالات القيم متساوية $P(X = k) = \frac{1}{n}$ حيث n عدد القيمة.

الأمّل الرياضي $E(X) = \frac{n+1}{2}$ إذا كان المتغير متقطعاً و $E(X) = \frac{a}{2}$ إذا كان مستمراً.

التشتت $V(X) = \frac{n^2-1}{12}$ إذا كان المتغير متقطعاً و $V(X) = \frac{a^2}{12}$ إذا كان مستمراً.

قانون برنولي Bernoulli بمعامل p: يأخذ القيمتين صفر أو واحد باحتمالين p و $1-p$

الأمّل الرياضي: $E(X) = p$ والتشتت: $V(X) = p.(1-p)$

القانون الثنائي Binomial $B(n; p)$: نكرر تجربة عشوائية n مرة، ونهتم بظهور حدث A احتمالته p

أو عدم ظهوره، وليكن X عدد مرات ظهور A خلال n تجربة $(0 \leq X \leq n)$ ، فنقول بأن X يتبع

قانون ثنائي بمعاملين n و p : $P(X = k) = C_n^k p^k (1-p)^{n-k}$

الأمّل الرياضي: $E(X) = n.p$ والتشتت: $V(X) = n.p.(1-p)$

قانون بواسون Poisson $P(\lambda)$: قانون متغير عشوائي طبيعي موجب يحقق:

$P(X = k) = \exp(-\lambda) \frac{\lambda^k}{k!}$ حيث k عدد طبيعي

الأمّل الرياضي: $E(X) = \lambda$ والتشتت: $V(X) = \lambda$

يُستخدم هذا القانون بشكل خاص في مشكلات خطوط الانتظار لحساب الزمن الوسطي للانتظار،

وعدد الكوات الواجب فتحها ومتوسط طول خط الانتظار.

قانون Laplace-Gauss: يلعب هذا القانون دوراً مهماً في الدراسات الاجتماعية والاقتصادية

والإدارية ويُدعى أحياناً القانون الطبيعي ويرمز له LG ، نقول عن X بأنه يتبع قانون طبيعي $LG(\mu, \sigma)$

إذا كانت كثافته من الشكل $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)$

الأمّل الرياضي: $E(X) = \mu$ والتشتت: $V(X) = \sigma$

ندعو القيمة $z = \frac{x-\mu}{\sigma}$ بالقيمة الممركزة والمختزلة *Standard Normal* حيث متوسط المتغير الجديد Z يساوي الصفر وانحرافه المعياري يساوي الواحد ويتبع القانون $LG(0, 1)$ ، ونجد في جميع المراجع الإحصائية جدول التوزيع لهذا المتغير، ومن أهم خصائصه أنه متناظر تماماً.

يلاحظ أن أكثر من 99% من القيم وفق التوزيع الطبيعي تقع ضمن مجال المتوسط بثلاثة انحرافات معيارية $\mu - 3\sigma \leq x \leq \mu + 3\sigma$ والمعروفة في أدبيات الجودة بشكل خاص الستة سيغما *6-Sigma*.

يمكن تقريب قانون التوزيع الطبيعي بقانون توزيع ستودنت *Student*^(٤٧) في حال كان الانحراف المعياري غير معلوماً وإذا كان حجم العينة صغيراً؛ في الحقيقة، يهتم قانون ستودنت بتوزيع العينات أكثر من توزيع المجتمع، لذلك نجد له أهمية خاصة في التطبيقات الاجتماعية لعدم القدرة على معرفة متغيرات المجتمع خصوصاً الانحراف المعياري، وله تابع الكثافة من الشكل:

$$f(x) = \frac{\Gamma\left(\frac{v+1}{2}\right)}{\sqrt{v\pi}\Gamma\left(\frac{v}{2}\right)} \left(1 + \frac{x^2}{v}\right)^{-\frac{v+1}{2}} \quad \text{تابع الكثافة توزيع ستودنت}$$

حيث v تمثل عدد درجات الحرية، وتمثل في حالة العينة $n-1$. ويُمثل Γ تابع *Gamm* وهو تعميم لمفهوم التابع العاملي $\Gamma(n) = (n-1)!$ حيث n عدد طبيعي موجب.

$$\text{الأمل الرياضي: } E(X) = \mu \text{ من أجل } v > 1 \text{ والتشتت: } V(X) = \sigma^2 \frac{v}{v-2} \text{ من أجل } v > 2.$$

$$\text{وتصبح من أجل التابع المختزل } t = \frac{x-\mu}{\sigma}$$

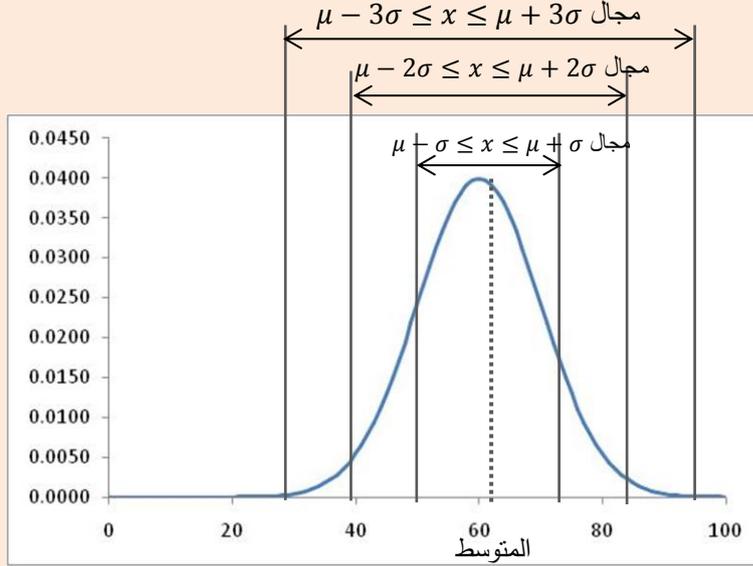
$$\text{الأمل الرياضي: } E(T) = 0 \text{ والتشتت: } V(T) = \frac{v}{v-2}$$

يشبه شكل التابع شكل التابع الطبيعي مع تفلطح أكبر حول المتوسط، وبذيلين أطول قليلاً من الطبيعي.

مثال (٤-١٠) توزيع طبيعي لدرجات الطلبة.

^{٤٧}. يعود هذا القانون إلى الرياضي البريطاني *William Sealy Gosset* في مقال نشره في مجلة *Biometrika* عام ١٩٠٨، وكان يعمل لدى شركة *Guinness Brewery* في دبلن ومهتماً باختبارات الجودة على العينات الصغيرة، حيث أخفى هويته الحقيقية كما تقول الرواية لتجنب معرفة الشركات المنافسة بأن شركته تقوم بهذه الاختبارات، وفي رواية أخرى أن الشركة منعت من ذكر اسمه الحقيقي فنشره باسم مستعار *Student*.

تتبع علامات المقرر التوزيع الطبيعي بمتوسط ٦٠ درجة وبتباين ١٠ درجات، بحسب قانون التوزيع الطبيعي، فإن ٩٩,٨% من الدرجات تقع ضمن مجال المتوسط بثلاثة انحرافات معيارية، أي ضمن المجال [٣٠، ٩٠].



الشكل (٣-١٠) مثال عن توزيع طبيعي

١٠-٢-٤ دراسة زوج من المتغيرات العشوائية

تعتبر دراسة احتمال متغير عشوائي Y بعد معرفة قيمة متغير عشوائي آخر X من القضايا الهامة جداً في مشاكل التقريب والتنبؤ، لذلك يجب مسبقاً معرفة التوزيع الاحتمالي للزوج (X, Y) كتطبيق من (Ω, P) في R^2 . مثلاً دراسة مجموع النقاط التي نحصل عليها برمي قطعتي نرد، أو دراسة تعطل آلتين بنفس الوقت، ... الخ.

يعرف تابع الزوج P_{xy} كما يلي $P_{xy}(x_i; y_i) = P(X = x_i \cap Y = y_i)$ ، وعادةً ما نرمز له بالشكل p_{ij} حيث $\sum_i \sum_j p_{ij} = 1$ ونمثلها في جدول:

	y_1	y_j	y_q	
x_1		.		
x_i	...	p_{ij}	...	$p_i.$
x_p		.		
		$p.j$		

ندعو $p_i = P(X = x_i) = \sum_{j=1}^q p_{ij}$ بالقانون الهامشي لـ X

وندعو $p.j = P(Y = y_j) = \sum_{i=1}^p p_{ij}$ بالقانون الهامشي لـ Y

$$P(X = x_i / Y = y_j) = \frac{p_{ij}}{p.j} = \frac{P(X=x_i \cap Y=y_j)}{P(Y=y_j)} : Y=y_j \text{ علماً بأن } X$$

$$P(Y = y_j / X = x_i) = \frac{p_{ij}}{p_i} = \frac{P(X=x_i \cap Y=y_j)}{P(X=x_i)} : X=x_i \text{ علماً بأن } Y$$

ونكتب في حال استقلال المتغيرين: $p_{ij} = p_i . p.j$ مهما يكن i و j .

الأمّل الشرطي: $E(Y/X = x) = \sum_y yP(Y = y/X = x)$ أي الأمّل الرياضي لـ Y بالنسبة لقانونها الشرطي، وبنفس الطريقة يُعرف الأمّل الرياضي لـ X .

التشتت الشرطي هو الأمّل الشرطي لمربع الفرق عن الأمّل الشرطي:

$$V(Y/X = x) = E[Y - (E(Y/X = x))]^2 / X = x]$$

ويُحسب التشتت الكلي بالصيغة $V(Y) = E[V(Y/X)] + V[E(Y/X)]$ أي التشتت الكلي يساوي حاصل جمع متوسط التشتتات الشرطية وتشتت المتوسطات الشرطية.

مثال (١٠-٥) تطبيق القانون الثنائي.

لنفترض بأننا نصحح أوراق امتحان من نمط خيارات متعددة حيث لدينا ٢٠ سؤال، هناك أربع إجابات لكل سؤال أحدها فقط هو الصحيح، ويحصل الجواب الصحيح على علامة واحد والخاطئ على صفر. يتضمن برنامج الامتحان ١٠٠ سؤال، نسحب عشوائياً ٢٠ منه لإدراجها في الاختبار، فإذا اعتبرنا أن أحد الطلاب درس نسبة p من البرنامج، فما هو توزع العلامة الممكنة N ؟ (ملاحظة: العلامة القصوى ٢٠).

ضمن العشرين سؤال في الاختبار، هناك عدد X ضمن النسبة $100.p$ التي راجعها الطالب ويحصل على X علامة بشكل تلقائي (باعتبار أنه حفظها). تم سحب العشرين سؤال كما نلاحظ من ١٠٠ بدون إعادة، أي أنها تتبع قانون السحب الشمولي $H(100; 20; p)$. كما أن عدداً من إجابات الطالب يمكن أن تكون صحيحة على الأسئلة المتبقية التي لم يدرسها $X-20$ بطريق الصدفة، ليكن Y هذا العدد. تخضع إجابة كل سؤال منها إلى توزيع برنولي بمعامل 0.25 ، إذا كانت $X=x$ مثبتة، فقانون Y هو قانون ثنائي $B(20-x; 0.25)$. لدينا العلامة إذاً $N=Y+X$ حيث $Y/X=x$ تتبع قانون $B(20-x; 0.25)$ ، لكن X و Y غير مستقلين لأن القانون الشرطي $Y/X=x$ يتعلق بـ X .

حساب توزيع N لقانون صيغته صعبة التعامل:

$$P(N = n) = \sum_{x=0}^n P(X = x)P(Y = n - x/X = x) \text{ الاحتمال}$$

$$P(N = n) = \sum_{x=0}^n \frac{C_{100}^x \cdot C_{100(1-p)}^{20-x}}{C_{100}^{20}} C_{20-x}^{n-x} \left(\frac{1}{4}\right)^{n-x} \left(\frac{3}{4}\right)^{20-n} \text{ بالتبديل}$$

$$V(X) = (1 - p) \left(\frac{15}{4} + \frac{100p}{11}\right) \text{ و } E(X) = 15p + 5 \text{ وتشتته}$$

إذا كانت $p=50\%$ أي دراسة حوالي نصف البرنامج المقرر فإن العلامة المتوقعة حوالي 12.5 من عشرين والتشتت يساوي حوالي 4.15 ، وأن معدل دراسة حوالي 70% ، هناك احتمال كبير أن ينجح الطالب، فالمتوسط يساوي تقريباً 15.5 ، والتشتت حوالي 3.03 ، وليت الطلبة يستطيعون تقدير علاماتهم بهذه الطريقة!

١٠-٣ توصيف البيانات Data Description

غالباً ما نقوم بتوصيف نتائج كل متغير بشكل مستقل ندعوه بتوصيف أحادي البعد للبيانات ولكنها بالتأكيد غير كافية، حيث نهتم بدراسة خصائص متغير X يأخذ n قيمة x_1, x_2, \dots, x_n ، ويجري تلخيص هذه القيم في جداول إحصائية، أو بأشكال بيانية، أو بتلخيصات عديدة، ويمكن نجد هذه المؤشرات في جميع المراجع الإحصائية الأساسية، سنقوم بالتذكير ما يُفيد مباشرةً في صناعة القرارات.

١٠-٣-١ التمثيل البياني Graphical Representation

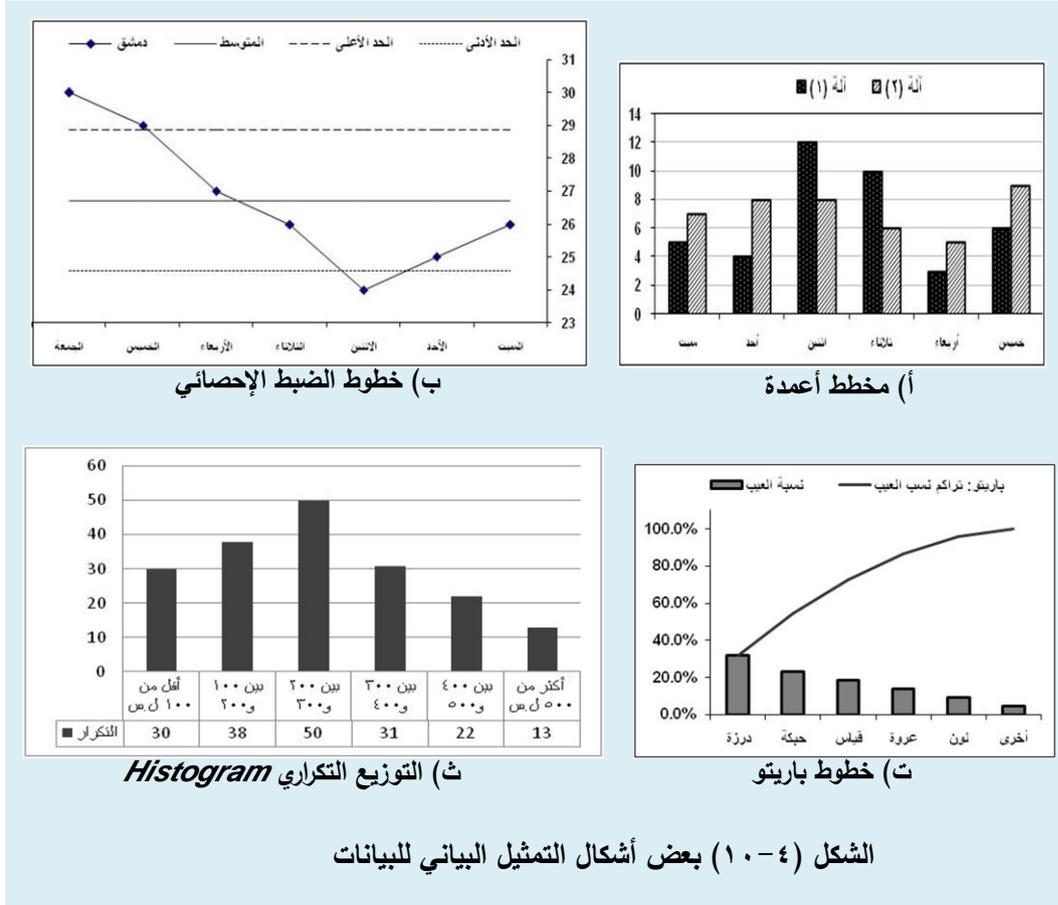
الغاية من استخدام النماذج البيانية هو الاستفادة قدر الإمكان من المقدرات البصرية للخبراء ومتخذي القرارات كون الذهن الإنساني لديه قدرة أكبر على التمثيل والإحاطة بالمخططات والأشكال البيانية والصور، وربما تساهم في إيجاد أفكارٍ لحل المشكلة، ويتعلق التمثيل بنوعية البيانات المتوفرة وبالغاية المرجوة من استخدام المخطط، كما يوضح الشكل (٤-١٠).

(أ) خطوط بيانية بسيطة: تسجيل أعطال آلتين، حيث يُمكن مقارنة الأعطال بشكل بياني للآلتين معاً، نلاحظ مباشرةً أن أعطال الآلة الأولى يبدو أكثر من الثانية أيام الاثنين والثلاثاء.

(ب) خطوط الضبط الإحصائي: تمثل خطوط الضبط الإحصائي أسلوب لمراقبة ظاهرة ما، إما حسب تطورها الزمني (أخذ قياسات في فترات متعاقبة)، أو حسب معايير أخرى (مناطق جغرافية، فئات عمرية، حالات اجتماعية، اقتصادية، ...); يُمثل على الشكل ثلاثة خطوط بيانية تمثل الحديد الأدنى والأعلى ويمثل الثالث المتوسط العام للظاهرة، ثم يُضاف على الشكل القياسات المأخوذة للظاهرة.

(ت) خطوط باريتو: يمثل خط باريتو تراكم نسب (أو عدد) ملاحظات الظاهرة المدروسة، فإذا كانت هذه الملاحظات تمثل أنواع العيوب في خياطة قميص مثلاً، فيمثل الخط البياني النسب التراكمية لأنواع العيوب الملاحظة في نفس الفترة؛ وعادةً ما يتم ترتيب نسب أنواع العيوب من الأكبر إلى الأصغر، كما نلاحظ من الشكل (٤-١٠)، أن أنواع العيوب الأولى تعادل أكثر من ٧٠% من مجمل العيوب، وهذا مؤشر للاهتمام بإصلاحها.

(ث) مخطط التوزيع التكراري Histogram: يتم تمثيل التكرار ضمن فئات أو صفوف، ولا يوجد قواعد مطلقة لتحديد عدد الفئات في الهيستوغرام، فقد يخفي العدد القليل من الفئات معلومات مفيدة، ويؤدي العدد الكبير إلى تمثيل غير متجانس فقد نحصل على فئات خالية؛ تبدو مخططات التوزيع التكراري مفيدة بشكل خاص كونها تسمح بتمييز ظاهرة النزعة المركزية، وإظهار تبعثر الملاحظات حول القيمة المركزية، كما يظهر أيضاً التواء التوزيع إلى اليمين أو إلى اليسار، ونتبين مدى تقطع التوزيع.



١٠-٣-٢ تلخيص العددي للبيانات

من المفيد جداً تلخيص مجموعة الملاحظات والمتغيرات بأقل عدد ممكن من المؤشرات، أشهرها مؤشرات النزعة المركزية والتبعثر.

(A) مؤشرات النزعة المركزية Central Tendency Indicators

يُقصد بالنزعة المركزية تعريف قيمة c تبدو الملاحظات، وكأنها تتوزع حولها، المؤشرات الأكثر استخداماً هي الوسيط والمتوسط الحسابي والمنوال.

(أ) الوسيط *Median*: هي القيمة M التي تقع في المنتصف بعد ترتيب الملاحظات تصاعدياً، لا يتأثر الوسيط بتغيرات القيم الحدية، مثلاً التوزيعين التاليين لهما نفس الوسيط:

الأول ٤٨ ٤٩ ٥٠ ٥١ ٥٢

الثاني ٢٠٠ ١٥٠ ٥٠ ٣٠٠ ٤٠٠

رغم أنهما وضوحاً غير متكافئين، بالإضافة إلى ذلك، فالوسيط ليس له خصائص مهمة.

(ب) المتوسط الحسابي *Mean*: بالتعريف هو $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ أو $\bar{x} = \sum_{i=1}^n p_i x_i$ للبيانات المثقلة، يتأثر

المتوسط الحسابي على خلاف الوسيط بالقيم الحدية ولكنه أكثر استخداماً.

(ت) المنوال *Mode*: هو القيمة الأكثر تكراراً من أجل توزيع متقطع.

من أجل توزيع متناظر تماماً لدينا: المتوسط الحسابي = الوسيط = المنوال

(B) مؤشرات التبعثر *Dispersion Indicators*

ويُقصد بالتبعثر دراسة مدى قرب وبعد الملاحظات بعضها عن البعض الآخر أو عن مؤشرات النزعة المركزية، وأهم هذه المؤشرات المدى والانحراف المعياري.

(أ) المدى *Range*: الفرق بين أصغر قيمة وأكبر قيمة، ويتأثر مباشرة بالقيم الحدية.

(ب) التشتت *Variance* والانحراف المعياري *Standard Deviation*:

$$s^2 = \sum_{i=1}^n p_i (x_i - \bar{x})^2 \quad \text{أو} \quad s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

يُحسب التشتت بالشكل

الانحراف المعياري *s* هو الجذر التربيعي للتشتت، ويُقاس بنفس وحدة قياس المتغير المدروس.

(C) مؤشرات شكل التوزيع:

$$\gamma_1 = \frac{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^3}{s^3} : \text{Skewness}$$

مؤشر التناظر

$$\gamma_2 = \frac{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^4}{s^4} : \text{Kurtosis}$$

مؤشر التفلطح أو الانبساط

١٠-٣-٣ توصيف ثنائي البعد للبيانات العددية

ندرس عادةً علاقات الارتباط والاستقلال الممكن توажدها بين المتغيرات مثني مثني، وهو ما ندعوه بالتحليل ثنائي البعد للبيانات، وتختلف طرق ومؤشرات قياس الارتباط بحسب طبيعة المتغيرات

(وصفية، مرتبة، كمية)، كما يلعب كشف الارتباطات بين المتغيرات دوراً مهماً للغاية أثناء التنقيب في البيانات (Turrey, 2011) *Data Mining*.

١٠-٣-٣-١ العلاقة بين متغيرين كميين

يعتبر الارتباط بين ظاهرتين مفيداً لدراسة سلوكهما معاً، وتحديد كيفية تغير أحدهما مع تغير الأخرى، مع الحذر الشديد لتفسيرها بعلاقة سبب ونتيجة، إذ أنّ المؤشرات الإحصائية تعالج أرقام صماء ويعود لمستثمر المؤشرات تحميلها المعاني الملائمة من خلال خبراته ومعارفه.

لنفترض بأننا نراقب متغيرين X و Y لمجموعة n من المفردات، لدينا من أجل كل ملاحظة i الثنائية (x_i, y_i) أو شعاعين x و y من R^n . يمكن عادةً تمثيل كل ملاحظة i كنقطة (x_i, y_i) في الفضاء الديكارتي لإظهار شكل العلاقة بيانياً بين المتغيرين، نقول بأن هناك ارتباط إذا كانت Y تتعلق بـ X ، وإذا كان شكل العلاقة خطياً فندعوه بالارتباط الخطي *Linear Correlation*، مع الإشارة إلى أن غياب الارتباط لا يعني بالضرورة الاستقلال.

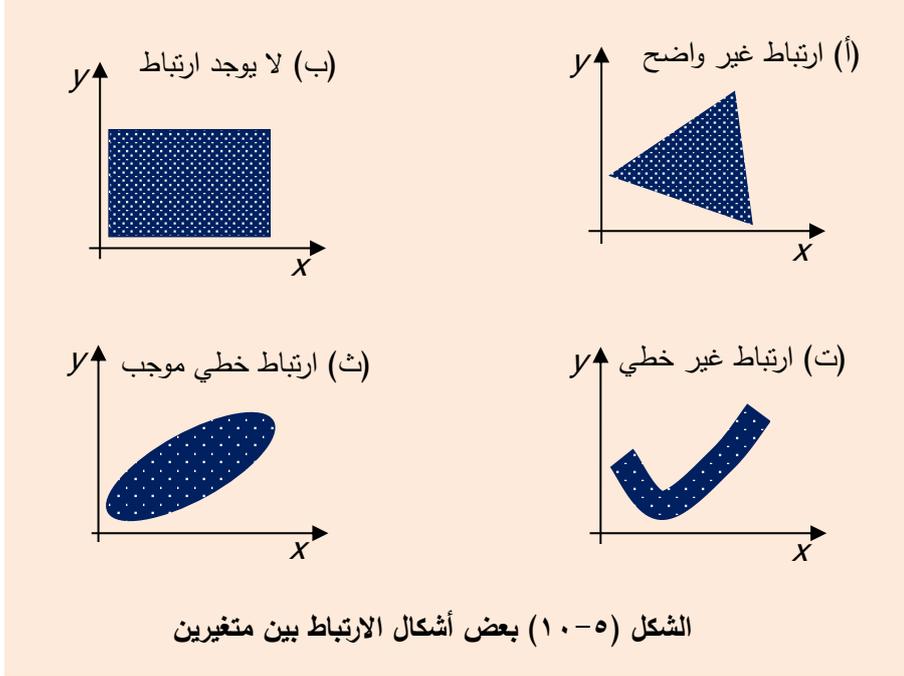
يُقاس الارتباط الخطي بين المتغيرين بمعامل *Bravais-Pearson*^(٤٨) الذي يقيس شدة الخاصية الخطية لقيمة من النقاط (Stanton, 2001؛ Denis, 2000). ويُعرف كما يلي:

$$r = \frac{Cov(x,y)}{s_x s_y} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{s_x \cdot s_y} : \text{معامل الارتباط الخطي}$$

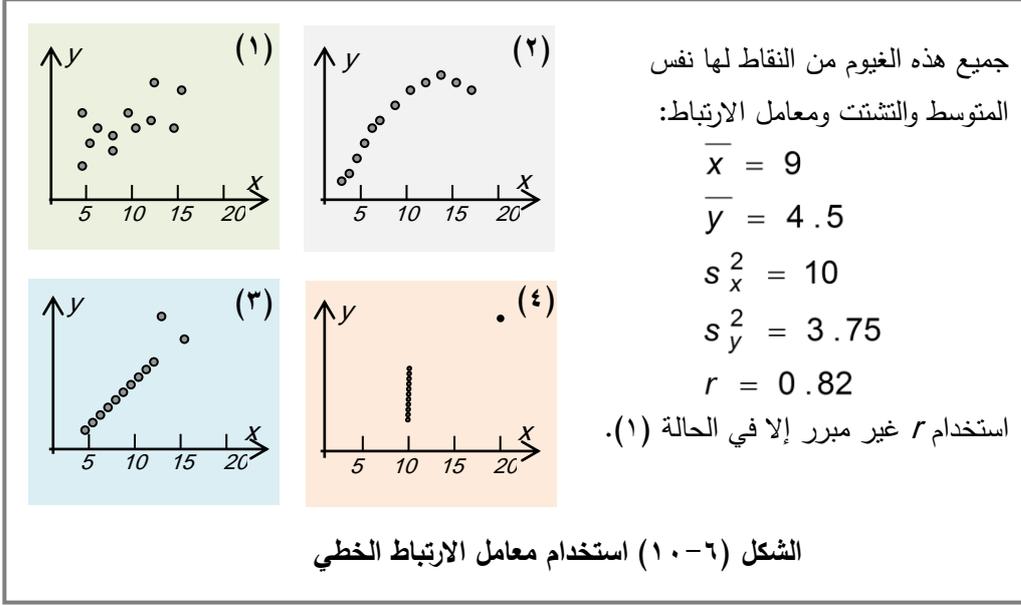
حيث s_x هو الانحراف المعياري لـ x و s_y هو الانحراف المعياري لـ y .

ويُدعى الحد $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$ بالتشتت المرافق *Covariance*، ويُدعى مربع الارتباط الخطي r^2 بمعامل التحديد *Determination*.

^{٤٨} Karl Person (١٨٥٧-١٩٣٦) رياضي إنكليزي يُعتبر مؤسس الإحصاء الرياضي وتطبيقاته بشكل خاص في علم الأحياء، من أشهر أعماله *The Grammer of Science* (١٨٩٢) الذي كان أول كتاب يوصي إينشتاين بقراءته لفريق عمله. يُعتقد أن بيرسون استند في وضع الصيغة أعلاه إلى أعمال عالم الفيزياء الفرنسي *Auguste Bravais* (١٨١١-١٨٦٣)، ويُرجح أن يكون المؤسس الأول لعلاقة الارتباط الخطي هو عالم الرياضيات الاجتماعي الإنكليزي *Sir Francis Galton* (١٨٢٢-١٩١١).

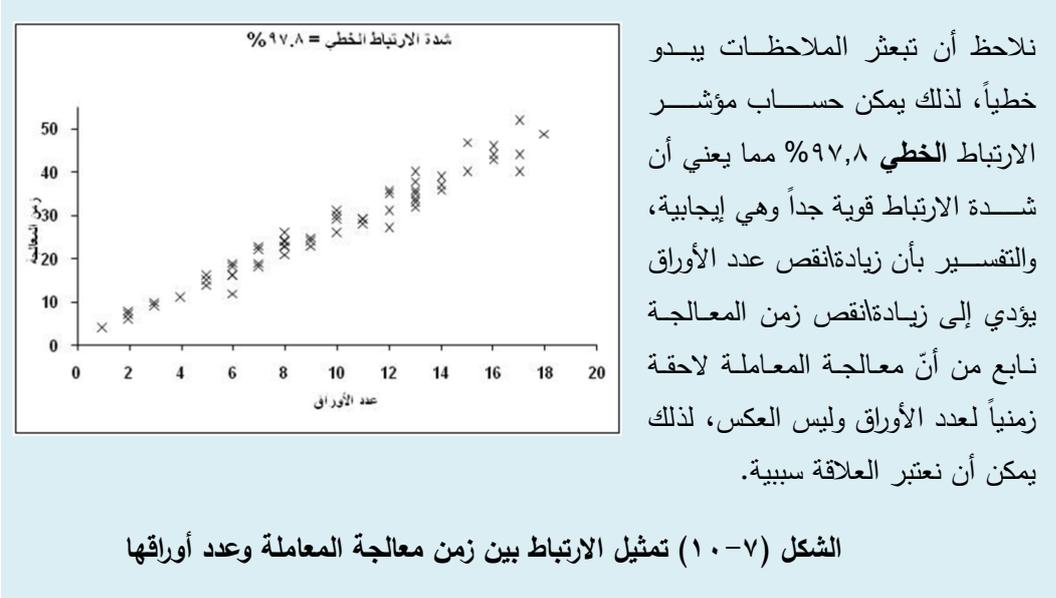


يأخذ مؤشر الارتباط الخطي r قيمه بين -1 و $+1$ ، كلما اقترب من الواحد بالقيمة المطلقة كلما كانت شدة الارتباط قوية، وكلما اقترب من الصفر كلما كانت شدة الارتباط ضعيفة، وتعني الإشارة السالبة بأن المتغيرين يتغيران باتجاهين متعاكسين (أحدهما يزداد والآخر يتناقص)، كما يُنصح قبل حساب شدة الارتباط التأكد من الطبيعة الخطية للارتباط من خلال النظر إلى الشكل البياني لنقاط الظاهرتين كما يوضح الشكل (١٠-٦) الذي يبين أن الحالات الأربعة لها نفس قيمة معامل الارتباط الخطي لكنها لا تبدو جميعها خطية، ثم حساب قيمته، ومن خلال الخبرات ووسؤال الخبراء قد نستطيع تحديد أي منهما سبباً للآخر، لذلك لا يجب الاكتفاء بقيم المؤشر بل يُنصح بإجراء الاختبارات الإحصائية المناسبة قبل إقرار الارتباط أو لا.



مثال (٦-١٠) الارتباط الخطي.

في إحصائية لدراسة العلاقة بين عدد أوراق معاملة عقارية وزمن إنجاز المعاملة من قبل إدارة المصالح العقارية، وجدنا الشكل الآتي (٧-١٠).



لتوضيح خطورة تفسير العلاقة بالسببية، لنأخذ المثال السابق نفسه ولنطبق على عدد الأوراق ونستبدل "زمن المعالجة" بعدد الوفيات في اليابان ولنطبق على نفس الأرقام (جميع الملاحظات مأخوذة بنفس اللحظة)، سنحصل طبعاً على نفس قيمة مؤشر الارتباط الخطي والشكل الخطي للعلاقة، لكن هل هي سببية؟ بمعنى آخر، هل زيادة نقص عدد أوراق المعاملة العقارية سبباً لزيادة نقص عدد الوفيات في اليابان، أو العكس؟

مصفوفة الارتباط بين p متغير كمي: عندما يكون لدينا p متغير و n ملاحظة فإننا نمثل جدول البيانات بمصفوفة X — P عمود و N سطر وحدها العام x_i^j حيث i رقم الملاحظة و j رقم المتغير، ونحصل على جدول البيانات الممركزة Y بطرح متوسط كل متغير j من قيم عمود المتغير. وتُحسب مصفوفة التشتت والتشتت المرافق للمتغيرات V كما يلي: $V = \frac{1}{n} Y'Y$ حيث Y' تعني منقول المصفوفة Y ، وتوضع معاملات الارتباط الخطي بين المتغيرات في مصفوفة R كما يلي:

$$R = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1p} \\ . & 1 & \dots & r_{2p} \\ . & . & . & . \\ r_{p1} & . & . & 1 \end{bmatrix}$$

إذا كانت $D_{1/s}$ مصفوفة قطرية قطرها مقلوب الانحرافات المعيارية، فنحصل على العلاقة الآتية بين R و V : $R = D_{1/s} V D_{1/s}$.

الارتباط الجزئي: هناك الكثير من حالات الارتباط الظاهرية تنجم عن وجود متغير ثالث أو أكثر غالباً ما يكون غير عشوائي مثل الزمن. مثلاً، الارتباط بين عدد حالات مرض السرطان وعدد الهواتف الخليوية الموزعة سنوياً! تُعتبر معاملات الارتباط الجزئي وسيلة لحذف تأثير هذه المتغيرات الدخيلة (Kunihiro et al., 2004). ويُعرف بالشكل التالي بين ثلاثة متغيرات X_1, X_2, X_3 ، ويمكن تعميمها من أجل أي عدد من المتغيرات:

$$r_{x_1, x_2, x_3} = \frac{r_{x_1, x_2} - r_{x_1, x_3} \cdot r_{x_2, x_3}}{\sqrt{(1 - r_{x_1, x_2}^2)(1 - r_{x_2, x_3}^2)}}$$

مثال (٧-١٠) الارتباط الجزئي.

لدينا عينة من ١٨ سيارة، حيث قمنا بتسجيل السعر، السرعة القصوى، واستطاعة السيارة، ثم جرى حساب معاملات الارتباط الخطي بين كل من المتغيرات بشكل مستقل كما يلي:

الاستطاعة	السرعة	السعر
٠,٧٩٨٧	٠,٥٨١٧	١
٠,٨٤٤٤	١	٠,٥٨١٧
١	٠,٨٤٤٤	٠,٧٩٨٧

عند عتبة ٥% فإن جميع الارتباطات السابقة ذات معنى (القيمة الحرجة من أجل ٥% تساوي ٠,٤٦٨٣)، ولنقم حالياً بحساب معامل الارتباط الخطي بين السعر والسرعة بعد معرفة الاستطاعة، فنجد أنه يساوي $-0.2874 = \frac{0.5817 - 0.7987x0.8444}{\sqrt{(1-0.7987^2)(1-0.8444^2)}}$ ، نلاحظ بأن الارتباط قد غير إشارته ولم تعد القيمة ذات معنى (القيمة الحرجة تساوي ٠,٤٨٢١).

١٠-٣-٢ الارتباط الخطي المتعدد بين متغير كمي وعدة متغيرات كمية

هذا المفهوم مفيد للغاية في نماذج الانحدار الخطي *Linear Regression* ونماذج الاقتصاد القياسي *Econometrics Models* (Stanton, 2001؛ Gujarati, 2003).

ليكن لدينا متغير كمي y و عدد p من المتغيرات الكمية الأخرى x_1, x_2, \dots, x_p ؛ نعرف معامل الارتباط الخطي المتعدد R بأنه أكبر قيمة لمعامل الارتباط الخطي بين y وتركيبية خطية من x_1, x_2, \dots, x_p :

$$R = \sup_{a_1, a_2, \dots, a_p} r(y; \sum_{j=1}^p a_j x^j) \text{ ويأخذ القيمة واحد } R = 1 \text{ إذا كانت } y = a_0 + \sum_{j=1}^p a_j x^j$$

١٠-٣-٣ العلاقة بين متغيرين مرتبين

في حالات عديدة، قد لا نتمكن من الحصول إلا على ترتيب الملاحظات وليس قيماً عددية؛ إما بسبب أن طبيعة المتغير ترتيبية (ترتيب أفضليات A, B, C) أو أن القيم العددية ليست ذات معنى ولا يهمننا إلا ترتيب هذه القيم (مثلاً، العلامة ٦٠ لا تعني أنها تساوي مرتين العلامة ٣٠). لذلك نلجأ إلى إسناد ترتيب للملاحظات من ١ إلى n بحسب المتغير، يعود دراسة الترابط بين المتغيرين في هذه الحالة إلى مقارنة الترتيبين وفقاً للمتغيرين:

الملاحظة	١	٢	٣	...	n
ترتيب قيم X	x_1	x_2	x_3		x_n
ترتيب قيم Y	y_1	y_2	y_3		y_n

القيم في هذه الحالة ليست إلا التباديل الممكنة للأعداد الطبيعية من ١ إلى n .

$$r_{xy} = \frac{\text{COV}(X_i, Y_i)}{S_x S_y} \text{ : Spearman }^{(٤٩)}$$

$r_{xy} = 1$ يعني أن الترتيبين متطابقين.

$r_{xy} = -1$ يعني أن الترتيبين متعاكسين تماماً.

$r_{xy} = 0$ يعني أن الترتيبين مستقلين.

لمعرفة فيما إذا كانت قيمة r_{xy} مقبولة بالنسبة لمستوى معنوية ما، نجري الاختبار الإحصائي المناسب كما سنرى لاحقاً.

معامل ارتباط الرتب τ — Kendall ^(٥٠): لمعرفة إذا كان المتغيرين العشوائيين X و Y يتغيران بنفس الاتجاه أو بالعكس، يمكن أن نأخذ بالاعتبار إشارة ناتج الضرب $(x_1 - x_2)(y_1 - y_2)$ حيث (x_1, y_1) و (x_2, y_2) ملاحظتين مستقلتين للزوج (X, Y) .

نعرف المعامل τ بالشكل الآتي $\tau = 2P((x_1 - x_2)(y_1 - y_2) > 0) - 1$

تتراوح قيمه بين -1 و $+1$ ويأخذ القيمة صفر عندما يتطابق X و Y :

$\tau = 1$ يعني أن الترتيبين متطابقين، و $\tau = -1$ يعني أن الترتيبين متعاكسين تماماً

مثال (٨-١٠) معامل الرتب.

١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	X_i
٧	١٠	٨	٩	٥	٦	٢	٤	١	٣	Y_i

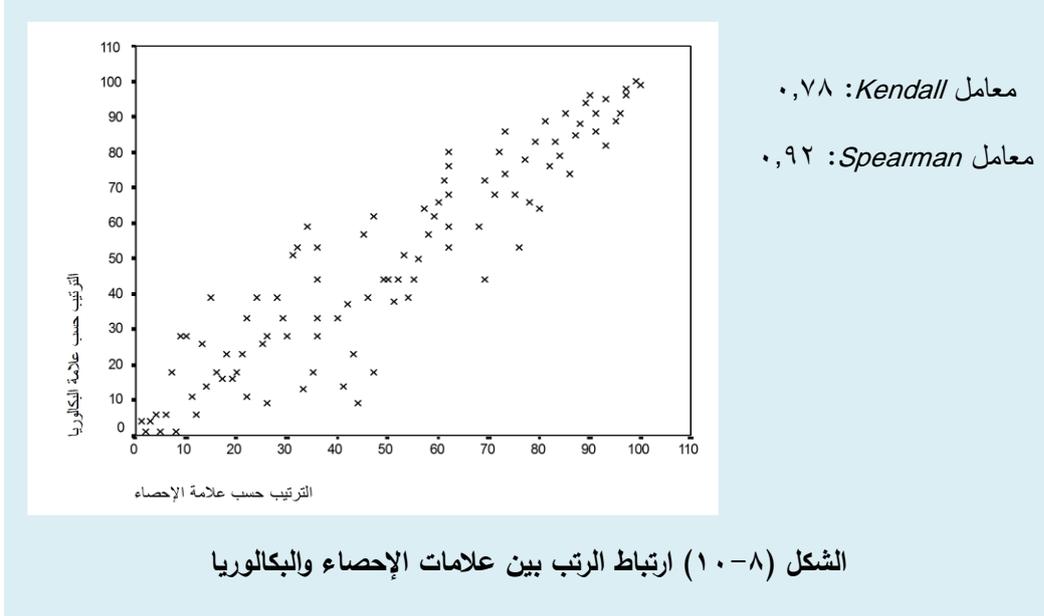
قيمة معامل ارتباط الرتب Spearman $r_{xy} = 0.84$ ، ولدى تطبيق الاختبار الخاص بالمعامل، نجد أن المنطقة الحرجة من أجل ٥% يساوي $k = \pm 0.648$ ، في حين المعامل τ يساوي 0.64 والمنطقة الحرجة من أجل ٥%: $\tau = \pm 0.49$ ، وفي الحالتين، يبدو أن الارتباط مقبولاً بين الترتيبين.

^{٤٩} Charles Edward Spearman (١٨٦٣-١٩٤٥) عالم نفس بريطاني عُرف بأعماله في الإحصاء الرياضي، ويُعتبر المؤسس الأول للتحليل العاملي Factor Analysis، ومن أهم أعماله General Intelligence الذي نشره عام ١٩٠٤ في مجلة The American Journal of Psychology.

^{٥٠} Sir Maurice George Kendall (١٩٠٧-١٩٨٣) إحصائي بريطاني، بالرغم من أعبائه خلال الحرب العالمية الثانية، نشر أهم أعماله The Advanced Theory of Statistics في مجلدين عامي ١٩٤٣ و ١٩٤٦.

مثال (٩-١٠).

يُمثل الشكل اللاحق (٨-١٠) مخطط ترتيب الطلاب وفق علامة البكالوريا ووفق علامة مقرر الإحصاء، ويبين معامل *Kendall* و *Spearman* أن هناك علاقة ارتباط بين الترتيبين.



١٠-٣-٣-٤ العلاقة بين متغيرين وصفيين

هي حالة شائعة جداً في الدراسات الاجتماعية والإقتصادية والإدارية، نظراً للطبيعة الوصفية للمتغيرات في هذه العلوم.

ليكن لدينا متغيرين وصفيين X و Y ، الأول له r فئة نضعها في الأسطر والثاني له s فئة نضعها في الأعمدة ولدينا n ملاحظة، ونمثل البيانات عادةً على شكل جدول ندعوه جدول التقاطع *CrossTab*، تمثل كل خلية i, j عدد تكرار كلا الفئتين X_i و Y_j بنفس الوقت.

يتم قراءة الجدول إما حسب الأسطر أو حسب الأعمدة، ويمكن حساب جدول التكرار النسبي (المعدل) للأسطر $p_{ij}^x = \left(\frac{n_{ij}}{n_i}\right)$ ؛ $\forall i$ و جدول التكرار النسبي للأعمدة $p_{ij}^y = \left(\frac{n_{ij}}{n_j}\right)$ ؛ $\forall j$.

حيث $n_{i.} = \sum_{j=1}^s n_{ij}$ هامش أو تكرار كل فئة من الأسطر $i=1, 2, \dots, r$ ، ويمثل توزيع المتغير X ، وحساب احتمال كل منها بتقسيم تكرارها على حجم العينة n : $p_i^x = \frac{n_{i.}}{n}$ ، وبالتالي نحصل على قانون

التوزيع الاحتمالي للمتغير X .

Y	y_1	y_2	\dots	y_j	\dots	y_s	
X							
x_1	n_{11}	n_{12}					$n_{1.}$
x_2	n_{21}	n_{22}					$n_{2.}$
\vdots							
x_j				n_{ij}			$n_{j.}$
\vdots							
x_r	n_{r1}					n_{rs}	$n_{r.}$
	$n_{.1}$	$n_{.2}$		$n_{.j}$		$n_{.s}$	N

وكذلك بالنسبة لفئات متغير الأعمدة حيث $n_{.j} = \sum_{i=1}^r n_{ij}$ هامش الأعمدة $s, j=1, 2, \dots$ ، وحساب احتمال كل منها بتقسيم تكرارها على حجم العينة $n: p_j^y = \frac{n_{.j}}{n}$ ، وبالتالي نحصل على قانون التوزيع الاحتمالي للمتغير Y .

يُترجم الحديث عن الاستقلال *Independence* بين فئات المتغيرين، أي أن معرفة X لا تؤثر على Y ، بأن احتمال كل خلية من الجدول التي تمثل تقاطع فئات X مع فئات Y هو حاصل جداء احتمالي الفئتين (نضع * لتمييزها عن التكرار الفعلي الملاحظ في الجدول n_{ij} أو أنها تجريبية):

$$n_{ij}^* = n \cdot p_i^x \cdot p_j^y = \frac{n_{i.} \cdot n_{.j}}{n} \quad \text{أو} \quad p_{ij} = p_i^x \cdot p_j^y = \frac{n_{i.}}{n} \cdot \frac{n_{.j}}{n}$$

وبالتالي، يكون لدينا من أجل كل خلية ij ، التكرار الفعلي n_{ij} والتكرار التجريبي n_{ij}^* الناتج عن توزيعي فئات المتغيرين، فمن المنطقي القول أنها إذا كان تكراري كل خلية متساويين فإن المتغيرين مستقلين أي أن معرفة أحدهما لا تؤثر على الآخر وإذا كانا مختلفين فيجب استخدام مقياس للفرق بينهما ونستخدم لهذه الغاية مقياس كاي مربع χ^2 الذي يعطي مجموع مربعات الفروقات النسبية بين التكرارات التجريبية والتكرارات الفعلية الملاحظة:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s \frac{(n_{ij} - \frac{n_{i.} \cdot n_{.j}}{n})^2}{\frac{n_{i.} \cdot n_{.j}}{n}} \quad \text{مقياس كاي مربع:}$$

نلاحظ أن χ^2 تساوي الصفر عند الاستقلال التام أي عندما يتساوى التكرارين الفعلي والتجريبى لكل خلية، وبأن $\chi^2 \leq \inf(s-1)(r-1)$ ، وتصل قيمة χ^2 حدا الأقصى في حال كان هناك ارتباط عالي بين المتغيرين، ندعو حاصل الجداء $(s-1)(r-1)$ بعدد درجات الحرية في علاقة χ^2 ، وسنرى

لاحقاً كيفية قياس مستوى معنوية الاستقلال بين المتغيرين لدى الحديث عن الاختبارات الإحصائية.

مثال (١٠-١٠) ارتباط كاي مربع.

أجرينا إحصائية بين ٣٠٠ طالب لمعرفة علاقة الفئة الاجتماعية والمهنية للأب والاختصاص الذي يرغب الطالب تسجيله في الجامعة، حصلنا على التوزيعات الآتية المبينة في الجدول [١٠-١].

الجدول [١٠-١] مثال، توزيعات اختصاص الطلبة حسب الفئة الاجتماعية

الفئة الاجتماعية للأب		الم رغوب الاختصاص				مجموع
		آداب	إدارة واقتصاد	هندسة	طب	
عام موظف	عدد	15	25	40	30	110
	اجتماعية فئة %	50.0%	29.4%	44.4%	31.6%	36.7%
	الاختصاص %	13.6%	22.7%	36.4%	27.3%	100.0%
خاص عمل	عدد	5	40	20	25	90
	اجتماعية فئة %	16.7%	47.1%	22.2%	26.3%	30.0%
	الاختصاص %	5.6%	44.4%	22.2%	27.8%	100.0%
يعمل لا	عدد	10	20	30	40	100
	اجتماعية فئة %	33.3%	23.5%	33.3%	42.1%	33.3%
	الاختصاص %	10.0%	20.0%	30.0%	40.0%	100.0%
مجموع	عدد	30	85	90	95	300
	اجتماعية فئة %	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	الاختصاص %	10.0%	28.3%	30.0%	31.7%	100.0%

تسمح دراسة جدول التكرار النسبي للأسطر بمعرفة توزع الاختصاصات المرغوبة للطلاب بحسب كل فئة اجتماعية، في حين تسمح دراسة جدول التكرار النسبي للأعمدة بمعرفة توزع الفئات الاجتماعية لكل من الاختصاصات.

١٠-٤ الاستنتاج الإحصائي *Statistical Inference*

تعتبر مشكلة التقديرات الإحصائية والاستنتاج من أكثر القضايا التي يحتاجها متخذ القرار، وغالباً ما يجد نفسه في مواجهة حالة الاختيار لأحد متغيرات القرار بين قيمة متعارف على صحتها يشوبها شيء من عدم الدقة وقيمة جديدة غير دقيقة لكن تم حصر مجال الشك فيها، القيمة الأولى تنتج عن حصر شامل لقيم المتغير، والثانية تنتج عن عملية الاعتيان، وبالتالي فإن الدقة فيها تعتمد على حجم العينة وتكلفة الحصول عليها، ونجد أنفسنا أمام مشكلتين:

أ. الأولى: مشكلة الاعتيان *Sampling* (اختيار العينات)، وتقدير متغيرات العينة بعد معرفة قيم

بعض متغيرات المجتمع.

ب. الثانية: مشكلة التقدير *Estimation*، بعد معرفة قيم بعض متغيرات العينة، كيف يمكن استنتاج

قيم نفس المتغيرات في مجتمع العينة؟

سننتحدث في هذه الفقرة عن هاتين القضيتين على أن نتحدث في الفقرة اللاحقة عن أهم الاختبارات الإحصائية المستخدمة لإنجاز التقديرات.

١٠-٤-١ الاعتيان *Sampling*

العينة بحجم n هي مجموعة جزئية من مجتمع حجمه N ، ويُحسب عدد العينات الممكنة بتوافق $C_N^n = \frac{N!}{n!(N-n)!}$ ، وبالتالي نحصل على قيم عددها بعدد العينات لكل من المتغيرات التي توصف العينة مثل التكرار f_n ، المتوسط m_n ، الانحراف المعياري s_n ، وغيرها، ونضيف الرمز n للإشارة إلى أنه خاص لعينات حجم كل منها n ، ومن الضروري جداً عند الحديث عن المتغيرات أن نحدد هل هو للمجتمع أو لعينة أو لتوزيع عينات؟

تعتمد جودة المعلومات المسحوبة عبر العينات على تعريفها وكيفية تحديد عناصرها، هناك طرق عديدة لسحب العينات يمكن تصنيفها في فئتين: انتقاء عملي أو تجريبي، وانتقاء عشوائي.

(A) الطرق التجريبية: هي الأكثر انتشاراً، لا يمكن حساب دقتها النظرية ولكنها أنت نتيجة لاستخداماتها المتكررة وفعاليتها عند التطبيق، منها:

(أ) طريقة النسب المنطقية: انتقاء عينات مع احترام توزيع محدد مسبقاً لنسب خصائص متغيرات المجتمع مثل الجنس، العمر، الوضع المهني ...، وهي سهلة الاستخدام تفترض أن توزيع العينة يعبر عن توزيع المجتمع.

(ب) طريقة الوحدات المعيارية: تفترض أن هناك وحدات قياسية تعبر بشكل كبير عن المجتمع، وقد أثبتت التجارب أيضاً فعاليتها. مثلاً: منطقة زراعية معبرة عن الوضع الزراعي للبلد بأكمله.

(B) الطرق العشوائية: انتقاء عشوائي وحساب الاحتمالات

أ- الطريقة البدائية: انتقاء عشوائي بمساعدة جدول الأرقام العشوائية، مع اعتبار أن احتمالات

انتقاء أيّ من العناصر متساوية، ولها متغيران: مع أو بدون إعادة، وتحكمها قوانين التوزيع الثنائي.

ب- طريقة الاستبيان من المجموعات المتجانسة: انتقاء عينة من مجموعات متجانسة من المجتمع *Strates*، تسمح بتحسين دقة التقديرات.

ج- طريقة الاستبيان المنتظم: انتقاء ملاحظات بشكل منتظم من قائمة معدة مسبقاً، بحيث يفصل بينها ترتيب معين. مثلاً: ملاحظة رقم ١، رقم ١١، رقم ٢١، ...

د- طريقة الاستبيان بحسب الفئات: انتقاء عشوائي لفئة أو عائلة من الملاحظات. مثلاً: ننتقي عدّة أبنية ونأخذ القاطنين في هذه الأبنية. تتبع إيجابيتها من بساطتها وتكلفتها القليلة، كلما كانت الأبنية متشابهة من حيث توزع القاطنين واختلفت نوعية القاطنين في نفس البناء كلما كانت العينة معبرة.

هـ- طريقة الاستبيان مع احتمالات غير متساوية: في حال كون الملاحظات متباينة مثل التجمعات السكنية فيمكن إجراء الانتقاء مع معدلات احتمالية متعلقة بعدد الملاحظات في نفس المجموعة، أو أي خاصية أخرى لها دور مميز.

و- طريقة الاستبيان بعدة مستويات، انتقاء بشكل متسلسل: المدن أولاً ثم الأحياء ثم الأبنية ثم القاطنين، ... وهكذا.

في أغلب الأحيان نعتبر أن حجم المجتمع غير منتهي، وتحتاج عملية الاستنتاج الإحصائي إلى رؤية واضحة وصريحة حول حجم العينة المطلوب.

١٠-٤-٢ مسألة تقدير المعدل *Proportion Estimation*

نراقب معدل تكرار f ظاهرة معينة في المجتمع لأحد المتغيرات، ونرغب بتقدير المجال الأكثر رجحاناً لأن تقع ضمنه قيمة التكرار الملاحظة لعينة حجمها n ، علماً أن نسبة تكرار الظاهرة المدروسة في المجتمع معروفة نرسم لها p ولحجم المجتمع N .

في الحقيقة، نحاكم على أساس معدل التكرار *Proportion* في العينة نرسم لها f_n ، حيث يتبع المتغير المدروس X قانون توزيع ثنائي في حالة المعدلات، وبالتالي فإن متغير التكرار الملاحظ f_n يتبع قانون

توزيع ثنائي أيضاً بعينة حجمها n : $B(n, f_n)$ ، ويمكن تقريبه بقانون توزيع طبيعي:

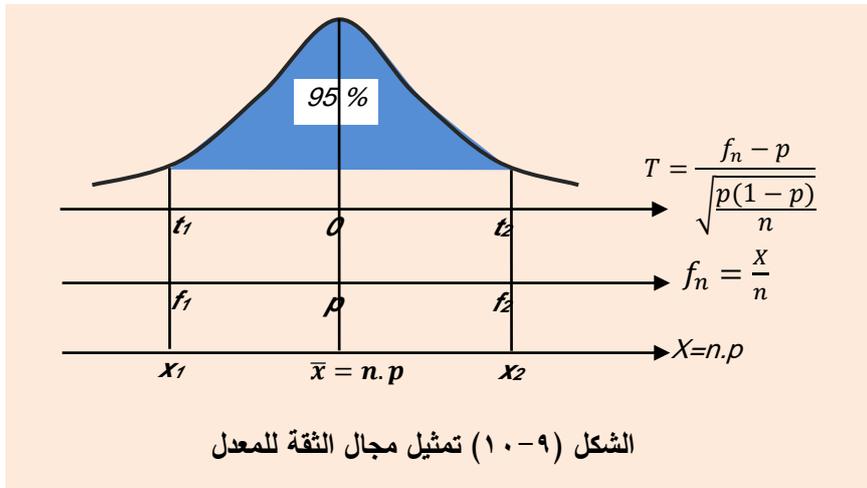
$$L(f_n) = B(n, f_n) \approx LG\left(p, \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}\right)$$

استناداً إلى هذا القانون، يمكن حساب مجال معدل العينة f_n من أجل احتمال محدد وندعوه مجال ثقة *Confidence Interval*، فالمسألة تصبح تحديد طرفي المجال f_1, f_2 بحيث يكون احتمال وقوع f_n ضمنها يساوي قيمة محددة مسبقاً ولتكن ٩٥%: $P(f_1 < f_n < f_2) = 95\%$. ولكي يتم ذلك، يجب حساب قيمة المتغير المختزل نرسم له T استناداً إلى قيم المتغير الأصلي X وذلك باعتماد التحويل $T = \frac{x_i - \mu}{\sigma}$ حيث μ هو متوسط المتغير X و σ هو انحرافه المعياري، وبذلك يمكن البحث في الجداول الإحصائية للتوزيع الطبيعي عن قيمة الاحتمال المقابلة لـ T .

يمكن ملاحظة على الشكل (١٠-١) تمثيل مجال الثقة عند مستوى ٩٥% من أجل متغير يمثل المعدل *Proportion*، وسنحتفظ فيما يلي بالمستوى ٩٥% تسهياً للحسابات.

من المفيد الإشارة إلى أن تفسير مجال الثقة ٩٥% لا يعني بالضرورة أنه من بين كل ١٠٠ حالة يعني أن ٩٥ ستقع حتماً ضمن مجال الثقة، فهناك دوماً احتمال ٥% ألا تقع القيمة المحسوبة للمعدل ضمن حدود مجال الثقة، وبالتالي يكون لدينا نوعان من الخطأ سنعود إليهما لاحقاً عند الحديث عن الاختبارات الإحصائية:

- أ- خطأ من الدرجة الأولى *Type I Error*: احتمال رفض الفرضية على خطأ.
- ب- خطأ من النوع الثاني *Type II Error*: احتمال قبول الفرضية على خطأ.



مثال (١٠-١١) تقدير المعدل.

ليكن لدينا المعدل الطبيعي (%) للأعطاب في منتج معين يساوي ١٠%، سحبنا عينة عشوائية من المنتج حجمها ٩٠٠ قطعة، فما هو مجال الثقة لمعدل الأعطاب في العينة مع احتمال ٩٥% (احتمال الخطأ $\alpha=5\%$)؟

المطلوب تحديد المجال $[f_1, f_2]$ بحيث $P(f_1 < f_{900} < f_2) = 95\%$ ولدينا $p=10\%$ ، $n=900$.

يتبع معدل العينة f_{900} قانون توزيع ثنائي يمكن مقارنته بقانون التوزيع الطبيعي متوسطه $\mu=0.1$

$$\text{وانحرافه المعياري } \sigma = \sqrt{\frac{0.1(1-0.1)}{900}} = 0.01 \quad L(f_{900}) = LG(0.1, 0.01)$$

بالعودة إلى جدول قانون التوزيع الطبيعي من أجل $\alpha=5\%$ ، نجد القيم المختزلة المقابلة لها $t_1=-$

1.96 و $t_2=+1.96$. ومن صيغة T يتم حساب f_1 و f_2 :

$$t_1 = -1.96 = \frac{f_1 - 0.1}{0.01} \quad \text{يؤدي } f_1 = 0.0804 \quad \text{و} \quad t_2 = +1.96 = \frac{f_2 - 0.1}{0.01} \quad \text{يؤدي } f_2 = 0.12$$

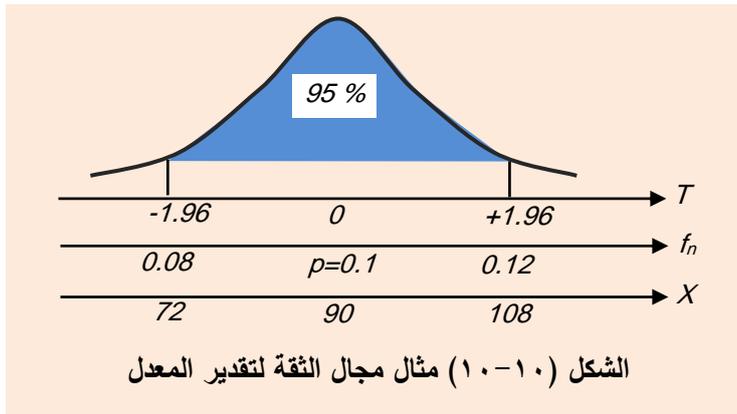
إذا لدينا احتمال ٩٥% أن يقع قيم معدل الأعطاب في العينة بين ٠.٠٨ و ٠.١٢، وتكتب بالشكل:

$$P(0.08 < f_{900} < 0.12) = 95\%$$

ويكون المجال الموافق لعدد القطع (التكرار) المعطوية يساوي المعدلات السابقة مضروباً بحجم

العينة: $P(0.08 \cdot 900 = 72 < X_{900} < 0.12 \cdot 900 = 108) = 95\%$ أي هناك احتمال يساوي ٩٥%

أن يكون عدد القطع المعطوية يتراوح بين ٧٢ قطعة و ١٠٨ قطع.



١٠-٤-٣ تقدير المتوسط Mean Estimation

بنفس المنهجية المعتمدة أعلاه لتقدير المعدل، يمكن تقدير مجال الثقة لمتوسط العينة، نفترض أيضاً أن المتغير المدروس يتبع قانون توزيع طبيعي $L(X_i) = LG(\mu, \sigma)$ ، وبالتالي فإن متوسط عينة حجمها n يتبع قانون توزيع طبيعي بنفس المتوسط وبانحراف معياري يساوي الانحراف المعياري للمتغير في المجتمع مقسوماً على جذر حجم العينة $L(\mu_n) = LG(\mu, \frac{\sigma}{\sqrt{n}})$ ، حيث μ_n هو متوسط عينة بحجم n ، وبعد معرفة قانون توزيع متوسطات العينات، يمكن الحصول على مجال الثقة $[x_1, x_2]$ بسهولة كما في حالة المعدل: $P(x_1 < \mu_n < x_2) = 95\%$.

يتم حساب t_1 و t_2 من أجل $\alpha=5\%$ من جداول التوزيع الطبيعي:

$$t_2 = +1.96 = \frac{x_2 - \mu}{\sigma} \quad \text{و} \quad t_1 = -1.96 = \frac{x_1 - \mu}{\sigma}$$

حيث المجاهيل الوحيدة هي x_1 و x_2 ، يتم حل المعادلتين للحصول على قيمها.

مثال (١٠-١٢) تقدير المتوسط.

ليكن لدينا المتوسط الطبيعي لعلامات الطلاب في المقرر يساوي ٧٠ والانحراف المعياري للعلامات يساوي ٢٠، سحبنا عينة عشوائية من المنتج حجمها ١٠٠ علامة، فما هو مجال الثقة لمتوسط العلامات في العينة مع احتمال ٩٥% (احتمال الخطأ $\alpha=5\%$)؟

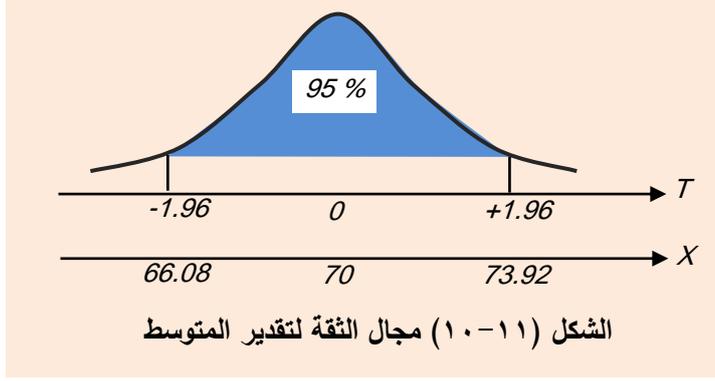
المطلوب تحديد المجال $[x_1, x_2]$ بحيث $P(x_1 < x_{100} < x_2) = 95\%$.

يتبع متوسط العينة x_{100} قانون توزيع طبيعي متوسطه $\mu=70$ ، وانحرافه المعياري $\sigma = \frac{20}{\sqrt{100}} = 2$ ،
 $L(x_{100}) = LG(70, 2)$

من جدول قانون التوزيع الطبيعي من أجل $\alpha=5\%$ ، نجد القيم المختزلة المقابلة لها $t_1 = -1.96$ و $t_2 = +1.96$. ومن صيغة T يتم حساب x_1 و x_2 :

$$x_2 = 73.92 \quad \text{يؤدي} \quad t_2 = +1.96 = \frac{x_2 - 70}{2} \quad \text{و} \quad x_1 = 66.08 \quad \text{يؤدي} \quad t_1 = -1.96 = \frac{x_1 - 70}{2}$$

إذا لدينا احتمال ٩٥% أن يقع قيم متوسط علامات طلاب العينة بين ٦٦,٠٨ و ٧٣,٩٢، وتكتب بالشكل $P(66.08 < x_{100} < 73.92) = 95\%$.



١٠-٤-٤ أشهر مقدرات متغيرات النزعة المركزية

نهتم في مسألة التقديرات بتقدير قيمة غير معروفة θ لأحد خصائص (متغيرات) المجتمع انطلاقاً من بيانات العينة، وذلك على شكل مجال ثقة، حيث سنعالج الحالات الأكثر انتشاراً، أي تلك التي يكون فيها θ تساوي المتوسط μ ، أو الانحراف المعياري σ ، أو المعدل ρ ، ولإيجاد أفضل قيم لـ θ يجب إيجاد أفضل مُقدّر *Estimator* استناداً إلى بيانات العينة، ويُقصد بالمقدّر أنه من أجل كل قيمة للمتغير في العينة، يمكن حساب ما يقابلها في المجتمع باحتمالات قابلة للحساب.

١٠-٤-٤-١ خصائص المُقدّر

عادةً ما نضع على المتغير θ إشارة $\hat{\theta}$ (طاقية) لنشير إلى أنه محسوب عبر المُقدّر $\hat{\theta}$ ، ونقول أن المقدّر بدون تحيز *Unbiased* إذا كان أمله الرياضي (متوسطه) يساوي قيمة المتغير الذي يُقدّره $E(\hat{\theta}) = \theta$ ، ونقول عنه أنه متقارب *Convergent* إذا كان تشنتته $V(\hat{\theta})$ ينتهي إلى الصفر عندما ينتهي حجم العينة إلى حجم المجتمع $\lim_{n \rightarrow N}(V(\hat{\theta})) \rightarrow 0$ ، ونقول عن مقدّر أنه فعال *Efficace* إذا كان تشنتته $V(\hat{\theta})$ أصغر ما يمكن من أجل حجم عينة محدد.

١٠-٤-٤-٢ المقدرات الأكثر انتشاراً

(أ) خاصية وصفية (أو متغير وصفي): حيث أن فئات الخاصية الوصفية لا تأخذ أعداداً حقيقية ذات معنى، نلجأ إلى حساب معدل كل من هذه الفئات p في المجتمع حيث قيمته مجهولة، و نلجأ إلى تقديره من عينة حجمها $n: \hat{p} = f$ حيث f هو معدل الفئة في العينة، ويكون لدينا:

تقدير معدل المجتمع عبر معدل الفئة في العينة: $\hat{p} = f$

التشتت $\hat{\sigma}^{*2} = V(\hat{f}_n) = \frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}$ إذا كان حجم المجتمع غير منتهي أو سحب مع إعادة، أو
 $\hat{\sigma}^{*2} = V(\hat{f}_n) = \frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n} \frac{N-n}{N-1}$ إذا كان المجتمع منتهي وحجمه N أو سحب بدون إعادة.

ب) خاصية كمية: سنرى من أجل المتوسط والتشتت.

ب-١) المقدر \hat{M} للمتوسط M

يمكن البرهان أن أفضل مقدر لمتوسط المجتمع M هو متوسط العينة m ويكون لدينا:

تقدير متوسط المجتمع عبر متوسط العينة: $\hat{M} = m$

ويتم استخدام تقدير الانحراف المعياري للعينة $\hat{\sigma}$ للتعبير عن الانحراف المعياري للمجتمع σ .

والتشتت $\hat{\sigma}^{*2} = V(\hat{m}_n) = \frac{\hat{\sigma}^2}{n}$ إذا كان المجتمع غير منتهي أو السحب مع إعادة، ويساوي
 $\hat{\sigma}^{*2} = V(\hat{m}_n) = \frac{\hat{\sigma}^2}{n} \frac{N-n}{N}$ إذا كان المجتمع منتهياً وحجمه N أو سحب بدون إعادة.

ب-٢) المقدر $\hat{\sigma}^2$ للتشتت σ^2

الأمل الرياضي لتشتت العينة s_n^2 هو $E(s_n^2) = \frac{n-1}{n} \sigma^2$

يمكن البرهان أن أفضل مقدر لتشتت المجتمع σ يأخذ الشكل الآتي $\hat{\sigma}^2 = \frac{ns^2}{n-1}$

في حال كان التوزيع طبيعياً، فيمكن تقدير التشتت حسب توزيع ستودنت من العينة كما يلي:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \text{ ويصبح التابع المختزل } t_{St.} = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}$$

١٠-٤-٣ تقدير المتوسط بمجال ثقة

يمكن البرهان أن المتغير العشوائي m_n المشكل من متوسطات عينات حجمها n يتبع قانون توزيع طبيعي مهما يكن قانون توزيع المتغير الأصلي X وذلك عندما تكون n كبيرة (نتيجة لنظرية النهاية المركزية)، ونكتب إذاً $L(m_n) = LG(M, \sigma^*)$ ، ويُحسب تشتت توزيع متوسطات العينات كما يلي

$$\sigma^{*2} = \frac{N-n}{N-1} \frac{\sigma^2}{n}$$

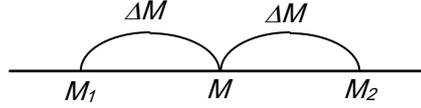
كما رأينا سابقاً، يجب تحديد طرفي المجال $[M_1, M_2]$ من أجل مستوى $1-\alpha$ من الدقة، ويتم ذلك

باللجوء إلى صيغ المتغير المختزلة ويكون لدينا من أجل احتمال خطأ $\alpha=5\%$ ومجال ثقة ٩٥% أي

$$:P(M_1 < M < M_2) = 95\%$$

$$.t_2 = +1.96 = \frac{M_2 - M}{\sigma^*} \quad \text{و} \quad t_1 = -1.96 = \frac{M_1 - M}{\sigma^*}$$

الدقة وحجم العينة: يمكن تقييم الدقة من أجل المتوسط m بشكل مطلق $(\bar{\Delta}M)$ عن قيمتي طرفي المجال M_1, M_2 ويُحسب من أجل $\alpha=5\%$ كما يلي $\Delta M = \bar{\Delta}(M_1 - m) = \bar{\Delta}1.96\sigma^*$



أو تقييم الدقة بشكل نسبة مئوية من المتوسط $(M\%)$ ، مما يتطلب معرفة قيمة M وهي غير معلومة لذلك نقوم بتقديرها عبر متوسط العينة $\hat{M} = m$ ونحسب الدقة النسبية $\frac{\Delta M}{M}$ من أجل $\alpha=5\%$ بالشكل

$$\cdot \frac{\Delta M}{M} = \frac{\bar{\Delta}1.96\sigma^*}{\hat{M}}$$

كما يمكن حساب حجم العينة n من أجل دقة ما محددة بشكل مسبق، أو مطلوبة كنسبة مئوية من قيمة المتوسط ولتكن $c\%$ ، فيُحسب حجم العينة من أجل $\alpha=5\%$ من الصيغة:

$$\frac{\Delta M}{M} = c\% = \frac{\bar{\Delta}1.96\sigma^*}{\hat{M}} = \frac{\bar{\Delta}1.96\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}{\hat{M}} \quad \text{التي تساوي}$$

يمكن عند الحاجة (عند غياب قيم بعض المتغيرات) تقريب قانون التوزيع الطبيعي لمتوسطات العينات بقانون ستودنت $L(m_n) = St_{n-1}(M, \hat{\sigma}^*)$.

١٠-٤-٣ تقدير التشتت بمجال ثقة

يمكن اتباع نفس المنهج المتبع أعلاه من أجل تقدير التشتت، مع فارق مهم أن يكون قانون توزيع المتغير هو طبيعي، أو يمكن تقريبه إلى قانون طبيعي.

تتمثل المسألة إذا بتقدير طرفي مجال الثقة لتشتت s_n^2 لعينة حجمها n $[s_1^2, s_2^2]$ ، وذلك من أجل احتمال خطأ α (نأخذ القيمة الأكثر انتشاراً $\alpha=5\%$).

يأتي حل هذه المسألة باستخدام قانون كاي مربع χ^2 ، حيث يمكن البرهان أنه إذا كان لدينا متغيرات عشوائية T_1, T_2, \dots, T_v مستقلة وجميعها تتبع قانون توزيع طبيعي $LG(0, 1)$ فإن مجموع مربعاتها

$$L(\sum_{i=1}^v T_i^2) = \chi_v^2$$

فإذا كان لدينا عينة عشوائية من n ملاحظة مستقلة لنفس المتغير العشوائي X يتبع قانون توزيع طبيعي بمتوسط M وبانحراف معياري σ ، يمكن الكتابة $L\left(\sum_{i=1}^n \frac{(x_i-M)^2}{\sigma^2}\right) = \chi_n^2$ ، ويمكن بالخاصة البرهان أن المقدار $\frac{n \cdot s_n^2}{\sigma^2}$ يتبع قانون توزيع كاي مربع بعدد درجات حرية تساوي $n-1$ ، وهكذا نكون قد حصلنا على قانون توزيع التشتت: $L\left(\frac{n \cdot s_n^2}{\sigma^2}\right) = \chi_{n-1}^2$

وبنفس الطريقة للحصول على مجال الثقة من أجل $\alpha=5\%$ نحصل على قيم s_1, s_2 :

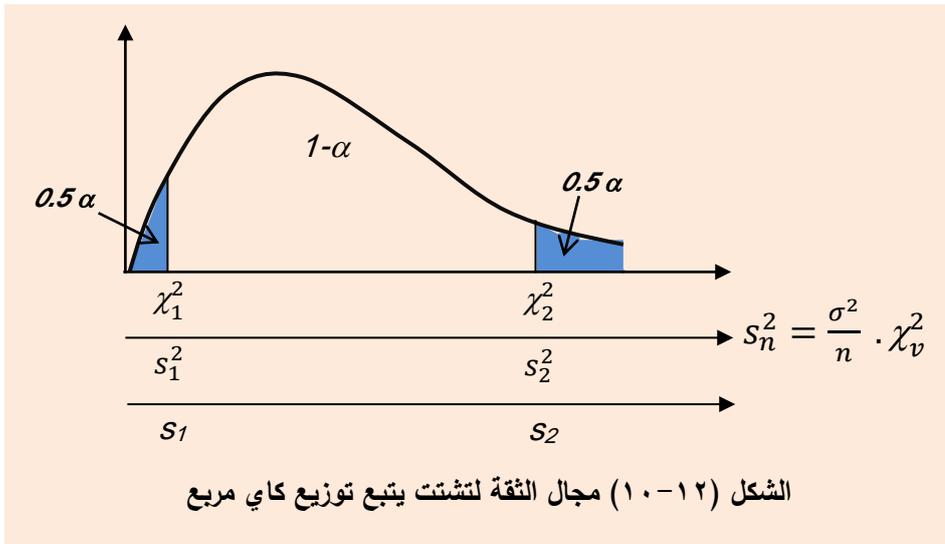
$$P(\chi_1^2 < \chi^2 < \chi_2^2) = P(s_1^2 < s_n^2 < s_2^2) = 1-\alpha$$

وبالبحث في جداول توزيع كاي مربع نجد قيمتي χ_1^2 و χ_2^2 من أجل قيمة α وعدد درجات الحرية، مع الانتباه إلى أن جداول χ_p^2 تعطي احتمال $P(\chi^2 > \chi_p^2) = p$ لذلك يجب تقسيم قيمة α إلى نصفين، وقراءة الجدول من أجل $\alpha_1=0.975$ و $\alpha_2=0.025$ وعند درجات الحرية المناسبة أي $v=n-1$ ، وأخيراً استخدام الصيغ لحساب طرفي المجال:

$$s_2^2 = \frac{\sigma^2}{n} \cdot \chi_1^2 \quad \text{والطرف الثاني للمجال} \quad s_1^2 = \frac{\sigma^2}{n} \cdot \chi_2^2$$

نلاحظ أن المجال قد لا يكون متناظراً وذلك بسبب كون توزيع كاي مربع ليس متناظراً بالأصل.

وفي حال أردنا تقدير تشتت المجتمع σ استناداً إلى تشتت عينة مسحوبة عشوائياً منه حجمها n ، فيمكن استخدام نفس الصيغة السابقة فنحصل على $\sigma^2 = \frac{n \cdot s_n^2}{\chi_{n-1}^2}$ ، ويمكن إنشاء مجال ثقة بنفس الطريقة السابقة تماماً مع التبديل بين s و σ .



١٠-٥ الاختبارات الإحصائية *Statistical Tests*

المسألة الأساسية للاستنتاج الإحصائي هي: انطلاقاً من ملاحظات عينة بحجم n ، هل يمكن استنتاج خصائص المجتمع الذي تنتمي إليه العينة؟ مثلاً، نبحث عن تقدير متوسط المجتمع μ انطلاقاً من متوسط العينة \bar{x} المفترض أنها معبرة عن المجتمع، حيث تلعب طريقة انتقاء الملاحظات دوراً هاماً في هذا التعبير، فالاختبار الإحصائي ليس مجرد تطبيق لمجموعة من الأدوات الرياضية، بل هو عملية *Process* بدءاً من تحديد المشكلة، وليس انتهاءً بقبول النتائج، بل الذهاب إلى التحقق من صحة القرارات الناجمة عن هذه النتائج.

١٠-٥-١ مثال أولي: طريقة جديدة لزيادة الهطولات المطرية

تم تسجيل كمية هطول الأمطار السنوية في إحدى المناطق، وبأن هذه الكميات تتبع قانون توزع طبيعي متوسطه ٦٠٠ ملم وانحرافه المعياري ١٠٠ ملم أي $LG(600, 100)$. ادعى مركز البحوث الزراعية بأنه قد تمكن من إيجاد طريقة جديدة تسمح بزيادة كمية الأمطار السنوية بحوالي ٥٠ ملم عبر استخدام نترات الفضة، للتأكد من ادعاء المركز، لا بد من التحقق عملياً منه، ولذلك تم تجربتها على مدى ٩ سنوات، فحصلنا على الكميات الآتية:

السنة	١٩٩١	١٩٩٢	١٩٩٣	١٩٩٤	١٩٩٥	١٩٩٦	١٩٩٧	١٩٩٨	١٩٩٩
الكمية الفعلية بـ ملم	٥١٠	٦١٤	٧٨٠	٥١٢	٥٠١	٥٣٤	٦٠٣	٧٨٨	٦٥٠

نلاحظ أن متوسط السنوات التسعة (العينة) يساوي حوالي ٦١٠ ملم، فماذا نستنتج؟ إما الطريقة ليس لها تأثير، أو أنها تؤدي إلى زيادة معدل هطول الأمطار وسطياً بـ ٥٠ ملم. يمكن صياغة هذه الفرضيات بالشكل الآتي:

X هو المتغير العشوائي الدال على كميات الأمطار السنوية و μ معدل الهطول السنوي:

الفرضية الأولى: $H_0: \mu_0=600 \text{ mm}$ مقابل الفرضية الثانية: $H_1: \mu_1=650 \text{ mm}$

يقول المزارعون بأنهم على استعداد لقبول الطريقة (الفرضية الثانية) في حال كان معدل الخطأ لا

يتجاوز ٥% من الحالات ($\alpha=5\%$)، فكيف يمكن أخذ قرار بصحة أو خطأ الطريقة؟

حيث أن المطلوب اختبار المتوسط μ فمن الطبيعي الاهتمام بمتوسط العينة \bar{x} باعتباره المقدّر الأنسب للمتوسط μ ، ويدعى \bar{x} متغير القرار *Decision Variable*.

إذا كانت H_0 صحيحة، فيجب على متوسط العينة أن يتبع قانون طبيعي بنفس متوسط المجتمع ٦٠٠ ملم وبتباين $\frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{100}{\sqrt{9}}$.

من حيث المبدأ، القيم الكبيرة لمتوسط العينة يكون احتمال حدوثها ضعيفاً، ولذلك نأخذ قاعدة القرار الآتية:

✓ إذا كان متوسط العينة \bar{x} أكبر من عتبة معينة k مع احتمال تجاوزها لا يزيد عن ٥% $(P(\bar{x} > k) = 5\%)$ فنقبل الفرضية البديلة H_1 مع احتمال ٥% بأن نكون على خطأ.

✓ إذا كان متوسط العينة \bar{x} أصغر من العتبة k فنحتفظ بالفرضية H_0 بسبب عدم كفاية الأدلة $(P(\bar{x} < k) = 95\%)$.

تُحسب العتبة k من جداول قانون التوزيع الطبيعي حسب الصيغة $t_{0.05} = 1.64 = \frac{k-\mu}{\sigma/\sqrt{n}}$ وبالتالي: $k = 600 + 1.64 \frac{100}{3} = 655$. وتصبح القاعدة:

إذا كان $\bar{x} > 655$: نرفض الفرضية H_0 ونقبل الفرضية H_1 .

إذا كان $\bar{x} < 655$: نحتفظ بالفرضية H_0 ونرفض الفرضية الثانية H_1 .

حيث أن متوسط العينة $\bar{x} = 610.2$ أقل من العتبة، فالنتيجة الاحتفاظ بالفرضية H_0 ، أي أن إسقاط الأمطار بطريقة نترات الفضة غير مجدية لزيادة معدل هطول الأمطار، فقد تكون القيم الملاحظة ناجمة عن الصدفة بمعزل عن تأثيرات طريقة نترات الفضة المبتكرة.

رغم نتائج الاختبار، لا يمكن التأكيد بشكل مطلق بأن الاحتفاظ بالفرضية H_0 يعني بأننا بمنأى عن الخطأ، في الواقع قد يكون مركز البحوث الزراعية على صواب، ولكن لم نستطع تأكيد ذلك، هناك طريقتان للوقوع في الخطأ:

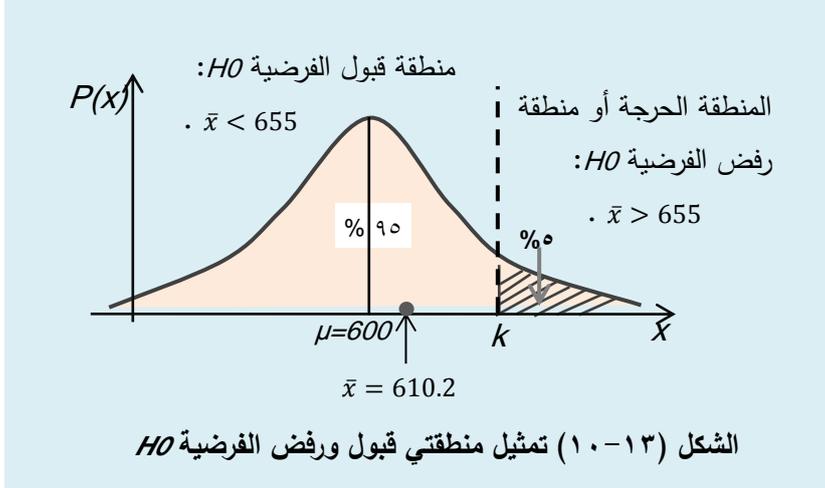
(أ) قبول الطريقة الجديدة رغم عدم صحتها.

(ب) أو عدم قبولها رغم أنها صحيحة.

علماً بأنه لا يمكن معرفة بأن الطريقة صحيحة، أو غير صحيحة، لنفترض بأن مركز البحوث الزراعية كان على صواب، أي أن متوسط هطول الأمطار السنوي يتبع قانون طبيعي جديد متوسطه 650 ملم وانحرافه المعياري 100/3: $LG(650, 100/3)$ ؛ في هذه الحالة نرتكب خطأ في كل مرة يأخذ X قيمة

$$\beta = P\left(X < \frac{655-650}{\frac{100}{3}}\right) = P(X < 0.15) = 0.56$$

أقل من 655 أي باحتمال كبير ندعوه المخاطرة من الدرجة الثانية β ؛ في حين تُدعى القيمة α المخاطرة من الدرجة الأولى.



١٠-٥-٢ مفاهيم الاختبار الإحصائي

الاختبار الإحصائي *Statistical Test* هو إجرائية المفاضلة بناءً على نتائج العينة بين فرضيتين H_0 و H_1 إحداهما فقط صحيحة، ونود أخذ قرار باختيار إحداهما فقط؛ يُنظر إلى الاختبار الإحصائي كأسلوب لتجنب اتخاذ القرار الخاطئ عبر تقدير احتمال مثل هكذا قرار.

هناك أربع حالات ممكنة نتيجة التقاطع بين خيارَي الواقع الفعلي وبين خيارَي القرار الممكن كما يوضح الجدول [٢-١٠].

الجدول [٢-١٠] حالات اختبار فرضية			
الواقع الفعلي			
	H_0 الفرضية الحالية صحيحة	H_1 الفرضية الجديدة صحيحة	
القرار	H_0 الاحتفاظ بالفرضية الحالية	$1 - \alpha$ خيار صحيح	β خطأ من النوع الثاني $Type II$
	H_1 قبول الفرضية الجديدة	α خطأ من النوع الأول $Type I$	$1 - \beta$ خيار صحيح

تفسر الأخطاء من الدرجة الأولى والثانية، كنوع من المخاطرة يأخذها متخذ القرار كما يلي:

✓ المخاطرة من الدرجة الأولى α : تعني احتمال قبول الفرضية الجديدة على خطأ، مع الانتباه إلى عدم تفسيرها كاحتمال لصحة الفرضية، وتُدعى القيمة α مستوى معنوية الاختبار *Significant Level*. في المثال الأولي، تعني احتمال قبول طريقة نترات الفضة في حين أنها لا تساوي شيئاً.

✓ وتعني المخاطرة من الدرجة الثانية β : احتمال الاحتفاظ بالفرضية الحالية على خطأ، وتدعى القيمة $1 - \beta$ (احتمال قبول H_1 على صواب) بقوة الاختبار *Test Power*. في المثال الأولي، تعني احتمال خسارة فرصة لزيادة معدل هطول الأمطار برفض الطريقة.

✓ غالباً ما يتم إسناد قيمة مباشرة لمعدلات الخطر من قبل المُختبر تتعلق بنزعتهم لقبول المخاطرة وبطبيعة المشكلة التي يعالجها، فأحياناً نقبل معدلات مخاطرة عالية في المشكلات العادية (شراء قميص، ...) ولكن على الأرجح ألا نقبل نفس المعدلات مع مشكلات حساسة مثل انفجار معمل كيماويات، أو خسارة استثمار بملايين الدولارات.

تُدعى الفرضية الحالية H_0 بفرضية العدم *Null Hypothesis*^(٥١)، ويحكم اختيارها أسباب عديدة:

أ- عدم الرغبة بالاستغناء المتكرر عن H_0 فيجب أن تكون قوية بما فيه الكفاية ولم تكذبها التجربة حتى تاريخه.

ب- قد يكون التمسك بـ H_0 نتيجة لأسباب غير موضوعية، عدم قبول التغيير مثلاً.

^{٥١}. أتى مصطلح فرضية العدم *Null Hypothesis* تاريخياً كمقارنة للمساواة بين مقدارين وكأنه مكافئ للقول أن اختبار الفرق بينهما يساوي الصفر أم لا؟

ج- غالباً ما تكون H_0 ذات طبيعة وقائية: اختبارات اللقاحات الجديدة مثلاً، يفضل البدء بفرضية ضعيفة ومن ثم نقضها.

د- H_0 فرضية سهلة الصياغة، مثلاً: اختبار $\mu = \mu_0$ ضد $\mu \neq \mu_0$.

وضع وحل مسألة الاختبار ليس إلا تحديد منطقتي قبول ورفض فرضية العدم:

✓ منطقة الرفض أو المنطقة الحرجة $Critical Region$: مجموعة قيم الاختبار الإحصائي التي نرفض فيها فرضية العدم H_0 ، نرسم لها بالشكل W .

✓ منطقة القبول: مجموعة قيم الاختبار التي يصعب فيها رفض فرضية العدم H_0 ، ونرسم لها بالشكل \bar{W} .

قد يكون من المفيد الإشارة إلى الفرق المنطقي في النظر إلى مصطلحي "قبول فرضية العدم" و "عدم رفضها"، فعدم الرفض يعني أنها كانت مفترضة صحيحة ولا يوجد مبررات لرفضها حتى تاريخه، في حين أن القول بقبول الفرضية البديلة يعني ضمناً أنه استطعنا إثبات صحتها لمجرد رفض فرضية العدم، وهذا استنتاج خطير خصوصاً إذا كنت قوة الاختبار ضعيفة.

تأخذ إجراءات الاختبار الإحصائي المراحل الآتية:

- (١) تحديد متغير القرار المطلوب إجراء الاختبار عليه.
- (٢) وضع فرضية العدم H_0 والفرضية البديلة H_1 بشكل واضح وصريح.
- (٣) تحديد مجتمع متغير القرار وبالتالي التوزيع، واختيار العينة وتوضيح كيفية اختيارها.
- (٤) تحديد الاختبار الإحصائي المناسب وليكن T ، والتأكد من توفر شروط تطبيقه.
- (٥) تحديد مستوى المعنوية α أي عتبة الاحتمال التي سيتم رفض فرضية العدم عندها، القيم الأكثر انتشاراً في العلوم الاجتماعية ١%، ٥%، ١٠%.
- (٦) تحديد شكل المنطقة الحرجة بحسب H_1 ، وحساب المنطقة الحرجة بحسب α فيما إذا كانت من طرف واحد أو من طرفي التوزيع.
- (٧) حساب القيمة الحرجة للاختبار من ملاحظات العينة $t_{calculated}$ ، يمكن إيجاد هذه القيم مثل هذه

القيم في جداول التوزيعات الإحصائية^(٥٢).

٨) القرار: رفض فرضية العدم H_0 إذا كانت القيمة المحسوبة $t_{calculated}$ تقع ضمن المنطقة الحرجة، وإلا عدم رفض فرضية العدم.

٩) حساب إضافي: حساب قوة الاختبار $1 - \beta$.

في العديد من الحالات، وبفرض فرضية العدم صحيحة، يتم حساب p -value احتمال الحصول على نتيجة محسوبة من العينة تساوي على الأقل قيمة الاختبار، إذا كانت p -value أقل من مستوى المعنوية المطلوب (أي أن القيمة المحسوبة تقع ضمن المنطقة الحرجة)، فإنه يجب رفض فرضية العدم وقبول الفرضية البديلة، وفي حال كانت p -value أكبر من مستوى المعنوية (القيمة المحسوبة خارج المنطقة الحرجة)، فلا يوجد مبررات كافية لرفض فرضية العدم، وفي حالة p -value قريبة من مستوى المعنوية فيجب الحذر والبحث عن مبررات إضافية لرفض فرضية العدم أو للحفاظ عليها؛ يتعلق احتمال رفض إذاً بعدة عوامل: مستوى المعنوية، الانحراف المعياري، حجم العينة، مدى البعد عن فرضية العدم، وأخيراً فيما إذا كان الاختبار من طرف واحد أو من طرفين.

إذا فالقضية الأساسية لمسألة الاختبار الإحصائي هي بتحديد المنطقة الحرجة W ، حيث نبحث عن المنطقة الحرجة المثلى كمجال من R^n وفق ملاحظات العينة (x_1, x_2, \dots, x_n) ، ويتم ذلك عبر تعظيم $Maximization$ لقوة الاختبار $1 - \beta$ من أجل قيمة معطاة لمعدل الخطأ من الدرجة الأولى α .

دون الدخول في التفاصيل النظرية لحل مسألة الاختبار $H_0: \theta = \theta_0$ ضد $H_1: \theta = \theta_1$

فقد حددت نظريه نيومان وبيرسون (Neyman & Pearson, 1933) المنطقة الحرجة بمجموعة النقاط

من R^n بحيث يكون $\frac{L(x, \theta_1)}{L(x, \theta_0)} > k_\alpha$ من أجل α محددة ومعروفة. حيث:

X متحول عشوائي ذو تابع كثافة $f(x, \theta)$ و θ متغير حقيقي غير معروف،

$L(x, \theta)$ تابع كثافة العينة لهذا المتغير،

المنطقة الحرجة W هي منطقة من R^n بحيث $P(W/H_0) = \int_W L(x, \theta_0) dx = \alpha$

^{٥٢}. مع توفر البرمجيات الإحصائية مثل SAS، SPSS، ... التي تعطي مباشرة احتمال وقوع القيمة ضمن المنطقة الحرجة، هناك توفير كبير في الجهد والبحث في الجداول.

$$.P(W/H1) = \int_W L(x, \theta_1) dx = 1 - \beta \text{ والهدف تعظيم}$$

١٠-٥-٣ مسألة اختبار معدلين *Test of Two Proportions*

سنحاول اتباع خطوات إجرائية الاختبار المذكورة أعلاه.

(١) متغير القرار الذي سيتم الاختبار عليه: معدل تكرار ظاهرة معينة. لدينا معدلان p_0, p_1 مختلفان، وليكن $p_0 < p_1$ ، فالسؤال أي من المعدلين يجب اعتماده؟

(٢) وضع الفرضيات:

الفرضية الأولى H_0 : معدل المجتمع يساوي p_0 .

الفرضية الثانية H_1 : معدل المجتمع يساوي p_1 .

(٣) تحديد مجتمع متغير القرار وبالتالي التوزيع، واختيار العينة وتوضيح كيفية اختيارها.

يتبع تكرار الظاهرة في المجتمع f قانون توزيع ثنائي، نفترض أن تم سحب عينتين منه بشكل عشوائي، وبالتالي يتبع تكرار الظاهرة في العينتين التوزيع الطبيعي، لكن بمتوسطين وانحرافين معياريين مختلفين:

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}} \text{ العينة الأولى بمتوسط } p_0 \text{ وانحراف معياري}$$

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{p_1(1-p_1)}{n}} \text{ العينة الثانية بمتوسط } p_1 \text{ وانحراف معياري}$$

(٤) تحديد الاختبار الإحصائي المناسب وليكن T : اختبار معدلين يتبعان قانون توزيع طبيعي.

(٥) تحديد مستوى المعنوية α أي عتبة الاحتمال التي سيتم رفض فرضية العدم عندها.

ليكن مستوى المعنوية α ، يمكن إيجاد قيمة t_α المقابلة من جدول قانون التوزيع الطبيعي، وحساب القيمة الحرجة k من صيغة المتغير المختزل $t = \frac{k-\mu}{\sigma}$ ، تحوي هذه المعادلة ثلاثة متغيرات k, p, n ، يكفي معرفة اثنان منها لحساب الثالث.

(٦) تحديد شكل المنطقة الحرجة حسب α .

نقرر قبول الفرضية الأولى H_0 إذا كان $f < k$

نقرر قبول الفرضية الثانية $H1$ إذا كان $f > k$

(٧) حساب القيمة الحرجة للاختبار من ملاحظات العينة $t_{calculated}$ ،

لتكن $H0$ هي الفرضية الصحيحة، يمكن استخدام المعادلة $t_{\alpha} = \frac{k-p_0}{\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}}$ لإيجاد قيمة k بعد

معرفة p_0 و n .

لتكن $H1$ هي الفرضية الصحيحة، يمكن استخدام المعادلة $t_{\beta} = \frac{k-p_1}{\sqrt{\frac{p_1(1-p_1)}{n}}}$ لإيجاد قيمة k بعد

معرفة p_1 و n .

(٨) القرار: رفض فرضية العدم $H0$ إذا كانت القيمة المحسوبة $t_{calculated}$ تقع ضمن المنطقة الحرجة، وإلا عدم رفضها.

(٩) حساب إضافي: حساب قوة الاختبار $1 - \beta$.

في الخلاصة، فإن مسألة حل اختبار فرضيات معدلين تقودنا إلى حل جملة معادلتين بمجهولين بعد معرفة اثنين من المجاهيل الأربعة n, k, α, β :

$$t_{\beta} = \frac{k-p_1}{\sqrt{\frac{p_1(1-p_1)}{n}}} \quad \text{والمعادلة الثانية:} \quad t_{\alpha} = \frac{k-p_0}{\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}}$$

فيكون لدينا أربع حالات الآتية:

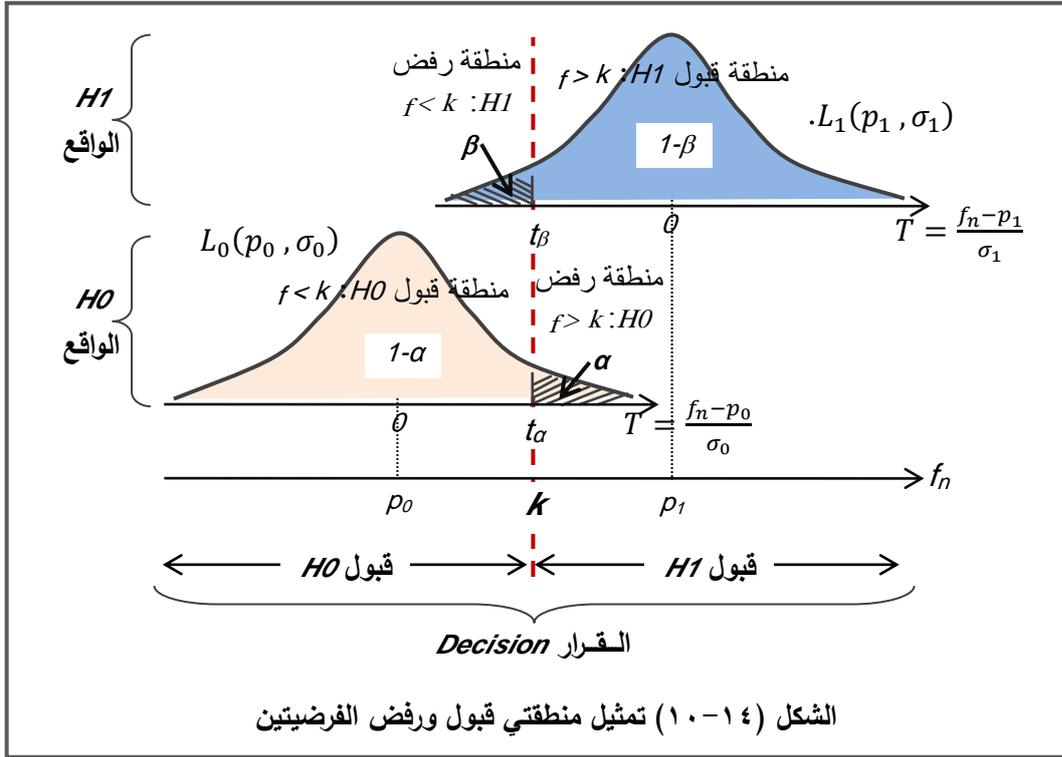
(أ) المجهولين n و α (أو β) معروفين: يجب حساب قيم k و β (أو α).

(ب) المجهولين k و α (أو β) معروفين: يجب حساب قيم n و β (أو α).

(ت) المجهولين k و n معروفين: يجب حساب قيم β و α .

(ث) المجهولين β و α معروفين: يجب حساب قيم k و n .

من الضروري الانتباه أثناء البحث في الجداول الإحصائية فيما إذا كانت المخاطرة من الجانبين أو من جانب واحد، إذا كانت من جانب واحد نبحت عن قيمة t_{α} المقابلة لـ α ، أما إذا كانت من الجانبين فنبحث عن قيمة $t_{\alpha/2}$ المقابلة لنصفها $0.5*\alpha$.



مثال (١٠-١٣) مثال مسألة اختبار المعدل.

لنناقش الحالة الأولى فقط حيث المجهولين n و α معروفين: حساب قيم k و β .

لدينا عينتين حجم كل منهما ٤٠٠ مفردة، وجدنا معدل تكرار الظاهرة في الأولى يساوي ١٠% ($p_0=0.1$) وفي الثانية يساوي ١٥% ($p_1=0.15$) ومعدل المخاطرة من الدرجة الأولى أو مستوى المعنوية يساوي ٥% $\alpha=5\%$.

الفرضية H_0 : المعدل يساوي ١٠%. الفرضية H_1 : المعدل يساوي ١٥%.

بالبحث في جدول التوزيع الطبيعي نجد قيمة $t_{0.5} = 1.96$:

$$\text{من المعادلة الأولى: } 1.96 = \frac{k-0.1}{\sqrt{\frac{0.1(1-0.1)}{400}}} \text{ يؤدي أن } k = 0.1294$$

$$\text{ومن المعادلة الثانية: } t_\beta = \frac{0.1294-0.15}{\sqrt{\frac{0.15(1-0.15)}{400}}} \text{ يؤدي أن } t_\beta = -1.154$$

ولدى البحث في جداول التوزيع الطبيعي نجد من أجل $t_\beta = -1.154$ ، فالاحتمال يساوي تقريباً

$$\beta = 12.1\%$$

القرار:

حيث أن $p_0 = 0.1$ هو أصغر من القيمة الحرجة $k = 0.1294$ ، فنقبل الفرضية H_0 بأن متوسط المجتمع يساوي ١٠% مع احتمال خطأ لا يتجاوز $\alpha = 5\%$.

حيث أن $p_1 = 0.15$ هو أكبر من القيمة الحرجة $k = 0.1294$ ، فنقبل الفرضية H_1 بأن متوسط المجتمع يساوي ١٥% مع احتمال خطأ لا يتجاوز $\beta = 12.3\%$.

الجدول [٣-١٠] مثال اختبار معديين			
الواقف الفعلي			
	H_0 صحيحة $p_0 = 0.1$	H_1 صحيحة $p_1 = 0.15$	
القرار	قبول H_0 $f < 0.1294$	$1 - \alpha = 95\%$ خيار صائب	$\beta = 12.3\%$
	قبول H_1 $f > 0.1294$	$\alpha = 5\%$	$1 - \beta = 87.7\%$ خيار صائب

في حال قرر متخذ القرار:

✓ قبول الفرضية الأولى H_0 ، فإن احتمال أن يكون المعدل يساوي ٠,١ علماً بأنه فعلياً هو ٠,١ يساوي ٩٥%، واحتمال أن يكون المعدل يساوي ٠,١ علماً بأنه فعلياً ليس ٠,١ يساوي ٥%، مع العلم أن هذه الاحتمالات هي تقديرات ولا يعلم متخذ فيما إذا كان المعدل يساوي أو لا يساوي ٠,١.

✓ قبول الفرضية الثانية H_1 ، فإن احتمال أن يكون المعدل يساوي ٠,١٥ علماً بأنه فعلياً هو ٠,١٥ يساوي ٨٧,٧%، واحتمال أن يكون المعدل يساوي ٠,١٥ علماً بأنه فعلياً لا يساوي ٠,١٥ يساوي ١٢,٣%، وأيضاً هذه الاحتمالات هي تقديرات ولا يعلم متخذ القرار فيما إذا كان المعدل يساوي أو لا يساوي ٠,١٥.

فالقرار إذاً يعود لمتخذ القرار ونزعتة على قبول المخاطرة، ولكن من المنطقي قبول الفرضية الأولى باعتبار أن معدل المخاطرة لا يتجاوز ٥%، وهي العتبة التي وضعها منذ بداية الاختبار، فالقرار الأنسب هو بقبول الفرضية الأولى H_0 بأن معدل الظاهرة المدروسة في المجتمع يساوي ٠,١ (١٠%)، وكما أشرنا سابقاً أن قبول الفرضية H_0 لا يكافئ رفض تلقائي للفرضية H_1 ، ولكي نقبل بهذه المحاكمة أن الفرضيتين مرشحتين للقبول، نقول أن ذلك يتعلق بظروف القرار في حينه، أو يمكن

قبول الفرضية الأولى في مناطق، أو في حالات معينة وقبول الثانية لمناطق، أو لحالات أخرى، فالنتائج التي توصلنا إليها أعلاه هي مجرد تقديرات إحصائية، والأهم أنها تعطي فكرة جيدة عن المخاطر التي يأخذها متخذ القرار في كل مرة يتخذ قراراً يتعلق بهذا الموضوع، ولا يجب النظر إليها أنها الحقيقة المطلقة، ولكي ننهي هذه المحاكمة لنفترض أن قيم α و β متقاربين جداً (5%، 1%، 5% مثلاً، وهذا ممكن في حال كان حجم العينة قليلاً)، فهل نقبل الأولى ونرفض الثانية لمجرد أن الفرق لا يتجاوز 1 بالألف؟ ونؤكد أن القرار النهائي هو لمتخذ القرار.

١-٥-٤ مسألة اختبار متوسطين *Means Tests*

من أكثر المسائل استخداماً في النشاطات الإدارية والاقتصادية، ويمكن تطبيق نفس المنهجية المتبعة لاختبار معدلين التي رأيناها أعلاه في حل مسألة اختبار المتوسطين. حيث تُطرح المسألة كاختبار بين فرضيتين:

الفرضية الأولى H_0 : قانون توزيع المتغير المدروس غير معروف، وبمتوسط M_0 وبانحراف معياري σ_0 .

الفرضية الثانية H_1 : قانون توزيع المتغير المدروس غير معروف، وبمتوسط M_1 وبانحراف معياري σ_1 .

ليكن لدينا عينة حجمها n وبمتوسط m_n ، وليكن α و β معدلي المخاطرة من الدرجة الأولى والثانية، تتمثل المسألة بتحديد القيمة الحرجة k وتطبيق قاعدة القرار التي رأيناها أعلاه:

قبول الفرضية الأولى H_0 إذا كان $m_n < k$

قبول الفرضية الثانية H_1 إذا كان $m_n > k$

تعطينا نظرية النهاية المركزية أن متوسطات العينات يتبع قانون توزيع طبيعي إذا كان حجم العينة كبيراً:

العينة الأولى من أجل H_0 : $L(m_n) = LG(M_0, \sigma_0^*)$ حيث $\sigma_0^* = \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}$

العينة الثانية من أجل H_1 : $L(m_n) = LG(M_1, \sigma_1^*)$ حيث $\sigma_1^* = \frac{\sigma_1}{\sqrt{n}}$

ونحل المسألة بحل جملة المعادلتين:

$$t_{\beta} = \frac{k-m_1}{\sigma_1/\sqrt{n}} \quad \text{والمعادلة الثانية:} \quad t_{\alpha} = \frac{k-m_0}{\sigma_0/\sqrt{n}} \quad \text{المعادلة الأولى:}$$

تحتوي هاتين المعادلتين أربعة مجاهيل k, n, α (أو t_{α})، β (أو t_{β})، ولدى معرفة أي اثنتين منها يمكن إيجاد الإثنتين الأخرين.

مثال (١٤-١٠) مثال اختبار متوسطين.

سنأخذ مثال بأن حجم العينة n والمخاطرة من الدرجة الأولى α معلومين، والمطلوب تحديد المخاطرة من الدرجة الثانية β والقيمة الحرجة k .

خلال العام الماضي وبعد دراسة مبيعات العطور الأسبوعية لأحد المخازن الكبرى تبين أنها كانت موزعة بشكل طبيعي بمتوسط يساوي ١٥٠٠ علبة وبتباين يساوي ٤٠٠ علبة. بذلت إدارة المخزن جهود متميزة لرفع معدل مبيعاتها بنسبة ٢٠% (قبل البدء بحملة إعلانية)، وارتأت أن تحكم على هذه الجهود من خلال مبيعات الأسابيع الأربع الأولى بعد إعادة تنظيم مبيعاتها، وكان حجم مبيعات الأسابيع الأربع كما يلي:

الأسبوع	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	المتوسط = ١٨٠٠
المبيعات	٢١٤٢	١٦٥٨	٢١٠٢	١٢٩٨	التباين المعياري = ٤٠٠

تتردد إدارة المخزن في الإقرار بأن مبيعاتها زادت فعلياً بالنسبة التي وضعتها (وبالتالي لم تعد بحاجة إلى الحملة الدعائية) أم أن هذه الزيادة كانت عرضية وما زالت محافظة على متوسطها القديم (وبالتالي الحملة ضرورية) مع العلم بأنها تقبل معدل خطأ لا يتجاوز ٢٠% أي معدل المخاطرة التي تأخذها في حال عدم اللجوء إلى الحملة الدعائية علماً بأنها كانت ضرورية، ولذلك طلبت حساب القيمة الحرجة التي من أجلها تلجأ أو لا تلجأ إلى الدعاية وكذلك المخاطرة التي تأخذها في حال قامت بالحملة الدعائية ولم تكن ضرورية. نأخذ حجم العينة عدد الأسابيع $n=4$ ، ونلاحظ بأنها قليلة.

فرضية العدم H_0 : المبيعات ما زالت محافظة على قانونها الطبيعي القديم بمتوسط $\mu_0=1500$

وبانحراف معياري $\sigma_0=400$

الفرضية البديلة H_1 : زادت نسبة المبيعات بمعدل ٢٠% وبالتالي أصبح المتوسط $\mu_0=1800$

وبانحراف المعياري $\sigma_0=400$

إذا كانت H_0 صحيحة: يتبع متوسط المبيعات قانون طبيعي بمتوسط $M_0=1500$ وبانحراف

$$\sigma_0^* = \frac{400}{\sqrt{4}} = 200 \text{ معياري}$$

إذا كانت H_1 صحيحة: متوسط المبيعات يتبع قانون طبيعي بمتوسط $M_1=1800$ وبانحراف

$$\sigma_1^* = \frac{400}{\sqrt{4}} = 200 \text{ معياري}$$

معدل المخاطرة من الدرجة الأولى = احتمال رفض H_0 على خطأ $\alpha=20\%$.

من المعادلة الأولى $t_\alpha = \frac{k-m_0}{\sigma_0/\sqrt{n}}$ نحسب القيمة الحرجة بعد البحث عن قيمة $t_{0.2}$ في جدول التوزيع الطبيعي.

$$k = 1668 \text{ فتكون القيمة الحرجة تساوي تقريباً } t_{0.2} = \frac{k-1500}{200} = 0.8416$$

ومن المعادلة الثانية $t_\beta = \frac{k-m_1}{\sigma_1/\sqrt{n}}$ نقوم بحساب t_β : ونبحث عن قيمة β المقابلة لها في جدول التوزيع الطبيعي:

$$\beta = 25\% \text{ فنجد قيمة المخاطرة من الدرجة الثانية تساوي تقريباً } t_\beta = \frac{1668-1800}{200} = -0.66$$

في حال قرر متخذ القرار:

✓ قبول الفرضية الأولى H_0 ، فإن احتمال أن يكون المتوسط يساوي ١٥٠٠ علماً بأنه فعلياً هو

١٥٠٠ يساوي ٨٠%، واحتمال أن يكون المتوسط يساوي ١٥٠٠ علماً بأنه فعلياً ليس ١٥٠٠

يساوي ٢٠%، مع العلم أنه لا يعلم فيما إذا كان المتوسط يساوي أو لا يساوي ١٥٠٠.

✓ قبول الفرضية الثانية H_1 ، فإن احتمال أن يكون المتوسط يساوي ١٨٠٠ علماً بأنه فعلياً هو

١٨٠٠ يساوي ٧٥%، واحتمال أن يكون المتوسط يساوي ١٨٠٠ علماً بأنه فعلياً لا يساوي

١٨٠٠ يساوي ٢٥%.

فالقرار المنطقي رفض فرضية البديلة H_1 باعتبار أن المتوسط الجديد يساوي ١٨٠٠ وهو أكبر من

القيمة الحرجة ١٦٦٨ مع معدل مخاطرة لا يتجاوز ٢٠%، في حين أن الإبقاء على الفرضية H_0

فهناك احتمال ٢٥% أن يكون الواقع مختلف (الفرضية H_1 هي الفعلية) والمخاطرة أعلى.

١-٥-٥ مسألة مقارنة توزيعين *Two Distributions*

تتمثل المسألة في معرفة فيما إذا كانت العينة مسحوبة من مجتمع محدد، أي مقارنة توزيع العينة مع

توزيع نظري معلوم، أو معرفة فيما إذا كانت الفروقات الملاحظة بين توزيع العينة والتوزيع النظري للمجتمع يمكن إرجاعها إلى تغيرات إحصائية طبيعية (نتيجة الاعتيان مثلاً)، أو العكس فيما إذا كانت هذه الفروقات كبيرة بحيث نقبل الفرضية H_0 بأن العينة مسحوبة من المجتمع النظري المحدد.

النهج المتبع لاختبار الفرضية في هذه الحالة مشابه إلى النهج المتبع في الفقرات السابقة: يتم حساب مؤشر الفرق بين توزيع ملاحظات العينة وتوزيع المجتمع، ويقارن مع القيمة الحرجة التي يتم إيجادها في جداول التوزيع الإحصائي، وبحسب إذا كان هذا المؤشر أكبر أو أصغر من القيمة الحرجة نرفض أو نقبل الفرضية H_0 ؛ مع ملاحظة أنه لا يتم تعريف فرضية بديلة في هذه الحالة لذلك لن نجد معدل للمخاطرة من الدرجة الثانية، ونستخدم عادةً اختبار كاي مربع χ^2 من أجل خاصية (متغير) وصفية، واختبار بيرسون $Pearson$ من أجل متغير كمي.

١٠-٥-٥-١ اختبار كاي مربع χ^2 للاستقلال بين خاصيتين وصفيتين

رأينا سابقاً لدى الحديث عن العلاقة بين متغيرين وصفيين كيفية حساب المؤشر لقياس الفرق بين تكرارات فئات متغيرين وصفيين، باستخدام كاي مربع χ^2 :

$$\cdot \chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s \frac{\left(n_{ij} - \frac{n_i \cdot n_j}{n} \right)^2}{\frac{n_i \cdot n_j}{n}}$$

تتبع تقريباً قيم هذا المؤشر كمتحول عشوائي قانون توزيع كاي مربع $\chi^2_{(r-1)(s-1)}$ بعدد درجات حرية $(s-1)(r-1)$ ، ويستخدم لاختبار الاستقلال بين المتغيرين.

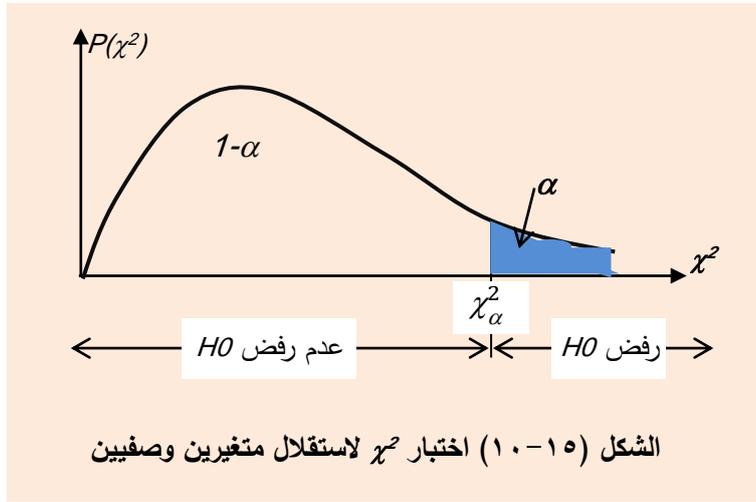
تنص فرضية الاستقلال H_0 بأن المتغيرين مستقلين عن بعضهما البعض، أي أن معرفة أحدهما لا يؤثر على معرفة الآخر، فمن أجل مستوى معنوية α نرفض فرضية الاستقلال إذا كانت القيمة المحسوبة χ^2_{cal} أكبر من القيمة الحرجة النظرية بعدد درجات حرية $(r-1)(s-1)$: $\chi^2_{(r-1)(s-1)}$ التي نجدها الجداول الإحصائية لتوزيع χ^2 (Corder & Foreman, 2014) (٥٣).

$$\cdot P(\chi^2_{cal} > \chi^2) = \alpha$$

^{٥٣} يعود وضع اختبار كاي مربع إلى عالم الإحصاء الرياضي البريطاني Frank Yates (١٩٠٢-١٩٩٤)، وأحد أعضاء فريق عمل بحوث العمليات خلال الحرب العالمية الثانية.

كما نلاحظ، يعتمد هذا الاختبار على التكرارات لذلك يجب أن تكون "كافية" للأخذ بنتائجه، عملياً يجب أن يكون التكرار في كل خلية أكبر من ٥ ملاحظات، ويُقصد بالخلية نقطة تقاطع أي فئتين من فئات المتغيرين.

في المثال (١٠-١٠) المذكور في الفقرة ١٠-٣-٣-٤، القيمة المحسوبة لكاي مربع $\chi^2_{cal} = 21.7$ لنأخذ $\alpha=5\%$ ، ونقرأ القيمة النظرية (الدرجة) من الجداول الإحصائية من أجل عدد درجات الحرية $\nu=(1-3)(1-4)=6$ نجد أنها تساوي $\chi^2=12.6$ ، حيث أن القيمة المحسوبة أكبر من القيمة الحرجة نرفض فرضية الاستقلال.



١٠-٥-٥-٢ اختبار الارتباط بين متغيرين كميين

بدايةً نشير إلى أنه لا يوجد ما يمنع من تجميع قيم المتغيرات الكمية في فئات، ثم تطبيق اختبار كاي مربع السابق، لكنه يبقى "فقيراً" بالمعلومات، فالأنسب استخدام علاقات الارتباط التي تحدثنا عنها سابقاً، خصوصاً إذا كان الارتباط له الشكل الخطي.

$$r_{xy} = \frac{\text{cov}(x_i, y_i)}{s_x s_y} : \text{Spearman}$$

لمعرفة فيما إذا كانت قيمة r_{xy} مقبولة بالنسبة لمستوى معنوية ما، نقارنها مع القيمة النظرية R_{xy} في جدول معاملات الارتباط لـ Spearman: إذا كانت $R_{xy} > k$ فهناك توافق بين الترتيبين، وإذا كانت $R_{xy} < -k$ فهناك عدم توافق بين الترتيبين.

$$\tau = 2 P((x_1-x_2)(y_1-y_2)>0)-1 \quad \text{Kendall } \tau$$

لمعرفة فيما إذا كانت قيمة المعامل τ مقبولة بالنسبة لمستوى معنوية ما، يمكن القبول بأن توزيع المعامل τ يتبع قانون توزيع لابلاس_غوص كما يلي $LG\left(0; \sqrt{\frac{2(2n+5)}{9n(n-1)}}\right)$ وبالتالي يمكن تحديد المنطقة الحرجة استناداً إلى هذه القانون.

١-٥-٦ الاختبارات الإحصائية الأكثر انتشاراً

نلخص في الجدول الآتي الاختبارات الإحصائية الأكثر انتشاراً، مع التذكير بأنه يتم لغالبية الاختبارات حساب قيمة الاختبار التجريبية (من الملاحظات) وتقارن مع قيمة نظرية بمستوى معنوية محدد α وفقاً لقانون توزيع احتمالي محدد، وغالباً ما تكون القيم النظرية مجدولة تسهيلاً لإيجادها عوضاً عن تطبيق قانون التوزيع، ثم يتم إقرار قبول أو رفض الفرضية.

ملاحظات	الصيغة الرياضية للاختبار	اسم الاختبار
توزيع طبيعي، $n > 30$ ، و σ معلوم. توزيع غير طبيعي: متراجحة .Chebyshev	$z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma} \sqrt{n}$	متوسط المجتمع: عينة واحدة One-Sample z-test $H_0: \bar{x} = \mu$
توزيع طبيعي، و σ للمجتمعين معلومين ومتساويين. عينات مستقلة، σ_1 و σ_2 معروفين. $d = \mu_1 - \mu_2$	$z = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$	متوسطي متوسطي مجتمعين: عينتين مستقلتين Two-sample z-test $H_0: \bar{x}_1 = \bar{x}_2$
توزيع طبيعي، $n < 30$ ، و σ غير معروف. استخدام توزيع ستيودنت t .	$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s} \sqrt{n}$ $df = n - 1$	متوسط مجتمع: عينة واحدة One-Sample t-test $H_0: \bar{x} = \mu$
توزيع طبيعي للفروقات، $n > 30$ ، و σ غير معروف، أو عينات صغيرة $n < 30$. $\mu_d = \mu_{x_i - y_i}$ متوسط فروقات الملاحظات: أن يكون $n.p > 10$ و $n(1-p) > 10$ والعينة عشوائية. التوزيع ثنائي.	$t = \frac{\bar{d} - \mu_d}{s_d} \sqrt{n}$ $df = n - 1$	فروقات المتوسط Paired t-test $H_0: \bar{d} = \mu_d$
$n_1 p_1 > 5$ ، وكذلك $n_1(1-p_1) > 5$. $n_2 p_2 > 5$ ، وكذلك $n_2(1-p_2) > 5$. التوزيع ثنائي.	$z = \frac{\hat{p} - p}{\sqrt{p(1-p)}} \sqrt{n}$	معدل واحد p One-proportion z-test $H_0: \hat{p} = p$
	$z = \frac{\hat{p}_1 - \hat{p}_2}{\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$ $\hat{p} = \frac{\hat{p}_1 n_1 + \hat{p}_2 n_2}{n_1 + n_2}$	تساوي معدلين مجتمعين p_1 ، p_2 Two-proportions z-test $H_0: p_1 = p_2$

مجتمع طبيعي، التشتت σ^2 غير معروف.

$$\chi^2 = (n - 1) \frac{s^2}{\sigma^2}$$

كاي مربع اختبار تشتت

المجتمع χ^2 test

$$H_0: s^2 = \sigma^2$$

كاي مربع مقارنة تكرارات

متوقعة E_i مع تكرارات

ملاحظة O_i

χ^2 test goodness of fit

كاي مربع استقلال متغيرين

χ^2 test for independence

n : حجم العينة،

كل تكرار متوقع لا يقل عن 5،

أو جميع التكرارات المتوقعة أكبر من 1

وليس أكثر من 20% منها أقل من 5.

p : عدد فئات المتغير الأول، q : عدد فئات

المتغير الثاني.

نفس الشروط أعلاه.

توزيعين طبيعيين، التشتت σ_1^2 و σ_2^2 غير

معلومين.

تطبيق توزيع فيشر F .

المتغيرين من توزيعين طبيعيين، العلاقة

خطية، استخدام ستيودنت بعدد درجات حرية

$n-2$ من الجانبين.

المتغيرين من توزيعين طبيعيين، العلاقة

خطية، التشتت مستقلين.

$$\mu z_1 = 1.1513 \log_{10} \left(\frac{1+r}{1-r} \right)$$

$$\sigma z_1 = \frac{1}{\sqrt{n-3}}$$

تابعي التوزيعي مستمرين، كل مفردة هي

ثنائية، فرق الترتيبين $d_i = x_i - y_i$.

تابعي التوزيعي مستمرين، كل مفردة هي

ثنائية، فرق الترتيبين $d_i = x_i - y_i$.

$Score$: النتيجة = 1 إذا كان $(x_i - y_i)$ و $(y_i -$

$x_i)$ من نفس الإشارة، وتساوي -1 إذا كانا

مختلفين بالإشارة، وصفر عدا ذلك.

جميع المجتمعات ذات توزيع طبيعي،

وتشتتات متساوية. العينات مستقلة.

حجم العينة j : n_j . حجم جميع العينات N :

$$N = \sum_{j=1}^K n_j$$

$$\bar{x}_j = \sum_{i=1}^n \frac{x_{ij}}{n_j}$$

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{K} \sum_i \sum_j x_{ij}$$

توزيع فيشر $F(\alpha, K-1, N-K)$

تابع التوزيع مستمر.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$df = n - 1$ = عدد المعاملات المقدر

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

$df = (p-1)(q-1)$

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

عدد درجات الحرية:

$$n_1 - 1, n_2 - 1$$

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

$$z = \frac{z_1 - \mu z_1}{\sigma z_1}$$

$$z_1 = \frac{1}{2} \log_e \left(\frac{1+r}{1-r} \right)$$

$$z = \frac{6R - n(n^2 - 1)}{n(n+1)\sqrt{n-1}}$$

$$R = \sum_{i=1}^n d_i^2$$

$$z = \frac{S}{\sqrt{n(n-1)(2n+5)/18}}$$

$Score$: مجموع نتائج ضرب
الإشارات

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

$$s_1^2 = \frac{\sum_j \sum_i (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{N - K}$$

$$s_2^2 = \frac{\sum_j n_j (\bar{x}_j - \bar{\bar{x}})^2}{K - 1}$$

$$s_T^2 = s_1^2 + s_2^2$$

$$D = |F - S_n|$$

تساوي تشتت مجتمعين:

عينتين عشوائيتين

Two-sample F test

$$H_0: s_1^2 = s_2^2$$

معامل الارتباط الخطي

t-test for Correlation Coefficient

$$H_0: r = 0$$

معامل الارتباط الخطي عن

قيمة محددة r_0

z-test for Correlation Coefficient

$$H_0: r = r_0$$

ارتباط الرتب Spearman

بين ترتيبين متغيرين

$$H_0: R = 0$$

ارتباط الرتب Kendall بين

ترتيبين متغيرين

$$H_0: R = 0$$

تحليل التشتت

Analysis of Variance

F-test for K Means

$$H_0: M_1 = M_2 = \dots = M_K$$

توزيع عينة مع توزيع نظري

<p>Kolmogorov-λ D Smirnov جدول توزيع نرفض الفرضية إذا $D > D\alpha$</p>	<p>S_n: التوزيع التراكمي للعينة F: التوزيع التراكمي للمجتمع</p>	<p>Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit H_0: العينة مسحوبة من المجتمع</p>
--	---	---

α : مستوى المعنوية، احتمال رفض فرضية العدم على خطأ.

n : حجم العينة، n_1 : حجم العينة الأولى، n_2 : حجم العينة الثانية. \bar{x} : متوسط حجم العينة.

μ : متوسط المجتمع. μ_1 : متوسط المجتمع الأول. μ_2 : متوسط المجتمع الثاني.

σ : الانحراف المعياري للمجتمع. σ^2 : تشتت المجتمع.

s : الانحراف المعياري للعينة. s^2 : الانحراف المعياري للعينة.

s_1 : الانحراف المعياري للعينة الأولى. s_2 : الانحراف المعياري للعينة الثانية.

t : اختبار t -test. F : اختبار فيشر F . df : عدد درجات الحرية.

\bar{d} : متوسط الفروقات للعينة. d : متوسط الفروقات للمجتمع. s_d : الانحراف المعياري للفروقات.

$\hat{p} = \frac{x}{n}$: معدل العينة. p : معدل المجتمع. p_1 : معدل (١). p_2 : معدل (٢). d_p : فرق المعدل.

O_i : التكرارات/القيم الملاحظة. E_i : القيمة المتوقعة/المقدرة.

اختبارات وأسئلة الفصل العاشر Tests

(١) أسئلة صح / خطأ True/False

خطأ	صح	السؤال
		١ تُدعى الخصائص التي يتمتع بها مجموعة من الأفراد المتشابهة بمتغيرات.
		٢ تُدعى أية مجموعات جزئية منتهية ومسحوبة من مجتمع إحصائي ما بمتغيرات.
		٣ تُصنف المتغيرات الإحصائية حسب طبيعتها متغيرات كمية أو وصفية.
		٤ في نظرية الاحتمالات، هناك الاحتمال التجريبي والاحتمال التكراري.
		٥ يُقصد بالإحصاء الوصفي توضيح خصائص العينة واقتراح فرضيات.
		٦ من أهم أهداف الإحصاء القراري تعميم الخصائص المستنتجة من العينة.
		٧ يُمثل المجتمع الإحصائي جميع المفردات التي تختلف كلياً في خصائصها.
		٨ تابع التوزيع الاحتمالي هو مشتق تابع الكثافة.
		٩ تكامل تابع الكثافة على كامل مجموعة الأعداد الحقيقية يساوي الواحد.
		١٠ تتبع جميع متغيرات المجتمع بالضرورة التوزيع الطبيعي.
		١١ المتوسط الحسابي هو أحد أهم مؤشرات الأمل الرياضي.
		١٢ التشتت هو مؤشر عن درجة تبعثر القيم حول الانحراف المعياري.
		١٣ متوسط القيمة الممركزة والمختزلة لمتغير عشوائي طبيعي يساوي الصفر.
		١٤ تصنف المتغيرات الكمية في نوعين هما مستمرة أو متقطعة.
		١٥ يُقصد بالنزعة المركزية توزيع القيم حول قيمة ما تبدو كمركز ثقل.
		١٦ مجموع فروقات القيم عن المتوسط الحسابي تساوي لانهاية.
		١٧ التمثيل البياني للبيانات هو الطريقة الأمثل لحساب المتوسط والتشتت.
		١٨ من أهم مؤشرات شكل التوزيع مؤشر التناظر ومؤشر التفلطح.
		١٩ أهم مؤشرات النزعة المركزية المتوسط الحسابي والوسيط والمنوال.
		٢٠ أهم مؤشرات التبعثر الانحراف المعياري، والمدى.
		٢١ يمكن من أجل أي متغيرين استخدام معامل الارتباط الخطي لدراسة العلاقة بينهما.
		٢٢ يقيس معامل الارتباط الخطي الاستقلال بين متغيرين.
		٢٣ يُستخدم مؤشر كاي مربع χ^2 لدراسة الاستقلال بين متغيرين وصفيين.
		٢٤ يُقصد بتقدير معدل المجتمع وضع مجال ثقة باحتمال محدد لأن تقع قيم المعدل ضمن هذا المجال.
		٢٥ يُقصد بمعدل المخاطرة من الدرجة الأولى احتمال رفض الفرضية على خطأ.
		٢٦ من أهم خصائص المقدر أن يكون بدون تحيز ومتقارب.

٢) أسئلة خيارات متعددة *Multiple Choices*

- ١- من أهم تقنيات الإحصاء الاستنتاجي أو القراري ما يلي:
- أ) تقدير متوسط مجتمع
ب) التحقق من فرضية أو الاختبار الإحصائي
ج) النمذجة والتنبؤ الإحصائي
د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٢- تُعتمد الطرق الآتية في اختيار العينة العشوائية:
- أ) القرعة
ب) جدول الأرقام العشوائية
ج) دواليب الحظ
د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٣- تُقسم العينات العشوائية إلى عدة أنواع أهمها:
- أ) البسيطة
ب) الطبقة
ج) المنتظمة
د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٤- تُعتمد الأساليب الآتية في جمع البيانات الإحصائية:
- أ) الحصر الشامل أو العينة
ب) تعداد جميع أفراد المجتمع
ج) تعداد جميع خصائص المجتمع
د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٥- ندعو تجربة بأنها عشوائية إذا:
- أ) أمكننا التنبؤ بنتيجتها مسبقاً
ب) إذا لم تكن معروفة أبداً
ج) لم نتمكن من التنبؤ بنتيجتها مسبقاً
د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٦- بالتعريف الحدث *Event* هو:
- أ) مجموعة جزئية من فضاء العينة
ب) كامل فضاء العينة
ج) التجربة العشوائية
د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٧- الحدث البسيط *Elementary Event* هو مجموعة تحوي:
- أ) عنصر واحد فقط
ب) عنصرين على الأقل
ج) جميع العناصر
د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٨- الحدث المركب *Compound Event* هو مجموعة تحوي:
- أ) عنصر واحد فقط
ب) عنصرين على الأقل
ج) جميع العناصر
د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٩- إذا تحقق الحدث A فإن متممه \bar{A} :
- أ) يتحقق أيضاً
ب) لا يتحقق
ج) يتحققان معاً
د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٠- إذا كان الحدث $A = \{\text{عامل}\}$ وكان الحدث $B = \{\text{قطاع عام}\}$ ، فإن تقاطع الحدثين $A \cap B$ يساوي:

- (أ) {عامل من القطاع العام}
 (ب) {عامل من القطاعين العام أو الخاص}
 (ج) {عامل من القطاع الخاص}
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١١- إذا كان احتمال الحدث A هو $P(A)$ واحتمال الحدث B هو $P(B)$ ، فإن احتمال اجتماع الحدثين $P(A \cup B)$ يساوي:

- (أ) $P(A \cup B) = P(A) + P(B)$
 (ب) $P(A \cup B) = P(A) + P(B) + P(A \cap B)$
 (ج) $P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٢- لدينا حدثان مستقلان A و B حيث احتمال A هو $P(A)$ واحتمال B هو $P(B)$ ، فإن احتمال التقاطع $P(A \cap B)$ يساوي:

- (أ) $P(A \cap B) = P(A) + P(B) - 2P(A)$
 (ب) $P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B)$
 (ج) $P(A \cap B) = P(A) + P(B)$
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٣- القيمة الممركزة والمختزلة لمتغير عشوائي X متوسطه μ وانحرافه المعياري σ تأخذ الشكل الآتي :

- (أ) $z = \frac{x - \mu}{\sigma}$
 (ب) $z = \frac{x + \mu}{\sigma^2}$
 (ج) $z = \frac{x + \mu}{\sqrt{\sigma}}$
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٤- المتوسط الحسابي \bar{x} لمجموعة من القيم x_i :

- (أ) $\bar{x} = n \sum_{i=1}^n x_i$
 (ب) $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
 (ج) $\bar{x} = \sum_{i=1}^n n x_i$
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٥- من أجل توزيع متناظر تماماً (حالة التوزيع الطبيعي) يكون لدينا:

- (أ) المتوسط الحسابي = الوسيط = المنوال
 (ب) المتوسط الحسابي = الوسيط ولا يساوي المنوال
 (ج) المتوسط الحسابي، الوسيط، المنوال غير متساوية
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٦- من أهم مؤشرات النزعة المركزية ما يلي:

- (أ) المتوسط الحسابي
 (ب) الوسيط
 (ج) المنوال
 (د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

١٧- الانحراف المعياري *Standard Deviation* لمجموعة من القيم x_i هو:

- (أ) متوسط فروقات (بالقيمة المطلقة) القيم عن المتوسط
 (ب) مربع قيم المتوسطات بالقيم المطلقة

(ج) مجموعات مربعات القيم المطلقة
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٨- التشتت لمجموعة من القيم x_i هو:

(أ) متوسط مجموع مربعات فروقات القيم عن المتوسط
(ب) مربع قيم المتوسطات بالقيم المطلقة
(ج) مجموعات مربعات القيم المطلقة
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٩- من أهم محاسن الانحراف المعياري ما يلي:

(أ) يأخذ جميع القيم بالاعتبار
(ب) يتمتع بكثير من الخواص الرياضية
(ج) لا يتغير عند إضافة أو طرح عدد من القيم
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

٢٠- من أهم مساوئ الانحراف المعياري ما يلي:

(أ) يتأثر بالقيم الحدية
(ب) قيمته أصغر للعينة مما عليه للمجتمع
(ج) لا يمكن حسابه من الجداول التكرارية
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

٢١- من أهم محاسن المتوسط الحسابي ما يلي:

(أ) وضوح المعنى
(ب) سهولة استخدامه وحسابه
(ج) تمتعه بخصائص رياضية
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

٢٢- في حال ضرب جميع القيم بعدد ثابت، فإن المتوسط الحسابي الجديد يساوي:

(أ) المتوسط السابق مضروباً بالسابق
(ب) المتوسط السابق نفسه
(ج) الصفر
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

٢٣- من أهم مساوئ المتوسط الحسابي ما يلي:

(أ) كونه يقع في المنتصف
(ب) تأثره بالقيم الشاذة والمتطرفة
(ج) يساوي مجموع القيم دوماً
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٢٤- أفضل مقدر لمتوسط المجتمع هو:

(أ) متوسط عينة عشوائية من المجتمع
(ب) الانحراف المعياري لعينة عشوائية
(ج) التشتت لعينة عشوائية
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٢٥- بشكل عام في الاختبارات الإحصائية، نرفض فرضية العدم إذا كانت قيمة الاختبار المحسوبة تجريبياً:

(أ) أصغر من القيمة النظرية
(ب) أكبر من القيمة النظرية
(ج) أكبر أو أصغر من القيمة النظرية
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

- ٢٦- يُقصد بالمنطقة الحرجة في الاختبارات الإحصائية:
- (أ) منطقة قبول الفرضية
(ب) منطقة الاختبار النظري
(ج) منطقة رفض الفرضية
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٢٧- يُقصد بالمخاطرة من الدرجة الثانية β في الاختبارات الإحصائية:
- (أ) احتمال قبول الفرضية البديلة على خطأ
(ب) احتمال قبول فرضية العدم على خطأ
(ج) احتمال صحة فرضية العدم
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٢٨- يجب بالضرورة من أجل أي اختبار إحصائي أن تكون بيانات المتغيرات المختبرة:
- (أ) من مجتمعات مختلفة
(ب) من نفس المجتمع
(ج) لا فرق في المجتمع طالما أن العينات متساوية
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٣) أسئلة \ قضايا للمناقشة

السؤال (١) الإحصاء الوصفي والإحصاء القراري.

٦. اشرح بإيجاز مفاهيم كل من النهجين الإحصاء الوصفي والإحصاء القراري.
٧. ما أهم أوجه التشابه والاختلاف بين النهجين.
٨. ما أهم العقبات التي تعيق تطبيق التقنيات الإحصائية بشكل سليم؟

السؤال (٢) إجرائية إنجاز الاختبارات الإحصائية.

- (١) اشرح بإيجاز آلية إنجاز الاختبارات الإحصائية بشكل عام.
- (٢) ما المحاذير من سوء استخدام الاختبارات الإحصائية.

السؤال (٣) شرح أحد لاختبارات الإحصائية.

اختر أحد الاختبارات الإحصائية الآتية، وشرح بالتفصيل كيفية إنجازه: اختبار المعدل، اختبار المتوسط، اختبار التشتت.

السؤال (٣) تمرين شامل.

ليكن لدينا البيانات الآتية من عينة عشوائية من علامات طلبة MBA في الجامعة لمقرري الإحصاء والاقتصاد وفق الجدول المبين في الصفحة اللاحقة، بفرض أن توزيع المجتمع طبيعي بالنسبة لجميع المتغيرات.

والمطلوب:

- (١) حساب المتوسط، الوسيط، المنوال لعلامات كل من المقررين.

- (٢) حساب المدى، التشتت، والانحراف المعياري لعلامات كل من المقررين.
- (٣) رسم مخطط الأعمدة، ومخطط التكرار *Histogram* لكل من المقررين.
- (٤) رسم مخطط التعثر لإظهار العلاقة بين علامات المقررين، وحساب معامل الارتباط الخطي بينهما، واختبار قيمة المعامل فيما إذا كانت معبرة إحصائياً عند مستوى معنوية $\alpha=5\%$.
- (٥) ما هو احتمال حصول الطالب في مقرر الإحصاء على علامة ٦٠، واحتمال الحصول على علامة ٧٠؟ وما هو احتمال حصوله على علامة بين ٦٠ و ٧٠؟ وما هو احتمال حصوله على علامة أكبر من ٨٠؟
- (٦) دراسة العلاقة بين جنس الطالب والحالة العائلية، ضع جدول أعمدته فئتي الجنس وأسطره فئات الحالة العائلية واحسب تكرار كل فئة، ثم إجراء اختبار كاي مربع 2% واستنتاج هل هناك استقلال بين المتغيرين.
- (٧) دراسة العلاقة بين علامة الطالب في الإحصاء والجنس، قم بتحويل العلامات إلى فئات طول كل منها ١٠ درجات، واختبر العلاقة بين فئتي الجنس وفئات العلامات الإحصاء باستخدام كاي مربع.
- (٨) احسب نسبة (معدل) كل من فئتي الذكور والإناث، واختبر فيما إذا كان المعدلين الناتجين متساويين أم لا عند مستوى معنوية $\alpha=5\%$ باستخدام اختبار المعدلات.
- (٩) يدعي الطلبة أن متوسط علامات الإحصاء قد انخفض كثيراً عن السنوات السابقة فقد كان سابقاً يساوي ٧٠ درجة وبانحراف معياري يساوي ١٠، قم بإجراء اختبار تساوي المتوسط الحالي مع المتوسط السابق لرفض أو قبول ادعاء الطلبة عند مستوى معنوي $\alpha=5\%$.

الحالة العائلية <i>Status</i>	الجنس <i>Gender</i>	الاقتصاد <i>Yi</i>	الإحصاء <i>Xi</i>	الطالب <i>i</i>
متزوج	ذكر	45	40	١
عازب	ذكر	48	50	٢
عازب	أنثى	60	45	٣
متزوج	ذكر	82	80	٤
متزوج	أنثى	70	75	٥
متزوج	ذكر	66	65	٦
متزوج	ذكر	50	46	٧
عازب	أنثى	70	80	٨
عازب	ذكر	80	92	٩
متزوج	أنثى	55	46	١٠
متزوج	أنثى	60	62	١١
عازب	أنثى	65	60	١٢
أخرى	ذكر	55	65	١٣
عازب	ذكر	58	62	١٤
عازب	ذكر	71	76	١٥
أخرى	أنثى	80	84	١٦
أخرى	أنثى	68	72	١٧
عازب	أنثى	72	75	١٨
أخرى	أنثى	75	70	١٩
أخرى	ذكر	83	90	٢٠
أخرى	ذكر	46	49	٢١
متزوج	أنثى	60	56	٢٢
متزوج	أنثى	65	65	٢٣
متزوج	أنثى	72	74	٢٤
أخرى	ذكر	56	55	٢٥
متزوج	أنثى	55	48	٢٦
عازب	ذكر	52	48	٢٧
عازب	أنثى	80	82	٢٨
أخرى	ذكر	80	78	٢٩
عازب	أنثى	70	60	٣٠

الفصل الحادي عشر: نماذج متعددة المعايير

Multiple Criteria Models



المتنبي (٥٤)

^{٥٤} أبو الطيب المتنبي (٩٦٥-٩١٥) هو أحمد بن الحسين بن الحسن بن الحسين بن علي بن عبد الله بن عبد شمس بن عبد مناف بن قصي بن كلاب بن مرة بن كعب بن لؤي بن غالب بن فهر بن مالك بن النضر بن كنانة بن خزيمة بن مدركة بن إلياس بن مضر بن نزار بن معد بن عدنان. من أعظم شعراء العرب وله مكانة سامية لامتلاكه قواعد ومفردات اللغة العربية، يقال أن ميميته أعلاه كانت سبباً في مقتله.

ملخص الفصل:

لا تعتبر مفاهيم الطرق متعددة المعايير جديدة في صناعة القرارات، لكن تطبيقاتها حديثة نسبياً كونها تتطلب الكثير من الحسابات، وكان للبرمجيات المعلوماتية دوراً مهماً ساهم في انتشارها في العقود الأخيرة؛ وتعتمد هذه النماذج على مفاهيم المقارنة الثنائية بين البدائل، ولا تفرض قيود كثيرة على تفضيلات متخذ القرار، لذلك تُعتبر من الطرق الأكثر واقعيةً لنمذجة التفضيلات، سنرى العديد من هذه النماذج بعد التعرف إلى مفاهيمها الأساسية، وعلى وجه الخصوص نماذج الانتخابات ونماذج الأولوية، ثم كيفية تطبيقها عبر أمثلة توضيحية تُظهر حسنات ومساوئ كل منها.

كلمات مفتاحية:

أمثلية باريتو *Pareto Optimal*، نموذج *Borda*، نموذج *Copeland*، نموذج *Condorcet*، نموذج *ELECTRE-III*، عتبات التفضيل *Preference Thresholds*، التوافق *Concordance*، المعارضة *Discordance*.

مخطط الفصل:

- ١-١١ مقدمة.
- ٢-١١ أمثلية باريتو *Pareto Optimum & Dominance*.
- ٣-١١ نماذج التعداد أو النماذج الانتخابية.
- ٤-١١ علاقة الأولوية *Outranking Relation*.
- ٥-١١ عتبات التفضيل *Preference Thresholds*.
- ٦-١١ مفهوم التوافق والمعارضة *Concordance & Discordance*.
- ٧-١١ طريقة *ELECTRE III*.
- ٨-١١ تطبيق على النماذج متعددة المعايير.

١-١١ مقدمة

رأينا العديد من الانتقادات ونقاط الضعف التي تعاني منها الطرق وحيدة المعيار الموجهة للبحث عن الحل الأمثل والبديل الأفضل، وأهمها التعويض والتعدي والاقتصار على علاقتي تفضيل وغيرها، يُمكن تجاوز بعض نقاط الضعف هذه، وذلك عبر وضع نماذج جديدة لا تفرض قيود بشكل مسبق لدى المفاضلة بين البدائل وإن كنا نفضل تواجدها، بمعنى آخر سنحاول الانتقال من نماذج الأمثلية *Optimality* إلى نماذج الحل بالتراضي *Comromise* عبر مفاهيم جديدة في مقدمتها المقارنة الثنائية وتخفيف الفرضيات.

مثال (١١-١) مثال تمهيدي: مقارنة بعض الحالات الصعبة.

لدينا جدول درجات الطلبة في مجموعة من المقررات متساوية في الأهمية g_1, \dots, g_4 ، كما هو مبين في الجدول [١١-١].

الجدول [١١-١] مثال تمهيدي، نماذج متعددة المعايير					
المجموع	مقرر g_4	مقرر g_3	مقرر g_2	مقرر g_1	
٢٠٠	٥٠	٥٠	٥٠	٥٠	طالب a
٢٠٠	٤٨	٤٩	٥٠	٥٣	طالب b
٢٠٠	١٠	٤٠	٥٨	٩٢	طالب c
٢٠٠	٧	٥٩	٤٠	٩٤	طالب d

بعض النظر عن أية طريقة في جميع التقييمات (مجموع الدرجات هو نفسه ٢٠٠ لجميع الطلبة)، لنحاول المقارنة بين هؤلاء الطلبة بالنظر إلى درجاتهم ودون أية فرضيات مسبقة، فقد نجد ما يلي:

- ✓ يمكن قبول أن الطالبين a و b متقاربان وربما هناك أرجحية بسيطة لصالح b ، فنقول أن b ليس أسوأ من a أو على الأقل متكافئين.
- ✓ بنفس المنطق، فقد نقبل نفس الحكم لدى مقارنة الطالبين c و d رغم الفروقات المتبادلة بينهما وفق المقررين الثاني والثالث، وذلك أن الفروقات البسيطة يمكن تعويضها من مقررات أخرى.
- ✓ وعلى الأغلب أن نجد صعوبة في مقارنة الطالب a مع كل من الطالبين c و d ، وذلك بسبب الفروقات الكبيرة في بعض المقررات التي نجد صعوبة في قبول تعويضها من مقررات أخرى، كذلك الأمر لدى مقارنة الطالب b مع c و d .

يتبين من المثال السابق، أن بعض الفروقات يمكن تعويضها وفروقات أخرى لا يمكن أو لا يجب تعويضها، وأحياناً نقبل أن فروقات بسيطة بين بدليين (فرق درجة أو درجتين بين الطالبين مثلاً) لا تعني أن أحد البدليين أفضل فعلاً من الآخر.

سنحاول في هذا الفصل التوجيه نحو نماذج جديدة تساعد في الخروج من منطق التكافؤ والتفضيل فقط، أو كيفية التعبير عن نقص المعلومات بعبوات التفضيل، أو حتى كيفية اتخاذ القرار في حال تقييمات غير كمية، والتي تعبر في العديد من مشكلات القرار عن نماذج التفضيلات الفعلية لمتخذي القرارات.

١١-٢ أمثلة باريتو *Pareto Optimum*

تعتبر طرق الهيمنة *Dominance* من الطرق الأولية في صناعة القرارات، حيث لا يوجد أية فرضيات أو خصائص مسبقة على علاقة المقارنة بين البدائل، ومعروفة بالأدبيات الاقتصادية بأمثلة باريتو^(٥٥)، تعتمد الطريقة على مفاهيم التغطية أو الهيمنة *Dominance* وهي قريبة من مفاهيم الأمثلة، وسنرمز لها بالشكل $a D b$ للقول بأن a يهيمن على b .

ليكن لدينا بدليين a, b ولتكن مجموعة المعايير g_j حيث $j=1, 2, \dots, J$ ، نقول أن البديل b يهيمن على البديل a إذا وفقط إذا كان تقييم b أكبر، أو يساوي تقييم a وفق جميع المعايير، ويوجد معيار واحد على الأقل يكون فيه تقييم b أكبر تماماً من تقييم a أي:

$$b D a \Leftrightarrow g_j(b) \geq g_j(a) \text{ مهما يكن } j=1, 2, \dots, J$$

و $\{k \in \{1, 2, \dots, J\} \mid g_k(b) > g_k(a)\} \neq \emptyset$ (تقرأ \exists يوجد على الأقل).

نقول عن بديل أن فعال بمفهوم باريتو *Pareto Efficiency* إذا لم نتمكن من إيجاد أي بديل آخر يهيمن عليه، أي لا يمكن إيجاد أي معيار يكون فيه تقييم بديل آخر أكبر من تقييمه.

^{٥٥} . *Vilfredo Frederico Damaso Pareto* (١٨٤٨-١٩٢٣)، عالم اقتصاد إيطالي، لديه العديد من المساهمات الهامة في علوم الاقتصاد خصوصاً في توزيع الدخل وخيارات الأفراد، هو صاحب مبدأ باريتو ٢٠-٨٠ أي أن ٢٠% من أفراد المجتمع يملكون ٨٠% من ثرواته و ٨٠% يملكون ٢٠% من هذه الثروات.

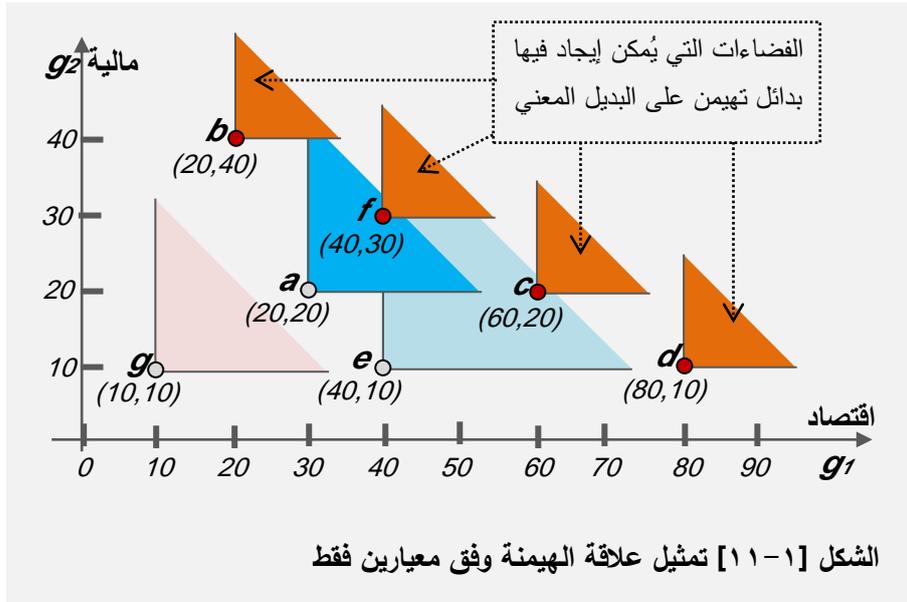
مثال (١١-٢) درجات الطلبة في مقررين.

ليكن لدينا جدول العلامات لمجموعة من الطلبة في مقرري الاقتصاد والمالية، كما يلي:

الطالب a	الطالب b	الطالب c	الطالب d	الطالب e	الطالب f	الطالب g	
٢٠	٢٠	٦٠	٨٠	٤٠	٤٠	١٠	مقرر الاقتصاد g_1
٢٠	٤٠	٢٠	١٠	١٠	٣٠	١٠	مقرر المالية g_2

حسب تعريف علاقة الهيمنة أعلاه وبالنظر إلى الشكل اللاحق [١١-١]، نجد ما يلي:

- ✓ الطالب g مهيم عليه من جميع الطلبة الآخرين، فيُستبعد من المفاضلة.
- ✓ الطالب a مهيم عليه من قبل الطالب f ، فيُستبعد a من المفاضلة.
- ✓ الطالب e مهيم عليه من قبل الطالب c ، فيُستبعد e من المفاضلة.
- ✓ الطلبة b, f, c, d جميعها فعالة بمفهوم باريتو، لا يوجد أي طالب يهيم على أي منها.



نلاحظ أن هذه الطريقة تعتمد على مفهوم المقارنة الثنائية بين كل بديلين، وتستخدم الترتيب الناجم عن تقييم البدائل فقط وذلك بغض النظر عن القيم ذاتها، أو الفروقات بين تقييمات البدائل، وكان يكفي لتطبيق الطريقة ترتيب الطلبة في كل مقرر بغض النظر عن الدرجات.

تعتبر طريقة الهيمنة من الطرق الوصفية الفعالة جداً، لكنها فقيرة على صعيد الحكم الإجمالي والتمييز بين البدائل، ويمكن تلمس أهم تطبيقاتها في الانتخابات، إذ أن الناخب يختار مرشح واحد بغض النظر

عن شدة تفضيلاته بين المرشح الذي اختاره والمرشحين الآخرين.

١١-٣ نماذج التعداد أو النماذج الانتخابية

تعتمد هذه النماذج على تعداد أصوات الناخبين لصالح كل من المرشحين، أو في أحسن الأحوال توزيع نقاط للمرشحين حسب ترتيب كل منهم؛ بالقياس إلى تعريف مشكلة القرار، نرى بوضوح أنه يمكن تمثيل البدائل بالمرشحين وتمثيل المعايير بالناخبين وطريقة الحكم الإجمالي بنموذج تجميع الأصوات.

تُطرح مشكلة الانتخابات كما يلي: لدينا عدد من المرشحين وعدد من الناخبين، حيث يقوم كل ناخب بترتيب المرشحين كلياً حسب الأفضلية بالنسبة له فنحصل على ترتيبات بعدد الناخبين، تبقى المعضلة في إيجاد الطريقة الإجمالية لتجميع هذه الترتيبات الجزئية في ترتيب إجمالي وحيد، أي طريقة للمحاكمة والتجميع الإجمالي.

لن نتعرض إلى المشكلة من وجهة نظر العلوم السياسية المتعلقة بأساليب تفويض السلطة عبر الانتخابات وهو ما ندعوه جوازاً بالممارسة الديمقراطية^(٥٦)، بل سنعرض لمجموعة من الطرق التي تصنف ضمن فئة النماذج متعددة المعايير، حيث يمكن تطبيقها في مجالات عديدة غير الانتخابات "السياسية" مثل انتخاب رئيس مجلس إدارة، انتقاء عرض من بين مجموعة العروض، انتقاء موظفين من خلال مسابقات ولجان التوظيف، ... الخ.

١١-٣-١ الطريقة البسيطة بتعداد الأصوات

الطريقة الأولى والبدائية لاختيار أحد المرشحين، هي بتعداد عدد أصوات كل من المرشحين الحائزين على المرتبة الأولى، واختيار المرشح الذي يحوز على أكبر عدد من الأصوات.

مثال (١١-٣) الطريقة البسيطة بتعداد الأصوات، نفس بيانات المثال التمهيدي.

^{٥٦}. ننصح بالعودة إلى دراسات حامل جائزة نوبل في الاقتصاد لعام ١٩٧٢ *Kenneth Arrow* في الخمسينات من القرن الماضي حول الخيارات الجماعية *Social Choices*، الذي درس المسألة بعمق وأثبت عدم وجود أسلوب انتخابات ديموقراطي إلا الطريقة الديكتاتورية.

لنأخذ نفس الطلبة (المرشحون) والمقررات (الناخبون) في المثال التمهيدي (١-١١)، فنجد ما يلي:

الطالب a : أتى مرة واحدة في المرتبة الأولى وهي في المقرر الرابع g_4 .

الطالب b : لم يأت في المرتبة الأولى أبداً.

الطالب c : أتى مرة واحدة في المرتبة الأولى وهي في المقرر الثاني g_2 .

الطالب d : أتى مرتين في المرتبة الأولى وفق المقررين الأول والثالث.

فيكون الترتيب النهائي: الطالب d في المرتبة الأولى، يليه الطالبين a و c في المرتبة الثانية، وفي المرتبة الأخيرة الطالب b .

نلاحظ من المثال أعلاه أن الطالبين a و b متقاربان جداً، ومع ذلك أتيا في مرتبتين مختلفتين، وليست هذه نقطة الضعف الوحيدة في تطبيق الطريقة، ففي العديد من الحالات لا نحصل على نتائج مرضية لعدم فعاليتها، كما سنرى من خلال الحالتين الآتيتين:

أ- الحالة الأولى: إذا كان لدينا ٣ مرشحين، و ٣ ناخبين، وقام كل من الناخبين باختيار مرشح

مختلف، فسنحصل على صوت واحد لكل مرشح، وبالتالي لا يمكن الاختيار فيما بينهم!

ب- الحالة الثانية: إذ كان لدينا ٣ مرشحين زيد وعمر و خالد، ولدينا ١٠٠ ناخب، حيث قام الناخبون

بترتيب المرشحين كما يلي: ٤٠ ناخب اختاروا زيد في المرتبة الأولى، و ٣٥ ناخب اختاروا

عمر، و ٢٥ ناخب اختاروا خالد، فالفائز سيكون طبعاً زيد؛ لنلاحظ أن ٦٠ ناخب (وهم الغالبية)

لا يريدون زيد في المرتبة الأولى، وبالتالي سيعترضون دوماً على قراراته ولن يستطيع أن يمارس

أية سلطة فعلية، أي لديهم القدرة على تعطيل القرار^(٥٧).

ت- يمكن أن نحصل على حالات أكثر تعقيداً، مثلاً إذا امتنع ٦٠% من الناخبين عن التصويت

(أي الغالبية)، فحتى لو حصل أي من المرشحين على جميع الأصوات المتبقية أي ٤٠%، فإنه

لا يحوز على الأغلبية! إذ لا يجب النظر إلى عدم تصويت بعض الناخبين بأنهم يرون المرشحين

^{٥٧}. يُقصد بتعطيل القرار تمكن بعض الأطراف من القدرة (قانونية، الأمر الواقع، ...) على منع تنفيذ القرار دون أن

يكون لدى هذه الأطراف القدرة على اعتماد قرار آخر.

متكافئين، بل يمكن اعتبار بأنهم لا يريدون أي من المرشحين.

١١-٣-٢ طريقة النقاط Borda

تتص طريقة بوردا $Borda^{(٥٨)}$ على إسناد نقاط لكل مرتبة ثم جمع نقاط المرشحين حسب ترتيب الناخبين لهم، ويتم الترتيب النهائي للمرشحين وفق مجموع النقاط التي حصلوا عليها.

ليكن لدينا N ناخب، و M مرشح، حيث يتم إسناد النقاط كما يلي:

M نقطة للمرتبة الأولى.

$M-1$ للمرتبة الثانية.

نقطتين للمرتبة ما قبل الأخيرة.

ونقطة واحدة للمرتبة الأخيرة.

فيكون مجموع نقاط كل مرشح m هو $X_m = \sum_{i=1}^n x_{mi}$ حيث x_{mi} نقاط ترتيب الناخب i للمرشح m .

مع الإشارة إلى أن الناخب قد يكون حزب، أو تكتل من الناخبين لديهم نفس التفضيلات.

مثال (١١-٤) طريقة Borda.

ليكن لدينا ٥ مرشحين: زيد، عمر، خالد، علي، محمد، وثلاثة ناخبين قاموا بترتيب المرشحين كما

هو مبين في الجدول الآتي [١١-٢].

الجدول [١١-٢] مثال، ترتيب المرشحين للناخبين					
الترتيب	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس
النقاط	٥	٤	٣	٢	١
الناخب الأول	زيد	عمر	خالد	علي	محمد
الناخب الثاني	زيد	عمر	خالد	محمد	علي
الناخب الثالث	خالد	علي	محمد	زيد	عمر

^{٥٨} الفارس Jean Charles de Borda (١٧٣٣-١٧٩٩) عضو الأكاديمية الفرنسية للعلوم، اعتمدت طريقته بشأن

انتخاب رئيس للأكاديمية عام ١٧٨١.

بحساب نقاط كل من المرشحين الخمسة، نجد:

$$\begin{aligned} \text{زيد: } 12 &= 2+0+0 \text{ نقطة.} & \text{عمر: } 9 &= 1+4+4 \text{ نقاط.} \\ \text{خالد: } 11 &= 3+3+0 \text{ نقطة.} & \text{علي: } 7 &= 4+1+2 \text{ نقاط.} \\ \text{محمد: } 6 &= 3+2+1 \text{ نقاط.} \end{aligned}$$

وبالتالي، يكون ترتيب المرشحين: الأول زيد، يليه خالد، ثم عمر، علي، وأخيراً محمد.

تعاني هذه الطريقة من ضعف خطير يتعلق بمجموع نقاط المرشحين في حال دخول أو استبعاد أحد المرشحين، كما يلي:

لنفترض بأن عمر قد انسحب أو أُبعد لسبب ما حيث يتم إسناد المرتبة الأخيرة له، ويتم إعادة ترتيب المرشحين دون تغيير ترتيب الناخبين للمرشحين، وإعادة حساب مجموع نقاط كل من المرشحين: يحصل زيد على 12 نقطة، وخالد على 13 نقطة، وعلي على 9 نقاط، ومحمد على 8 نقاط، ويحصل عمر طبعاً على 3 نقاط. ويصبح الترتيب النهائي، الأول: خالد، الثاني: زيد، الثالث: علي، الرابع: محمد، الخامس: عمر.

نلاحظ أن ترتيب زيد وخالد قد تغير كلياً، فبعد أن كان زيد قبل خالد في الحالة الأولى، أصبح بعده في هذه الحالة، أي أن ترتيب زيد وخالد لا يتعلق بترتيب الناخبين لهما فقط، بل يتعلق أيضاً بترتيب الناخبين لمرشح ثالث هو عمر، وهذا يناقض فرضية أساسية في صناعة القرارات المتعلقة باستقلالية البدائل، ويناقض أيضاً مبدأ مماثل من مبادئ الديمقراطية والمتعلق بالاستقلالية بين المرشحين.

١١-٣-٣ طريقة الأغلبية البسيطة Condorcet

تعتمد هذه الطريقة على تصويت الناخبين لكل الثنائيات الممكنة من المرشحين، ثم ترتيب المرشحين بحسب عدد المرات التي يفوز فيها كل مرشح على المرشحين الآخرين.

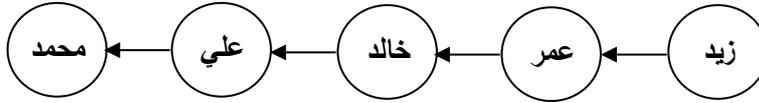
مثال (١١-٥) طريقة Condorcet^(٥٩).

لنأخذ بيانات المثال (١١-٤)، نجد أن: زيد أفضل من عمر، زيد أفضل من خالد، زيد أفضل من

^{٥٩}. الماركيز Caritat de Condorcet (١٧٤٣-١٧٩٤) عضو في أكاديمية العلوم الفرنسية في سن ٢٦ سنة وسكرتير

أبدي للأكاديمية منذ عام ١٧٧٦ حتى وفاته.

علي، عمر أفضل من خالد، خالد أفضل من علي، خالد أفضل من علي، ويصبح الترتيب النهائي:
زيد أفضل من عمر أفضل من خالد أفضل من علي أفضل من محمد.



تبدو هذه الطريقة أفضل من السابقة ولكن للأسف قد نحصل على حالات عدم تعدي، إذ لا يوجد ما يمنع أن نحصل على "زيد أفضل من عمر" و"عمر أفضل من خالد" و"خالد أفضل من زيد"! (راجع القضية الثانية في نهاية الفصل، تناقض Condorcet).

١١-٣-٤ طريقة الموافقة والمعارضة Copeland

تعتمد الطريقة على تعداد الأصوات الموافقة لكل ثنائية من المرشحين ثم إقرار الأفضلية لمن يحصل على أكبر عدد من الأصوات بينهما، حيث يحصل الفائز في هذه الحالة على ١ والخاسر على -١، ويحصل الاثنان على صفر في حال التساوي، ومن ثم يتم جمع نقاط كل مرشح، أي أن نقاط كل مرشح هي عدد الحالات التي يكون فيها المرشح أفضل من البقية مطروحاً منها عدد الحالات التي يكون فيها آخرون أفضل منه، وليست مجموع أصوات "مع" وأصوات "ضد".

مثال (٦-١١) طريقة Copeland (٦٠).

لدينا أربعة مرشحين زيد وعمر وخالد وعلي، وثلاثة ناخبين رتبوا المرشحين كما يلي:

الناخب الأول	الناخب الثاني	الناخب الثالث	الثاني	الثالث	الرابع
زيد	زيد	علي	عمر	خالد	علي
زيد	عمر	علي	عمر	علي	خالد
عمر	عمر	علي	خالد	علي	زيد

بالمقارنة الثنائية بين كل مرشحين اثنين، نحصل على مجموع حالات فوز كل مرشح:

المجموع	علي	خالد	عمر	زيد	
٣	١	١	١		زيد
١	١	١		١-	عمر
١ -	١		١-	١-	خالد
٣ -		١-	١-	١-	علي

مثلاً، لدى مقارنة زيد وعمر، نجد أن زيد قد أتى مرتين قبل عمر، فيحصل زيد على ١ فقط وعمر على ١-، وليس ٢ لزيد وواحد لعمر.

وبالتالي الترتيب النهائي للمرشحين: زيد أولاً، ثم عمر، ثم خالد، وأخيراً علي.

أيضاً، لا تخلو هذه الطريقة من أعراض الطرق السابقة، ففي حالات عديدة قد نحصل على نفس مجموع النقاط، وبالتالي لا يمكن الحسم لصالح أي من المرشحين (راجع القضية الثانية في نهاية الفصل).

تعتبر النماذج السابقة سواء طريقة باريتو، أو الطرق الانتخابية حالات خاصة من الحالة العامة لعلاقة الأولوية للمقارنة الثنائية بين كل بديلين، والتي سنتعرف على بعض مفاهيمها وخصائصها في الفقرة اللاحقة.

١١-٤ علاقة الأولوية *Outranking Relation*

سنقوم ببناء علاقة ثنائية ندعوها علاقة الأولوية *Outranking* بين أي بديلين للتعبير عن حالات التفضيل الإجمالي الممكن تواجدتها بينهما.

لنعرف العلاقة الثنائية S بين بديلين a, b من مجموعة البدائل A وفق معيار محدد z كما يلي:

$$a S_z b \Leftrightarrow g_z(a) \geq g_z(b) \text{ حيث } S_z \text{ تعني أن البديل } a \text{ ليس أسوأ من البديل } b \text{ وفق المعيار } z \text{ فقط.}$$

و $g_z(a)$: تقييم البديل a وفق المعيار z ، $g_z(b)$: تقييم البديل b وفق نفس المعيار z .

رأينا مثل هذه العلاقة في نظرية المنفعة ضمن فرضيات محددة، حيث كان التقييم الإجمالي هو المنفعة المتوقعة التي يتم حسابها وفق تابع المنفعة، ورأينا أن علاقة الأكبر < تُعبر عن حالة التفضيل

الأكيد، وعلاقة المساواة = تعبر عن حالة التكافؤ بين البديلين، فنحصل على علاقتي التفضيل والتكافؤ (الفقرة ٧-٢).

لا يوجد ما يمنع من تعريف علاقة الأولوية بشكل إجمالي وفق جميع المعايير مجتمعةً بين كل بديلين، كما يلي:

$$\forall a, b \in A \times A \quad a S b$$

تعني أن a ليست أسوأ من b بشكل إجمالي.

يتم الأخذ بالاعتبار في تعريف العلاقة تقييمات البديلين وفق جميع المعايير، وأوزان المعايير، وكذلك عتبات التفضيل وأية معلومات أخرى تفيد في المقارنة؛ لنترك حالياً الصيغ التحليلية لهذه العلاقة، ولنناقش كيف يمكنها المقارنة بين أي بديلين.

نأخذ بديلين a, b ونختبر شدة أولوية كل منهما على الآخر، أي (أولوية a على b) ثم (أولوية b على a)^(٦١)، فنحصل على أربع حالات للتفضيل سبق أن أشرنا إليها في الفقرة (٤-١)، والمبينة في الجدول [٣-١١]، كما يلي:

- (١) لدى اختبار $a S b$ ، فقد تكون مقبولة (تكتب بالشكل $a S b$)، أو غير مقبولة (تكتب $a \bar{S} b$)، مع الإشارة إلى أن عدم قبول العلاقة $a S b$ لا يعني قبول الحالة المعاكسة $a \bar{S} b$ بشكل تلقائي.
- (٢) وكذلك لدى اختبار العلاقة $b S a$ ، فقد نحصل على إحدى الحالتين: إما أنها مقبولة أو أنها غير مقبولة $b \bar{S} a$.

الجدول [٣-١١] تعريف حالات التفضيل الأربعة استناداً إلى علاقة الأولوية			
نتائج اختبار $b S a$			
مقبولة $(b S a)$	غير مقبولة $(b \bar{S} a)$		
تكافؤ: $a I b$	تفضيل لصالح a : $a P b$	مقبولة $(a S b)$	نتائج اختبار
تفضيل لصالح b : $b P a$	لا مقارنة: $a R b$	غير مقبولة $(a \bar{S} b)$	$a S b$

يجب أن تُحقق هذه العلاقة بعض الخصائص أهمها (Roy, 1991):

(أ) أن تكون انعكاسية أي $\forall a \in A$ فإن $a S a$ ، أي أن العلاقة محققة دوماً من أجل نفس البديل.

^{٦١}. بمعنى لا نفرض خاصية التناظر على العلاقة بشكل مسبق العلاقة S .

(ب) $a S_j b \forall j \in J \Rightarrow a S b$ أي إذا كانت مقبولة وفق جميع المعايير، فيجب أن تكون مقبولة بشكل إجمالي.

تأخذ الصيغ التحليلية (الرياضية) لتمثيل هذا النمط من العلاقات الثنائية بالاعتبار عوامل عديدة، يأتي في مقدمتها:

✓ طبيعة المعلومات المأخوذة عن المعايير مثل الأهمية النسبية للمعايير، أو عتبات التفضيل، أو قيم ترجيحية أو غيرها.

✓ مفهومي التوافق *Concordance* والمعارضة *Discordance*، المشابهين لمفهوم الأغلبية واحترام رأي الأقلية في نماذج الانتخابات.

✓ مبررات قبول العلاقة وشدة المصادقية المطلوبة من قبل متخذ القرار، أو مدى توفر المعلومات.

لنفترض أنه يمكن إيجاد مؤشر رياضي يُعبّر عن شدة الأولوية للعلاقة $a S b$ ندعوه مؤشر المصادقية *Credibility Index*، ونرمز له من أجل كل ثنائية من البدائل $a S b$ بالشكل $\sigma(a,b)$ ، ويأخذ قيماً بين الصفر والواحد [0، 1]، ويُفسر كما يلي:

✓ كلما اقتربت قيم مؤشر المصادقية من 1 كلما كانت مبررات القبول قوية وذات مصداقية عالية،

✓ كلما اقتربت قيمه من الصفر كلما كانت المبررات ومصادقية القبول ضعيفة،

✓ القيم القريبة من النصف تُشير إلى حالات تردد وحذر في قبول أو رفض العلاقة.

في جميع الأحوال، يعود تحديد عتبة قبول أو رفض الفرضية إلى متخذ القرار الذي يرى أن لديه مبررات كافية لتحديد عتبة مرتفعة أو منخفضة أو في جوار النصف.

مثال (٧-١١) مؤشر المصادقية لعلاقة الأولوية.

لنفرض أنه قد حصلنا على قيم لمؤشرات المصادقية لدى المقارنة بين بديلين a, b كما يلي:

لدى اختبار $a S b$ حصلنا على $\sigma(a,b)=0.6$

ولدى اختبار $b S a$ حصلنا على $\sigma(b,a)=0.3$

أ- لتكن عتبة القبول المحددة من قبل متخذ القرار تساوي ٥٠%. نستنتج أن $a S b$ مقبولة،

وبأن $b S a$ غير مقبولة، وبالعودة إلى الجدول [٣-١١] أعلاه نجد أن حالة التفضيل المقابلة هي هناك تفضيل لصالح البديل a ضد البديل b .

ب- إذا غير متخذ القرار من عتبة القبول لتصبح ٢٠%، نجد أن $a S b$ مقبولة وكذلك $b S a$ مقبولة، وتقابل حالة التكافؤ وفق نفس الجدول [٣-١١].

ت- وإذا تشدد متخذ القرار ليطلب مصداقية أكبر أي رفع مستوى عتبة القبول لتصبح ٧٠% مثلاً، فنجد أن $a S b$ غير مقبولة وكذلك $b S a$ غير مقبولة أيضاً، وتقابل حالة اللامقارنة وفق الجدول [٣-١١].

١١-٥ عتبات التفضيل Preference Thresholds

رأينا سابقاً كيفية الأخذ بالاعتبار لحالات نقص المعلومات عبر التقديرات الإحتمالية، ولكن الاحتمالات ليست الطريقة الوحيدة لتمثيل نقص المعلومات، إذ يمكن اعتبار بعض الفروقات بين تقييمات البدائل معبرة أو غير معبرة للانتقال من حالة تفضيل إلى أخرى، ندعو مثل هذه الفروقات بعتبات التفضيل *Preference Thresholds*.

يُقصد بالعتبة قيمة الفرق بين تقييمي بديلين لدى المقارنة بينهما وفق معيار محدد، حيث يمكن تعريف عتبات على معيار واحد أو أكثر كما يلي:

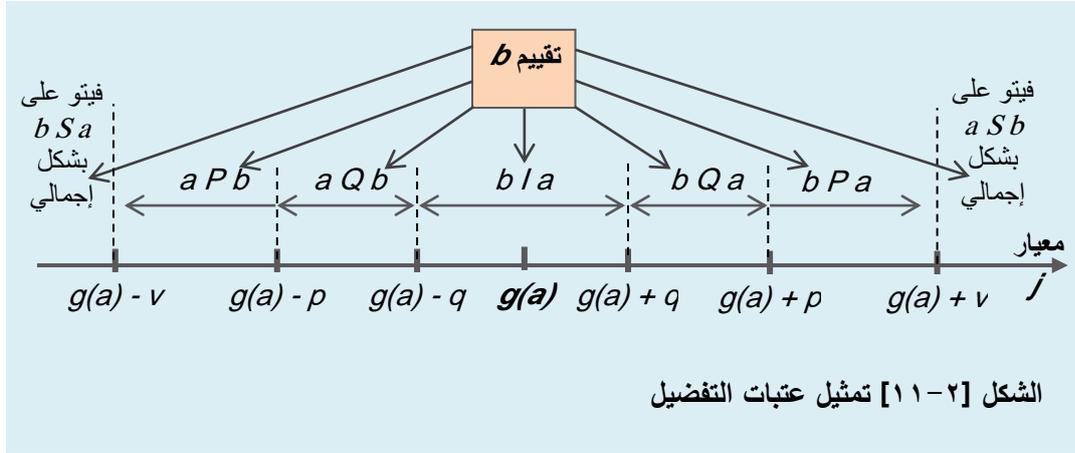
✓ عتبة التكافؤ q_j : العتبة التي لا تسمح بالتمييز بين البديلين، أي إذا كان الفرق بين تقييمي البديلين أقل منها فنعتبر أنهما متكافئان وفق المعيار z فقط.

✓ عتبة التفضيل الأكيد p_j : إذا كان الفرق بين تقييمي البديلين أكبر من هذه العتبة، فنعتبر أن البديل ذو التقييم الأكبر أفضل بالتأكيد من البديل الآخر وفق المعيار z فقط.

✓ عتبة الفيتو v_j : إذا كان الفرق بين تقييمي البديلين أكبر من هذه العتبة وفق المعيار z ، فلا يجوز قبول أن يكون البديل ذو التقييم الأقل بأولوية البديل الآخر بشكل إجمالي، وذلك مهما كان وضع البديلين في المعايير الأخرى، وتُعبّر هذه العتبة في حال وجودها عن أهمية كبيرة للمعيار.

في حال تعريف العتبات، يجب أن تكون عتبة الفيتو أكبر من عتبة التفضيل الأكيد وبدورها يجب أن تكون أكبر من عتبة التكافؤ وفق المعيار المعرفة عليه العتبات $v_j \geq p_j \geq q_j$.

لنلاحظ الشكل [١١-٢]، ولنميز حالات التفضيل وفق معيار واحد فقط، وذلك بعد إدخال العتبات المعرفة أعلاه.



- (١) إذا كان تقييم البديل b أكبر من القيمة $g(a) + p$ ، يمكن الجزم بأن b أفضل بشكل أكيد من a وفق هذا المعيار فقط: $b P a \Leftrightarrow g(b) > g(a) + p$.
- (٢) إذا كان تقييم البديل b بين $g(a) + p$ و $g(a) + q$ ، يكون لدينا تفضيل ضعيف لصالح b وفق هذا المعيار فقط: $b Q a \Leftrightarrow g(a) + q < g(b) \leq g(a) + p$.
- (٣) إذا كان تقييم البديل b بين القيمتين $g(a) - q$ و $g(a) + q$ ، يكون لدينا حالة تكافؤ بين البديلين وفق هذا المعيار فقط: $b I a \Leftrightarrow g(a) - q < g(b) \leq g(a) + q$.
- (٤) إذا كان تقييم البديل b بين القيمتين $g(a) - p$ و $g(a) - q$ ، يكون لدينا تفضيل ضعيف لصالح a وفق هذا المعيار فقط: $a Q b \Leftrightarrow g(a) - p < g(b) \leq g(a) - q$.
- (٥) إذا كان تقييم البديل b أصغر من القيمة $g(a) - p$ ، يمكن الجزم بأن a أفضل بشكل أكيد من b وفق هذا المعيار فقط: $a P b \Leftrightarrow g(b) \leq g(a) - p$.
- (٦) حالة فيتو: إذا كان تقييم البديل b أكبر من القيمة $g(a) + v$ وفق هذا المعيار فقط، فلا يمكن قبول أفضلية a على b بشكل إجمالي مهما كان وضع البديلين.
- (٧) حالة فيتو: إذا كان تقييم البديل b أصغر من القيمة $g(a) - v$ وفق هذا المعيار فقط، فلا يمكن قبول أفضلية b على a بشكل إجمالي مهما كان وضع البديلين.

مثال (٨-١١) نفس بيانات المثال التمهيدي.

لنأخذ نفس قيم العتبات لجميع المعايير، يمكن أن تكون مختلفة لكل معيار، كما يلي:

- ✓ عتبة التكافؤ $q = 5$ وذلك لجميع المعايير.
- ✓ عتبة التفضيل الأكيد $p = 10$ لجميع المعايير.
- ✓ عتبة الفيتو $v = 40$ لجميع المعايير.

لنناقش بعض الحالات:

- ✓ الطالبين a و b متكافئين وفق جميع المقررات لأن الفرق بين درجاتهم أقل من عتبة التكافؤ q ، وبالتالي يكونان متكافئين بشكل إجمالي.
- ✓ الطالب a أفضل من الطالب c وفق المقررين الثالث والرابع لكون الفرق بين الدرجات أكبر من عتبة التفضيل الأكيد $p = 10$ ، في حين أن c أفضل من a في المقررين الأول والثاني لنفس السبب، وبالتالي لا يمكن حسم أفضلية أي منهما بشكل إجمالي.
- ✓ الفرق بين درجتي الطالبين a و c تساوي 42 وهي أكبر من عتبة الفيتو $v = 40$ ، وبالتالي لا يجوز ترتيب a قبل c بشكل إجمالي مهما كان وضعهما في المقررات الأخرى حتى لو كانت جميعها لصالح a .
- ✓ وهكذا...، نتابع المقارنة بين جميع الطلبة مثلى مثلى.

١١-٦ التوافق والمعارضة *Concordance & Discordance*

تستند علاقة الأولوية المعرفة أعلاه S إلى تقدير حجم المعلومات التي لصالح الفرضية $a S b$ ، وهو ما ندعوه بمفهوم التوافق، وكذلك إلى تقدير حجم المعلومات التي تعارض الفرضية وهو ما ندعوه بمفهوم المعارضة؛ إذ يمكن مقارنة هذه المفاهيم بما يتم في الانتخابات، حيث يمثل الناخبون المعايير ويمثل المرشحون البدائل، ومن أجل القبول النهائي للفرضية $b S a$ يجب أن تجمع "غالبية كافية" مع احترام رأي "الأقلية" وعدم تعطيلها للقرار (انظر القضية الأولى في نهاية الفصل)، لنحاول توضيح هذه المفاهيم بشكل أكثر صرامة.

أ) التوافق *Concordance*: تقدير حجم الموافقة للفرضية $a S b$ سواء من حيث عدد المعايير

المتوافقة معها أو أوزانها أو فروقات التقييم؛ نقول عن معيار z أنه متوافق مع الفرضية $b S a$ إذا كان $g_j(b) \geq g_j(a) - q_j$ ، وندعو هذه المجموعة من المعايير بالتحالف $Coalition$ الموافق ونرمز له $C(b S a)$ ؛ كما نلاحظ أن هذا التحالف يمكن أن يشمل حالات تكافؤ أو تفضيل ضعيف أو تفضيل أكيد لصالح b وذلك حسب وضع البديلين وفق المعايير الداخلة في التحالف.

(ب) مفهوم المعارضة $Discordance$: تقدير حجم المعارضة للفرضية $b S a$ سواء من حيث عدد المعايير المعارضة أو أوزانها أو فروقات التقييم وفقها، ويُمكن أن تأتي هذه المعارضة بأسلوبين:

(ب-١) معارضة دون تعطيل للقرار تؤخذ بالاعتبار للتخفيف من مصداقية قبول الفرضية، ونقول عن معيار z أنه معارض للفرضية $b S a$ إذا كان a أفضل تماماً من b وفق هذا المعيار أي $g_j(a) > g_j(b) + p_j$ ، وندعو هذه المجموعة من المعايير بالتحالف المعارض ونرمز له $C(a P b)$.

(ب-٢) معارضة تؤدي إلى تعطيل كامل للقرار أي استخدام حق النقض $Veto$ ، ونقول عن معيار z أنه يعطل القرار أو يستخدم الفيتو ضد قبول الفرضية $b S a$ بشكل إجمالي إذا كان الفرق بين التقييمين لصالح a أكبر من عتبة الفيتو وفق هذا المعيار أي $g_j(a) - v_j > g_j(b)$ ؛ ولإلغاء مفعول الفيتو، يجب إما عدم تعريف قيمة للعتبة أو تعريف قيمة كبيرة أكبر من المقياس.

(ت) مجموعة المعايير المترددة تلك التي تبدو في جزء منها موافقة وفي جزء آخر معارضة، وتُشكل تكتل المعايير الخاصة بحالة التفضيل الضعيف لصالح a ، ونرمز لها بالشكل $C(a Q b)$ أي كل معيار z يحقق العلاقة: $g_j(a) - q < g_j(b) \leq g_j(a) - p$.

بالتالي، من أجل كل مقارنة ثنائية بين أي بديلين $b S a$ ، يتم تجزئة المعايير إلى ثلاث مجموعات:

- ✓ مجموعة متوافقة مع الفرضية $C(b S a)$: المعايير التي يكون فيها حالات التكافؤ، أو التفضيل الضعيف أو التفضيل الأكيد لصالح b .
- ✓ مجموعة معارضة تشكل التحالف $C(a P b)$: المعايير التي يكون فيها حالات التفضيل الأكيد

لصالح a .

✓ مجموعة مترددة بين الموافقة والمعارضة $C(a Q b)$: المعايير التي يكون فيها تفضيل ضعيف

لصالح a .

مثال (١١-٩) نفس بيانات المثال التمهيدي (١١-١).

الجدول [١١-٤] بيانات المثال التمهيدي لحساب تكتلات الموافقة والمعارضة					
المجموع	مقرر $g4$	مقرر $g3$	مقرر $g2$	مقرر $g1$	
٢٠٠	٥٠	٥٠	٥٠	٥٠	طالب a
٢٠٠	٤٨	٤٩	٥٠	٥٣	طالب b
٢٠٠	١٠	٤٠	٥٨	٩٢	طالب c
٢٠٠	٧	٥٩	٤٠	٩٤	طالب d
	٥	٥	٥	٥	عتبة التكافؤ q
	١٠	١٠	١٠	١٠	عتبة التفضيل p
	٤٠	٤٠	٤٠	٤٠	عتبة الفيتو v

لنحاول إيجاد مجموعات المعايير التي تشكل التحالفات السابقة والفيتو لبعض الحالات.

حالة (١) الطالب b ليس أسوأ من الطالب a أي اختبار العلاقة $b S a$.

أ) التحالف الموافق $C(b S a)$: نلاحظ أن جميع الفروقات هي أقل من عتبة التكافؤ وفق جميع المقررات (المعايير)، وبالتالي فإن جميع المقررات تدخل ضمن التحالف الموافق بأن b ليس أسوأ من a . نكتب $C(b S a) = \{g_1, g_2, g_3, g_4\}$.

ب) التحالف المعارض $C(a P b)$: لا يوجد أي مقرر يكون فيه الطالب a أفضل تماماً من الطالب b . نكتب $C(a P b) = \emptyset$ حيث \emptyset هي المجموعة الخالية.

ت) التحالف المتردد $C(a Q b)$: لا يوجد أي مقرر يكون فيه الطالب a أفضل بشكل ضعيف تماماً من الطالب b . نكتب $C(a Q b) = \emptyset$.

ث) الفيتو: لا يوجد أي مقرر يعترض بشكل مطلق على قبول الفرضية (لا يوجد فيتو).

باعتبار أن العلاقة $b S_i a$ محققة وفق جميع المعايير i ولا يوجد أية معارضة، وبالتالي فهي محققة بشكل إجمالي، أي نقبل بشكل إجمالي أن الطالب b ليس أسوأ من الطالب a ، ونكتب $b S a$.

في حال اختبار العلاقة العكسية فيما إذا كان a ليس أسوأ من b أي العلاقة $a S b$ ، نجد أن التحالف الموافق لهذه العلاقة يشكل جميع المعايير أي $C(a S b) = \{g_1, g_2, g_3, g_4\}$ ، وباقي التحالفات خالية ولا يوجد فيتو من قبل أي من المعايير، وبالتالي فهي محققة بشكل إجمالي، أي نقبل بشكل إجمالي أن الطالب a ليس أسوأ من الطالب b ، ونكتب $a S b$.

حيث أن الحالتين $a S b$ و $b S a$ مقبولتان، وبالعودة إلى الجدول [٣-١١] نستنتج أن الطالبين متكافئان $a I b$.

حالة (٢) الطالب d ليس أسوأ من الطالب a أي اختبار العلاقة $d S a$.

(أ) التحالف الموافق $C(d S a)$: نلاحظ أن الفرق وفق المقرر الأول g_1 هو أكبر من عتبة التكافؤ وكذلك الفرق وفق المقرر الثالث g_3 ، وبالتالي يدخل هذين المقررين في التحالف الموافق بأن d ليس أسوأ من a . نكتب $C(d S a) = \{g_1, g_3\}$.

(ب) التحالف المعارض $C(a P d)$: نلاحظ أن الفرق في المقرر الرابع g_4 فقط هو أكبر من عتبة التفضيل الأكيد لصالح a ، وبالتالي يدخل هذا المقرر في التحالف المعارض لقبول العلاقة. نكتب $C(a P d) = \{g_4\}$.

(ت) التحالف المتردد $C(a Q d)$: نلاحظ أن الفرق في المقرر الثاني g_2 يساوي ١٠ لصالح a وبالتالي هناك تفضيل ضعيف لصالح a ، وبالتالي يدخل هذا المقرر في التحالف المتردد حول قبول العلاقة. نكتب $C(a Q d) = \{g_2\}$.

(ث) الفيتو: نلاحظ من درجتي الطالبين وفق المقرر الرابع g_4 أن الفرق يساوي ٤٣ لصالح a وهو أكبر من عتبة الفيتو ٤٠، وبالتالي يعطل هذا المقرر بشكل مطلق قبول الفرضية (فيتو).

باعتبار أن هناك مقرر واحد على الأقل يرفض بشكل مطلق قبول العلاقة $d S a$ ، وبالتالي لا نقبل بشكل إجمالي أن الطالب d بأولوية الطالب a ، وذلك بغض النظر عن أية نتائج أخرى حتى لو كانت جميعها لصالح d ، ونكتب $d \bar{S} a$.

ولدى اختبار العلاقة العكسية فيما إذا كان a ليس أسوأ من d أي العلاقة $a S d$ ، نجد:

(أ) التحالف الموافق $C(a S d)$ يتشكل من المقررين الثاني g_2 والرابع g_4 ، وبالتالي يكون

التحالف الموافق بأن a ليس أسوأ من d هو $C(a S d) = \{g_2, g_4\}$.

(ب) التحالف المعارض $C(d P a)$ يتشكل من مقرر واحد هو الأول g_1 ، وبالتالي يدخل هذا المقرر في التحالف المعارض لقبول العلاقة. نكتب $C(d P a) = \{g_1\}$.

(ت) التحالف المتردد $C(d Q a)$ يتشكل من مقرر واحد هو الثالث g_3 ، وبالتالي يدخل هذا المقرر في التحالف المتردد حول قبول العلاقة. نكتب $C(d Q a) = \{g_3\}$.

(ث) الفيتو: نلاحظ أن الفرق ٤٤ لصالح d ، وهو أكبر من عتبة الفيتو التي تساوي ٤٠، وبالتالي يعطل هذا المقرر بشكل مطلق قبول الفرضية بأن a بأولوية d .

باعتبار أن هناك مقرر واحد على الأقل يرفض بشكل مطلق قبول العلاقة $a S d$ ، وبالتالي لا نقبل بشكل إجمالي أن الطالب a بأولوية الطالب d وذلك بغض النظر عن أية نتائج أخرى، ونكتب $a \bar{S} d$.

حيث أن العلاقتين $a S b$ و $b S a$ غير مقبولتين، وبالعودة إلى الجدول [٣-١١]، نستنتج أن الطالبين غير قابلين للمقارنة أي $a R b$.

تجدر الإشارة إلى الكم الكبير من المقارنات الثنائية التي يجب أن تتم، ففي المثال أعلاه يجب مقارنة كل بديل (الطلاب) مع الثلاثة الآخرين، فيكون لدينا ١٢ مقارنة ثنائية، وهذا مبرر مهم جداً للجوء إلى البرمجيات المعلوماتية، إذ لا يمكن إجراء مثل هذه الحسابات يدوياً هذا إذا استثنينا الأخطاء الحسابية. رأينا في الفقرات السابقة المفاهيم الأساسية لبناء علاقة الأولوية بغض النظر عن الصيغ الرياضية لمؤشرات العلاقة، وسنحاول في الفقرة اللاحقة شرح مؤشرات الطريقة الأكثر انتشاراً لترتيب البدائل معروفة باسم *ELECTRE III* (Roy, 1991).

١١-٧ طريقة *ELECTRE III*

نظراً لتعقيد الصيغ التحليلية لهذه الطريقة، يُنصح الاستعانة بالمراجع أو بالبرمجيات المتخصصة، لكن يجب التمكن من شروط تطبيقها.

نذكر أننا نبحث عن مؤشرات لاختبار علاقة الأولوية $b S a$ بين كل بديلين a, b ، حيث يستند حساب

المؤشرات إلى أوزان المعايير وفروقات التقييمات بين البدائل المُقارنة، وبالتالي فإن المعلومات التي تحتاجها المؤشرات تتمثل بما يلي:

- ✓ أوزان المعايير g_1, g_2, \dots, g_j ، ولتكن k_1, k_2, \dots, k_j حيث مجموعها ليس بالضرورة أن يساوي الواحد $K = k_1 + k_2 + \dots + k_j$.
- ✓ تقييمات البدائل: نرسم لتقييم كل بديل a وفق المعيار j بالشكل $g_j(a)$.
- ✓ عتبات التفضيل v_j, p_j, q_j ، وتُعرف فقط للمعايير التي يرى مهندس القرار ضرورة الأخذ بها، إذ أنه ليس بالضرورة تعريفها لجميع المعايير.

١١-٧-١ مؤشر التوافق

يُحسب مؤشر التوافق $c(b, a)$ كمجموع لجزئين أي $c(b, a) = c_1 + c_2$ ، كما يلي:

(أ) الجزء الأول c_1 يأتي من تكتل المعايير المتوافقة مع الفرضية $C(b S a)$ ، ويُحسب كنسبة لمجموع أوزان هذا التكتل إلى المجموع الكلي لأوزان المعايير بالشكل الآتي:

$$c_1 = \frac{1}{K} \sum_{j \in C(bsa)} k_j$$

(ب) الجزء الثاني c_2 يأتي من تكتل المعايير حيث التفضيل ضعيف لصالح a أي $C(a Q b)$ ، ويؤخذ نسبة t_j من وزن كل معيار ينتمي إلى هذا التكتل كما يلي:

$$c_2 = \frac{1}{K} \sum_{j \in C(aqb)} t_j k_j \quad \text{حيث} \quad t_j = \frac{p_j + g_j(b) - g_j(a)}{p_j - q_j}$$

نلاحظ أن مؤشر التوافق المُعرّف أعلاه:

- ✓ يأخذ قيمةً بين الصفر والواحد $0 \leq c(b, a) \leq 1$.
- ✓ يأخذ القيمة صفر $c(b, a) = 0$ إذا كان $C(a P b) = F$ أي إذا كانت جميع المعايير معارضة للفرضية.
- ✓ يأخذ القيمة $c(b, a) = 1$ إذا كان $C(b S a) = F$ أي إذا كانت جميع المعايير موافقة للفرضية.

١١-٧-٢ مؤشر المعارضة والفيتو

تأتي المعارضة للفرضية من جانبين:

✓ الأول، معارضة قوية جداً من أحد المعايير للفرضية ومنع قبولها وهو ما دعونا سابقاً بالفيتو، وبالتالي يكون مؤشر المعارضة يساوي القيمة العظمى ١ في هذه الحالة.

✓ الثاني، من معايير معارضة دون استخدام الفيتو، أي إذا كان تقييم البديل b بين عتبتني التفضيل الأکید p_j والفيتو v_j .

ويُحسب مؤشر المعارضة لكل معيار $d_j(b,a)$ كما يلي:

- أ- في حال عدم وجود معارضة من z أي إذا كان $g_j(a) - g_j(b) \leq p_j$ فنضع $d_j = 0$.
- ب- في حال وجود فيتو من المعيار z أي إذا كان $g_j(a) - g_j(b) > v_j$ فنضع $d_j = 1$.
- ج- وإلا هناك معارضة جزئية للمعيار z أي إذا كان $p_j < g_j(a) - g_j(b) \leq v_j$ وبالتالي يكون
- $$d_j = \frac{g_j(a) - g_j(b) - p_j}{v_j - p_j}$$

ويُحسب المؤشر الإجمالي $d(b,a)$ لتكتل جميع المعايير المعارضة $D_c(b,a)$ بحاصل الجداء كما يلي

$$d(b,a) = \prod_{j \in D_c(b,a)} \frac{1 - d_j(b,a)}{1 - c(b,a)}$$

حيث $D_c(b,a) = \{j / j \in F, d_j(b,a) > c(b,a)\}$ هو تكتل المعايير المعارضة التي يكون فيها قيمة مؤشر معارضة المعيار أكبر من قيمة مؤشر التوافق، بمعنى أن معارضة المعيار مبررة للأخذ بالاعتبار.

١١-٧-٣ تعريف مؤشر المصادقية

استناداً إلى مؤشري الموافقة والمعارضة السابقين، يتم حساب مؤشر المصادقية *Credibility Index* الإجمالي $\sigma(b,a)$ للفرضية المختبرة $S a$ بحاصل جداء المؤشرين كما يلي:

$$\sigma(b,a) = c(b,a) \cdot d(b,a) \quad \text{مؤشر المصادقية}$$

يأخذ مؤشر المصادقية قيمة بين الصفر والواحد، ويُفسر كما يلي:

- ✓ كلما اقتربت قيمته من الواحد كلما كانت مصداقية مبررات قبول الفرضية مرتفعة.
 - ✓ كلما اقتربت من الصفر كلما كانت مصداقية مبررات قبولها ضعيفة.
 - ✓ وكلما اقتربت من النصف كلما كان هناك تردد وشك في قبولها، أي أن هناك مبررات وحجج لقبولها، وهناك أخرى لرفضها.
- عادةً ما يضع متخذ القرار عتبة لقبول الفرضية تتجاوز ٥٠%، ويتم إقرار القبول أو الرفض بمقارنة قيمة مؤشر المصداقية مع هذه العتبة، مع الانتباه إلى أن رفض الفرضية لا يعني قبول الفرضية المعاكسة تلقائياً، أي أن رفض $a S b$ لا يعني بالضرورة قبول $b S a$.

١١-٨ تطبيق على النماذج متعددة المعايير

سنحاول فيما يلي تطبيق معظم النماذج التي رأيناها في هذا الفصل على مثال توضيحي. لنأخذ نفس بيانات المثال التمهيدي بعد إضافة طالب آخر e وأوزان المعايير كما هو مبين في الجدول الآتي [١١-٥]، ولم يتم أي تعديل على عتبات التفضيل التي كانت ٥ للتكافؤ، و ١٠ للتفضيل الأكيد، و ٤٠ للفيتو وذلك على جميع المعايير، ولنفترض أن عتبة قبول مصداقية الفرضية هو ٥٠%.

الجدول [١١-٥] بيانات تطبيق نماذج متعددة المعايير					
المعدل	مقرر $g4$	مقرر $g3$	مقرر $g2$	مقرر $g1$	وزن المعيار
١٥	٢	٣	٤	٦	طالب a
٥٠,٠٠	٥٠	٥٠	٥٠	٥٠	طالب b
٥٠,٧٣	٤٨	٤٩	٥٠	٥٣	طالب c
٦١,٦٠	١٠	٤٠	٥٨	٩٢	طالب d
٥٠,٠٠	٧	٥٩	٤٠	٩٤	طالب e
٥٣,٣٣	٣٥	٥٠	٥٥	٦٠	

١١-٨-١ طريقة ELECTRE III

سنقوم بالحسابات التفصيلية لبعض الحالات فقط، ويمكن حساب حالات أخرى بنفس الطريقة.

حالة (١) الطالب b ليس أسوأ من الطالب a : اختبار العلاقة $b S a$.

تم في المثال (٩-١١) تحديد تكتلات المعايير الموافقة والمعارضة للعلاقة $b S a$ ، حيث كانت كما يلي:

أ) التحالف الموافق $C(b S a) = \{g_1, g_2, g_3, g_4\}$ ويشكل جميع المعايير.

ب) التحالف المعارض $C(a P b) = \emptyset$.

ت) التحالف المتردد $C(a Q b) = \emptyset$.

ث) الفيتو: لا يوجد أي مقرر يعارض بشكل مطلق قبول الفرضية.

مؤشر التوافق $c(b,a)=1$ كمجموع لجزأين:

$$c_1 = \frac{6+4+3+2}{15} = 1$$

وزن التكتل الموافق من مجموع أوزان المعايير يساوي الواحد:

وزن التكتل المتردد c_2 يساوي الصفر، إذ لا يوجد أي معيار في هذا التكتل.

مؤشر المعارضة $d(b,a)$: نلاحظ أنه لا يوجد أي معيار معارض، وبالتالي قيمة هذا المؤشر غير معرفة، ولا يعني ذلك أنها صفر.

مؤشر المصادقية $\sigma(b,a)$: في هذه الحالة هو نفسه مؤشر التوافق باعتبار أنه لا يوجد أي معيار معارض أي $\sigma(b,a) = c(b,a) = 1$ ، بالتالي نقبل $b S a$ باعتبار أن مؤشر المصادقية أكبر من عتبة القبول المحددة ٥٠%.

في حال اختبار العلاقة العكسية فيما إذا كان a ليس أسوأ من b ($a S b$)، نجد أيضاً أن التحالف الموافق يشكل جميع المعايير أي $C(a S b) = \{g_1, g_2, g_3, g_4\}$ ، وباقي التحالفات خالية ولا يوجد فيتو من قبل أي من المعايير، وبالتالي فإن مؤشر المصادقية يساوي الواحد، فيتم قبول العلاقة $a S b$.

النتيجة: باعتبار أن العلاقتين $a S b$ و $b S a$ مقبولتين، وبالعودة إلى الجدول [٣-١١] نستنتج أن الطالبين متكافئين $a I b$.

حالة (٢) الطالب d ليس أسوأ من الطالب a أي اختبار العلاقة $d S a$.

أ) التحالف الموافق $C(d S a) = \{g_1, g_3\}$.

ب) التحالف المعارض $C(a P d) = \{g_4\}$.

ت) التحالف المتردد $C(a Q d) = \{g_2\}$: $C(a Q d)$.

ث) الفيتو: هناك رفض مطلق (فيتو) للفرضية وفق المقرر الرابع g_4 .

مؤشر التوافق $c(d,a)=0.6$ كمجموع لجزأين:

$$c_1 = \frac{6+3}{15} = 0.6 \text{ وزن التكتل الموافق من مجموع أوزان المعايير يساوي}$$

وزن التكتل المتردد c_2 يساوي الصفر، ويُحسب كما يلي للمعيار الثاني g_2 :

$$t_2 = \frac{10+40-50}{10-5} = 0 \text{ حيث } c_2 = \frac{0 \times 4}{15} = 0$$

مؤشر المعارضة $d(d,a)$: نلاحظ أنه يوجد معيار يُعارض بشكل مطلق الفرضية أي يستخدم الفيتو وهو المقرر الرابع g_4 ، وبالتالي قيمة هذا المؤشر تساوي الصفر.

مؤشر المصادقية $\sigma(d,a) = 0$ يساوي حاصل جداء المؤشرين وبالتالي لا نقبل $d S a$ ، وكان هذا واضحاً، إذ يكفي أن نجد معيار واحد يستخدم الفيتو لرفض الفرضية.

في حال اختبار العلاقة العكسية أي فيما إذا كان a ليس أسوأ من d أي $a S d$ ، نجد أن المقرر الأول يستخدم الفيتو، وبالتالي لا ضرورة لاستكمال حساب المؤشرات الأخرى، ويكون مؤشر المصادقية $\sigma(d,a) = 0$ ، ونرفض الفرضية $a S d$.

تبيين مؤشرات المصادقية أن $a S d$ غير مقبولة وكذلك $d S a$ غير مقبولة، وبالعودة إلى الجدول [٣-١١] نجد أنها تقابل حالة اللامقارنة بين الطالبين.

تم استكمال الحسابات لجميع حالات المقارنة بين البدائل، فحصلنا على مؤشرات المصادقية الآتية:

مؤشرات المصادقية لأولوية بديل السطر على بديل العمود					
طالب e	طالب d	طالب c	طالب b	طالب a	
٠,٦٠	٠	٠	١	١	طالب a
٠,٦٤	٠	٠,٠٢	١	١	طالب b
٠,٦٧	٠,٨٠	١	٠	٠	طالب c
٠,٦٠	١	٠,٧٣	٠	٠	طالب d
١	٠,١٤	٠,٤	٠,٨٧	٠,٨٧	طالب e

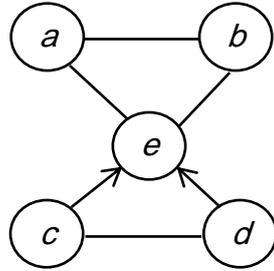
بالانتقال من هذه المؤشرات إلى قبول أو رفض علاقة الأولوية، حيث تُقبل في حال كانت قيمة مؤشر المصداقية أكبر من عتبة القبول المحددة ٥.٠. وإلا تُرفض، نجد ما يلي:

طالب e	طالب d	طالب c	طالب b	طالب a	
S	\bar{S}	\bar{S}	S	S	طالب a
S	\bar{S}	\bar{S}	S	S	طالب b
S	S	S	\bar{S}	\bar{S}	طالب c
S	S	S	\bar{S}	\bar{S}	طالب d
S	\bar{S}	\bar{S}	S	S	طالب e

ومن هذه العلاقات ننتقل إلى تحديد علاقات التفضيل الإجمالية بين كل بديلين:

طالب e	طالب d	طالب c	طالب b	طالب a	
I	R	R	I	I	طالب a
I	R	R	I		طالب b
P	I	I			طالب c
P	I				طالب d
I					طالب e

أي أننا حصلنا على نموذج تفضيلات بثلاث علاقات للتفضيل هي التكافؤ I واللامقارنة R والتفضيل الأكد، يلخص حالات التفضيل بين الطلاب كما يلي:



- ✓ الطالب a: متكافئ مع b و e، وغير قابل للمقارنة مع c و d.
- ✓ الطالب b: متكافئ مع a و e، وغير قابل للمقارنة مع c و d.
- ✓ الطالب c: متكافئ مع d، وغير قابل للمقارنة مع a و b، وأفضل من e.
- ✓ الطالب d: متكافئ مع c، وغير قابل للمقارنة مع a و b، وأفضل من e.
- ✓ الطالب e: متكافئ مع a و b، وليس أفضل من c و d.

الترتيب النهائي:

الطلبة a و b و e متكافئين جميعهم، وبالتالي يجب أن يكونوا في نفس الترتيب.
 الطالبين c و d يجب أن يكونا في نفس الترتيب باعتبارهما متكافئين.
 الطالب e يجب أن يكون بعد c و d في الترتيب بسبب كونهما أفضل منه.
 لدينا معضلة بترتيب e فمن ناحية يجب أن يكون في نفس ترتيب a و b ، ومن ناحية أخرى يجب أن يكون بعد c و d ، مع الإشارة إلى أن كل من a و b غير قابلين للمقارنة مع c و d ، ولذلك نطبق القاعدة البديهية بأنه طالما أنه يمكن إيجاد بديل أفضل من e فنزيحه في الترتيب أو نستبعده حسب أمثلية باريتو، وبالتالي يُصبح لدينا الترتيب النهائي كما يلي:

المرتبة الأولى: a, b وفي نفس المرتبة c, d ، وليس لأنهم متكافئين لكن لأنه لا يوجد أي بديل آخر أفضل منهم، فلا يوجد مبرر لوضع أحدهم قبل أو بعد الآخر، لذلك يقعان في نفس المرتبة.

المرتبة الثانية: الطالب e فقط.

نلاحظ صعوبة الحصول على بديل واحد واعتباره الأفضل، أو ترتيب البدائل بشكل كامل، ولا يجب النظر إلى هذه الصعوبة على أنها ضعفاً في الطريقة، بل هي نتيجة طبيعية للبيانات المتوفرة، سواء من حيث التقييمات، أو من حيث العتبات أو الأوزان، بالإضافة إلى خصائص النموذج المتمثلة بعدم وضع أية فرضيات مسبقة على تفضيلات متخذ القرار.

في العديد من الحالات، قد نحصل على مخططات معقدة لحالات التفضيل، لذلك يُمكن اللجوء إلى استخدام خوارزميات المخططات الشبكة *Graph Theory* للبحث عن أفضل بديل، أو ترتيب البدائل أو غيرها، وليست مجال بحثنا في الكتاب الحالي.

١١-٨-٢ طريقة النقاط *Borda*

وفق هذه الطريقة، يأخذ من يأتي في المرتبة الأولى ٥ نقاط، والثانية ٤ نقاط، الثالثة ٣ نقاط، والرابعة نقطتين، ونقطة للمرتبة الأخيرة، ونجمعها لكل طالب كما يبين الجدول الآتي:

المرتبات	مقرر $g1$	مقرر $g2$	مقرر $g3$	مقرر $g4$	مجموع النقاط
----------	-----------	-----------	-----------	-----------	--------------

طالب a	٥	٣	٢	١	١٣
طالب b	٤	٣	٣	٢	١٢
طالب c	٢	١	٤	٤	١٣
طالب d	١	٤	١	٥	١٣
طالب e	٣	٢	٢	٣	١٤

وبالتالي يُصبح الترتيب النهائي كما يلي:

المرتبة الأولى: الطالب e ب ١٤ نقطة.

المرتبة الثانية: الطلبة a و c و d وكل منهم ب ١٣ نقطة.

المرتبة الثالثة: الطالب b ب ١٢ نقطة.

١١-٨-٣ طريقة الأغلبية البسيطة *Condorcet*

بإجراء المقارنة لكل ثنائية من الطلبة، نجد ما يلي:

طالب a	طالب b	طالب c	طالب d	طالب e
طالب a	a أفضل	تكافؤ	تكافؤ	e أفضل
طالب b		تكافؤ	تكافؤ	e أفضل
طالب c			تكافؤ	تكافؤ
طالب d				تكافؤ
طالب e				

لنضع قاعدة الترتيب كما يلي: وضع كل بديل في قمة الترتيب كل مرة لا يوجد بديل آخر أفضل منه، فنحصل على الترتيب الآتي:

المرتبة الأولى: الطلبة e ، c ، d .

المرتبة الثانية: الطالب a .

المرتبة الثالثة: الطالب b .

١١-٨-٤ طريقة الموافقة والمعارضة *Copeland*

بحساب أصوات كل ثنائية من الطلاب، نجد الجدول الآتي:

مجموع	طالب e	طالب d	طالب c	طالب b	طالب a	
٠	١-	٠	٠	١		طالب a
٢-	١-	٠	٠		١-	طالب b
٠	٠	٠		٠	٠	طالب c
٠	٠		٠	٠	٠	طالب d
٢		٠	٠	١	١	طالب e

وبالتالي يُصبح ترتيب الطلبة كما يلي:

المرتبة الأولى: الطالب e،

المرتبة الثانية: الطلبة a, c, d،

المرتبة الثالثة: الطالب b.

١١-٨-٥ مقارنة نتائج بعض النماذج

نلخص في الجدول الآتي [٦-١١] نتائج ترتيب الطرق السابقة لكل من الطلبة.

الجدول [٦-١١] ملخص نتائج المقارنة بين نماذج متعددة المعايير

طريقة المعدل	طريقة ELECTRE III	النقاط Borda	الأغلبية Condorcet	الموافقة والمعارضة Copeland	
الخامسة	الأولى	الثانية	الثانية	الثانية	طالب a
الرابعة	الأولى	الثالثة	الثالثة	الثالثة	طالب b
الأولى	الأولى	الثانية	الأولى	الثانية	طالب c
الثانية	الأولى	الثانية	الأولى	الثانية	طالب d
الثالثة	الثانية	الأولى	الأولى	الأولى	طالب e

نلاحظ التباين الكبير في نتائج الترتيب بين نموذج وآخر، وكما أشرنا في أكثر من موقع في هذا الكتاب، بأن كل نموذج له حسناته ومساوئه، ولا يوجد نموذج واحد يمكن اعتباره هو الأفضل، إذ يعتمد اختيار هذا النموذج أو ذلك على عدد من العوامل يأتي في مقدمتها:

أ- درجة تعقيد وصعوبة المشكلة، وارتباطها بمشكلات أخرى.

ب- مدى توفر المعلومات ودقتها ومصداقيتها، وإمكانية الحصول عليها.

ج- مدى توفر الموارد خصوصاً الزمن المخصص لحل المشكلة واتخاذ القرار.

- د- مدى حرجية القرار، ومستويات التبير المطلوبة من متخذ القرار.
- هـ- معارف وخبرات مهندس القرار ومقدراته التحليلية.
- و- الخصائص الواجب توفرها في النموذج للتمثيل السليم لتفضيلات متخذ القرار.

اختبارات وأسئلة الفصل الحادي عشر Tests

(١) أسئلة صح / خطأ True/False

خطأ	صح	السؤال
		١ تُحاول الطرق متعددة المعايير الانتقال من مفاهيم الأمثلية إلى مفاهيم الحل بالتراضي.
		٢ تعتمد النماذج متعددة المعايير على جمع تقييمات كل بديل والحكم على أساس المجموع.
		٣ تعتمد النماذج متعددة المعايير على مفاهيم المقارنة الثنائية بين كل بديلين.
		٤ في النماذج متعددة المعايير، يمكن تعويض الخسارة على أحد المعايير من المعايير الأخرى.
		٥ تستند طريقة أمثلية باريتو إلى مفاهيم الهيمنة والمقارنة الثنائية.
		٦ تعتمد النماذج الانتخابية على تعداد أصوات الناخبين بغض النظر عن شدة التفضيلات.
		٧ تستند طريقة النقاط <i>Borda</i> إلى مجموع النقاط للمرشحين وذلك حسب ترتيب الناخبين لهم.
		٨ لا تتأثر طريقة النقاط <i>Borda</i> في حال انسحاب أو دخول مرشح جديد.
		٩ تستند طريقة الأغلبية البسيطة <i>Condorcet</i> إلى ترتيب المرشحين وفق الترتيب الأبجدي.
		١٠ تعتمد طريقة الموافقة والمعارضة <i>Copeland</i> على الفرق بين عدد الأصوات "مع المرشح" و"ضد المرشح".
		١١ تعني علاقة الأولوية <i>Outranking</i> بين بديلين اثنين أن كلا منهما ليس أفضل من الآخر.
		١٢ تُعتبر علاقات التفضيل الناتجة عن نظرية المنفعة حالة خاصة من علاقة الأولوية.
		١٣ تُعبر علاقة الأولوية $b S a$ بأن البديل b ليس أسوأ من البديل a .
		١٤ عدم قبول العلاقة $b S a$ يعني قبول عكسها $a S b$.
		١٥ تؤدي علاقة الأولوية <i>Outranking</i> إلى تعريف علاقات التفضيل الأساسية الأربعة.
		١٦ إذا كانت علاقة الأولوية <i>Outranking</i> محققة وفق جميع المعايير، فيجب أن تكون محققة بشكل إجمالي.
		١٧ في علاقة الأولوية <i>Outranking</i> ، دوماً يكون مؤشر التوافق يساوي مؤشر المصادقية.
		١٨ يُقصد بعبئة التفضيل <i>Preference Threshold</i> على أحد المعايير الفرق بين تقييمي بديلين وفق هذا المعيار.
		١٩ يُقصد بمفهوم التوافق <i>Concordance</i> حجم الموافقة على الفرضية المختبرة سواء من حيث عدد المعايير أو أوزانها أو فروقات التقييم.
		٢٠ يُقصد بمفهوم المعارضة <i>Disconcordance</i> حجم المعارضة للفرضية المختبرة سواء من حيث عدد المعايير، أو أوزانها أو فروقات التقييم.
		٢١ يُقصد بمفهوم التعطيل أو الفيتو <i>Veto</i> منع أولوية البديل ذي التقييم الأقل على البديل ذي التقييم الأكبر بشكل إجمالي.
		٢٢ نحصل دوماً وفق طريقة الترتيب <i>ELECTRE-III</i> على ترتيب كامل للبدائل.
		٢٣ تُعطي طرق الانتخابات دوماً نفس النتائج لناحية ترتيب المرشحين.

- ٢٤ تؤدي النماذج متعددة المعايير دوماً إلى نفس النتائج التي تعطيها نظرية المنفعة.
٢٥ تحتاج جميع النماذج متعددة المعايير إلى تقييمات كمية متجانسة للمقارنة بين البدائل.

(٢) أسئلة خيارات متعددة *Multiple Choices*

- ١- نقول عن بديل b أنه يهيمن على آخر a (أمثلي بمفهوم باريتو) إذا فقط إذا تحقق ما يلي:
(أ) تقييم البديل a أكبر أو يساوي تقييم b وفق جميع المعايير وأكبر تماماً وفق معيار واحد على الأقل.
(ب) تقييم البديل b أكبر أو يساوي تقييم a وفق جميع المعايير وأكبر تماماً وفق معيار واحد على الأقل.
(ج) تقييم البديلين متساويين وفق جميع المعايير.
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة.
- ٢- لدينا ثلاثة مرشحين a, b, c وثلاثة ناخبين، حيث قام كل من الناخبين باختيار مرشح مختلف، فالمرشح الفائز في هذه الحالة هو:
(أ) المرشح a
(ب) المرشح b
(ج) المرشح c
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٣- لدينا ثلاثة مرشحين a, b, c ، حيث تم توزيع نقاط لكل منهم حسب ترتيب الناخبين لهم وفق طريقة *Borda*، فحصل a على ٣٠ نقطة، وحصل b على ٢٠ نقطة، وحصل c على ٣٠ نقطة، فالمرشح الفائز في هذه الحالة هو:
(أ) المرشحين a و c
(ب) المرشح b
(ج) المرشحين الثلاثة إذ لا معنى للنقاط
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٤- لدينا ثلاثة مرشحين a, b, c ، حيث حصلنا على المقارنة بينهم وفق طريقة الأغلبية البسيطة *Condorcet* كما يلي:
 a أفضل من b ، و b أفضل من c ، و c أفضل من a ، فالمرشح الفائز في هذه الحالة هو:
(أ) المرشحين a
(ب) المرشح b
(ج) المرشح c
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٥- لدينا ثلاثة مرشحين a, b, c ، حيث عدد حالات فوز كل منهم وفق طريقة الموافقة والمعارضة *Copeland* كما يلي:
 a فاز مرتين، و b فاز مرة واحدة، و c خسر مرتين، فالمرشح الفائز في هذه الحالة هو:
(أ) المرشح a
(ب) المرشح b
(ج) المرشح c
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٦- يتم الأخذ بالاعتبار لتعريف علاقة الأولوية *Outranking* بين بديلين، ما يلي:
(أ) تقييمات البديلين وفق جميع المعايير
(ب) أوزان المعايير
(ج) عتبات التفضيل
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

٧- تم استخدام علاقة الأولوية S للمقارنة بين بدليين a و b ، فحصلنا على $a S b$ مقبولة وكذلك $b S a$ مقبولة أيضاً، ندعو حالة التفضيل الإجمالية بين البدليين في هذه الحالة:

- (أ) تكافؤ a / b (ب) تفضيل لصالح $a P b$
 (ج) لا مقارنة $a R b$ (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٨- تم استخدام علاقة الأولوية S للمقارنة بين بدليين a و b ، فحصلنا على $a S b$ مقبولة و $b S a$ غير مقبولة، ندعو حالة التفضيل الإجمالية بين البدليين في هذه الحالة:

- (أ) تكافؤ a / b (ب) تفضيل لصالح $a P b$
 (ج) لا مقارنة $a R b$ (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٩- تم استخدام علاقة الأولوية S للمقارنة بين بدليين a و b ، فحصلنا على $a S b$ غير مقبولة وكذلك $b S a$ غير مقبولة، ندعو حالة التفضيل الإجمالية بين البدليين في هذه الحالة:

- (أ) تكافؤ a / b (ب) تفضيل لصالح $a P b$
 (ج) لا مقارنة $a R b$ (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٠- تأخذ الصيغ الرياضية للتعبير عن علاقات المقارنة الثنائية بين البدائل ما يلي:

- (أ) الأهمية النسبية للمعايير وعتبات التفضيل (ب) مفهومي التوافق والمعارضة
 (ج) مبررات القبول وشدة المصادقية (د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

١١- يتم تفسير قيم مؤشر المصادقية لقبول فرضية أولوية *Outranking* بديل على آخر كما يلي:

- (أ) كلما اقتربت من الواحد، كلما كانت مبررات القبول قوية.
 (ب) كلما اقتربت من الصفر، كلما كانت مبررات القبول ضعيفة.
 (ج) كلما اقتربت من النصف، كلما كان هناك تردد وحذر في القبول أو الرفض.
 (د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة.

١٢- لدينا عتبات التفضيل q التكافؤ، p التفضيل الأكيد، و v الفيتو، وفق أحد المعايير، ولدينا تقييمي بدليين a, b ، فإذا كان تقييم b بين $a-q$ و $a+q$ ، تكون علاقة التفضيل بين البدليين:

- (أ) تكافؤ a / b وفق هذا المعيار (ب) تفضيل لصالح b وفق هذا المعيار
 (ج) لامقارنة $a R b$ وفق هذا المعيار (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٣- لدينا عتبات التفضيل q التكافؤ، p التفضيل الأكيد، و v الفيتو، وفق أحد المعايير، ولدينا تقييمي بدليين a, b ، فإذا كان تقييم b أكبر من $a+p$ ، تكون علاقة التفضيل بين البدليين:

- (أ) تكافؤ a / b وفق هذا المعيار (ب) تفضيل لصالح b وفق هذا المعيار
 (ج) لامقارنة $a R b$ وفق هذا المعيار (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٤- لدينا عتبات التفضيل q التكافؤ، p التفضيل الأكيد، و v الفيتو، وفق أحد المعايير، ولدينا تقييمي بدليين a, b ،

فإذا كان تقييم b أكبر من $a+v$ ، تكون علاقة التفضيل بين البديلين:

- (أ) تكافؤ a / b وفق هذا المعيار
 (ب) تفضيل لصالح a وفق هذا المعيار
 (ج) فيتو على $a S b$ بشكل إجمالي
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٥- يأخذ مؤشر المصادقية في علاقة الأولوية *Outrankig* بالاعتبار ما يلي:

- (أ) مؤشر التوافق
 (ب) مؤشر المعارضة
 (ج) مؤشر التعطيل أو الفيتو
 (د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

١٦- يعتمد اختيار نموذج متعدد المعايير للقرار الإجمالي على عدد من العوامل أهمها:

- (أ) مدى توفر المعلومات ومصادقيتها
 (ب) مدى حرجية القرار المطلوب اتخاذه
 (ج) درجة تعقيد وصعوبة المشكلة
 (د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

١٧- لدى المقارنة بين النماذج متعددة المعايير، نجد أن أفضل هذه النماذج هي:

- (أ) الطرق الانتخابية
 (ب) طريقة *ELECTRE-III*
 (ج) أمثلية باريتو
 (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٣) أسئلة ١ قضايا للمناقشة

السؤال (١) أمثلية باريتو *Pareto Optimum*.

تعتبر طريقة الهيمنة المعروفة بأمثلية باريتو من الطرق الأولية في صناعة القرارات، والمطلوب:

- ١) اشرح بإيجاز مفاهيم الطريقة؟
- ٢) ما المقصود بالبدال الفعال بمفهوم باريتو؟
- ٣) وضح بالرسم فضاءات الهيمنة لبعض البدائل.

السؤال (٢) طرق الانتخابات.

تتشابه كثيراً طرق الانتخابات والنماذج متعددة المعايير، والمطلوب:

- ١) ما أوجه التشابه بين هاتين الفئتين من النماذج لناحية مشكلة القرار التي تحاول معالجتها؟
- ٢) اشرح بإيجاز المفاهيم التي تعتمد عليها طرق الانتخابات؟
- ٣) اختر واحدة فقط من الطرق الآتية، وحاول شرحها مع مثال قدر الإمكان: طريقة النقاط *Borda*، طريقة الأغلبية البسيطة *Condorcet*، طريقة الموافقة والمعارضة *Copeland*.

السؤال (٣) علاقة الأولوية *Outranking Relation*.

يُمكن دوماً بناء علاقة للمقارنة الثنائية S بين بديلين، والمطلوب:

- (١) اشرح بإيجاز مفاهيم علاقة الأولوية $b S a$ بين بديلين a و b ؟
- (٢) كيف يتم الحصول على علاقات التفضيل الأربعة استناداً إلى علاقة الأولوية S ؟
- (٣) كيف يتم تفسير مؤشر المصادقية الذي نحصل عليه وفق هذه العلاقة؟

السؤال (٤) عتبات التفضيل *Preference Thresholds*.

لتعويض نقص المعلومات، يُمكن تعريف عتبات للتفضيل وفق كل من المعايير، والمطلوب:

- (١) ما المقصود بعتبة التفضيل؟
- (٢) وضح بإيجاز أهم عتبات التفضيل التي يمكن تعريفها وفق معيار محدد.
- (٣) وضح علاقات التفضيل الممكن تواجدها وفق معيار محدد في حال تعريف عتبات التفضيل.

القضية الأولى: مجلس الأمن.

لتوضيح آلية عمل الفيتو في الانتخابات والمشاوكة لقدرة التعطيل في صناعة القرارات، لنأخذ آلية عمل مجلس الأمن.

هناك ١٥ مقعداً في مجلس الأمن، ٥ منها دائمة للدول الكبرى المنتصرة في الحرب العالمية الثانية عام ١٩٤٥ (الولايات المتحدة، روسيا، بريطانيا، فرنسا)، تتمتع هذه الدول بحق الفيتو أي إسقاط أي قرار تعترض عليه أي منها، ولكي يُعتمد القرار يجب أن يتوفر له شرطان: موافقة ثلثي الأعضاء أي ٩ من ١٥، وعدم استخدام الفيتو أي من الدول دائمة العضوية، ولا يُعتبر عدم التصويت اعتراضاً أو فيتو.

يمكنك إجراء بحث عبر الإنترنت وإحصاء عدد مرات استخدام كل دولة من الدول الخمس لحق الفيتو، والتفكير بمصطلح الديمقراطية التي تطالب بها الدول دائمة العضوية "حاملة راية الديمقراطية"، وستكون المفاجأة عظيمة!!

القضية الثانية: تناقض *Copeland* و *Condorcet*.

لدينا ثلاثة مرشحين زيد، عمر، خالد، و ٦٠ ناخباً، رتب الناخبون المرشحين كما هو مبين في الجدول الآتي:

الترتيب الأول	الترتيب الثاني	الترتيب الثالث	عدد أصوات الترتيب
خالد	زيد	عمر	١٠
خالد	عمر	زيد	٨
زيد	عمر	خالد	٢٣
عمر	خالد	زيد	١٧
عمر	زيد	خالد	٢

أولاً) قارن بين كل اثنين من المرشحين الثلاثة وحاول ترتيبهم وفق طريقة الأغلبية البسيطة *Condorcet*.

ثانياً) أعد المقارنة بحسب طريقة الموافقة والمعارضة *Copeland*.

{النتائج: أولاً، زيد أفضل من عمر أفضل من خالد أفضل من زيد!، الطريقة غير متعدية
ثانياً، تساوي نقاط المرشحين الثلاثة، وهي صفر لكل من المرشحين الثلاث أي لا يوجد فائز!}

الفصل الثاني عشر: نظم دعم القرار

Decision Support Systems



إن البحر كان دائماً مصدر إلهامي، حتى إن معظم أعمالي
مبللة بمياه موجه الصاحب ...

الأدباء العرب، أكثرهم لم يكتبوا عن البحر لأنهم خافوا
معاناة الموت في جبهة الموج الصاحب ... لا أدعي
الفروسية، المغامرة نعم!

حنا مينة (٦٢)

٦٢. حنا مينة (١٩٢٤-) أحد عمالقة الرواية العربية، ولد في إحدى قرى لواء اسكندرون وهجر منها عام ١٩٣٩ بعد اغتصابه من قبل الأتراك، يعشق البحر ويكاد يكون محور جميع أعماله.

ملخص الفصل

تعتبر نظم دعم القرار *Decision Support Systems* من أهم التطبيقات لنظم وتقانات المعلومات، وتؤدي دوراً كبيراً في مساعدة صانعي القرارات على اتخاذ قرارات أكثر انسجاماً مع منظومة القيم والأحكام التي يحل من خلالها متخذ القرار مشكلات المنظمة خصوصاً تلك التي تبدو معقدة أو صعبة الحل، ويتمثل الفرق الجوهرى عن نظم المعلومات الإدارية بإضافة قاعدة للنماذج والمعارف ودمج متخذ القرار كطرف أساسي في نظام دعم القرار ويتعامل مع النظام بمفاهيم، وآليات التفاعل والتشارك لحل مشكلة محددة؛ كما كان لتطور تكنولوجيا المعلومات والاتصالات دوراً كبيراً في تطوير مفاهيم وتطبيقات نظم دعم القرار باتجاه نظم الدعم التنفيذية *EDS*، ونظم الدعم الجماعية *GDSS*، واعتبارها جميعاً كجزء من منظومة تنظيمية تقانية ذكية يعبر عنها بذكاء الأعمال *BI*، ولكن للأسف ما زالت هذه النظم الذكية تواجه العديد من الصعوبات سواء على الصعيد النظري أو العملي، سنحاول في هذا الفصل شرح بإيجاز أهم القضايا السابقة الموجهة لمساعدة متخذ القرار في حل المشكلات الإدارية.

كلمات مفتاحية

نظم دعم القرار *Decision Support System*، نظم الدعم التنفيذية *Executive Support Systems*، نظم دعم القرار الجماعية *Group DSS*، ذكاء الأعمال *Business Intelligence*، قاعدة بيانات *Data Base*، قاعدة نماذج *Models Base*، واجهات التخاطب *Interfaces*، مشكلة مهيكلة *Structured Problem*، مشكلة غير مهيكلة *Unstructured Problem*.

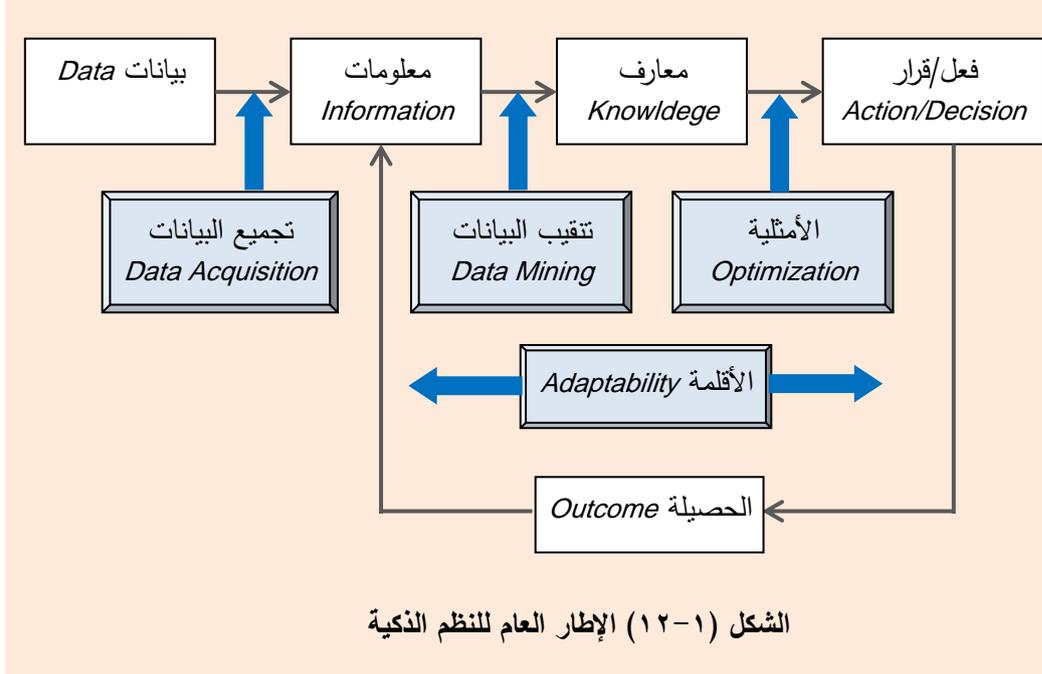
مخطط الفصل

- ١-١٢ مفاهيم نظم دعم القرار *DSS Concepts*.
- ٢-١٢ عملية صناعة القرار و *DSS*.
- ٣-١٢ مكونات نظم دعم القرار *DSS Components*.
- ٤-١٢ نظم الدعم التنفيذية *EIS*.
- ٥-١٢ نظم دعم القرار الجماعية *GDSS*.
- ٦-١٢ التطبيقات والصعوبات.

١-١٢ مفاهيم نظم دعم القرار *DSS Concepts*

ظهر مصطلح نظام دعم القرارات *DSS (Decision Support System)* في بدايات السبعينات من القرن الماضي من قبل *P.G.Keen*، ثم نشرها في كتابه مع *S.Morton* (١٩٧٨)، حيث يعرفها كنظام معلومات يؤثر على صناعة القرار إذ يمكن للنظم المعلوماتية أن تقدم المساعدة باستخدام نماذج تحليلية، وحيث تكون فيه محاكاة المدير جوهرية، ثم تطورت كثيراً خلال العقود اللاحقة خصوصاً على صعيد التطبيقات، وتتعامل *DSS* مع المشكلات صعبة الهيكلة والمعقدة، كمنهج للمساعدة في صناعة القرارات، ويرى البعض أنه لا يوجد خصوصية جوهرية لنظم دعم القرار، بل بكل بساطة يرى أنها نظام معلومات موجه للمساعدة على صناعة القرارات (*Keen, 1980*).

تعتبر نظم دعم القرار *DSS* جزءاً من فئة أشمل من النظم المعلوماتية تدعى بالنظم الذكية *Intelligent Systems*، والتي تعتمد على البيانات والمعلومات والمعارف والخبرات (*Michalewicz, 2005*)، وإن اختلفت في مكونات وآليات تصميمها لكنها لا تخرج عن الإطار العام المبين في الشكل (١-١٢).



الشكل (١-١٢) الإطار العام للنظم الذكية

١-١-١٢ كيف يمكن تقديم المساعدة؟

يمكن تمييز ثلاث أوجه أو حالات لمشكلة القرار حيث تبدو *DSS* مفيدة لمساعدة متخذ القرار على

التعامل مع مشكلته:

أ- النظرة البسيطة: إيجاد الحل، أي المساعدة في إنجاز العمليات، أو اختيار البديل الأفضل من بين عدة بدائل، في هذه الحالة، تكون عناصر المشكلة من بدائل ومعايير وتقييم جميع المتغيرات معرفة بشكل كامل، ويتم تطبيق طريقة محددة لإيجاد البديل الأمثل، وهذا ما رأيناها في جميع النماذج وحيدة المعايير، تتمثل المساعدة الجوهرية هنا بتسريع إيجاد الحل وإخراجه بالشكل المناسب.

ب- النظرة المعقدة: بناء الحل. أي اعتبار متخذ القرار جزء من طريقة البحث عن الحل، وبالتالي مساهمته في إيجاد منهجيات طرق البحث عن حل المشكلة. في الكثير من الحالات، قد يكون لدينا عناصر جوهرية من المشكلة لكنها ما زالت ضبابية وتحتاج إلى توضيح، أو أن هناك عناصر أخرى ما زالت غير مكتشفة، وبشكل خاص ما يتعلق بطرق الحل، وبالتالي فإن هناك حاجة للمساعدة في بناء منهجية أو طريقة للبحث عن الحل.

ج- النظرة الشمولية: بناء المشكلة. أي مقارنة عمل الذهن الإنساني، وبناء "المشكلة" بمعنى استكشاف فضاء المشكلة، والبدائل والفرص وإجراءات الحل، في هذه الحالة، تبدو المشكلة بكامل عناصرها ضبابية، والحاجة ماسة للمساعدة في تعريف المشكلة منذ البداية.

مثال (١٢-١) مساعدة DSS في كتابة رواية.

لنتخيل أن هناك روائي أو كاتب يرغب في كتابة رواية ما، وهناك نظام معلومات متخصص في دعم القرار، أو مهندس قرار يلعب دور النظام يمكنه تقديم المساعدة في كتابة الرواية.

الحالة البسيطة: يتوفر لدى الروائي جميع عناصر الرواية، ولكنها بحاجة للمساعدة بإخراجها بأسرع ما يمكن، وربما يستفيد الكاتب من بعض استيضاحات النظام/المهندس لإجراء تعديلات طفيفة في روايته، أو في طريقة إخراجها أو تصميم بعض فقراتها.

الحالة المعقدة: لدى الكاتب عناوين ومحاوِر وأفكار الرواية، لكنه يحتاج إلى تعبئة الفراغات، أو إكساء الرواية بقالب أدبي وصياغة مناسبة، وبالتالي سيستفيد أكثر من أسئلة وإيضاحات النظام/المهندس لاستكمال الرواية.

الحالة الشمولية: لدى الكاتب أفكار ضبابية عن روح الرواية، ويحتاج إلى نقاشات معمقة، لاعتماد فكرة جوهرية واحدة للرواية ومحاورها، وربما تسلسل أحداثها الكبيرة، تأتي المساعدة من النظام/المهندس للمساهمة الفعلية في تأليف الرواية، وليس فقط تسريع إخراجها، أو استكمال محاورها.

مثال (٢-١٢) مساعدة DSS في حالة الاستثمارات.

لدينا مستثمر لديه مبلغ من المال ويرغب باستثماره، فكيف يمكن لنظام دعم القرار أن يساعده؟ الحالة البسيطة: لدى المستثمر مجموعة من المشاريع الاستثمارية المحددة تماماً، وعليه إقرار المشروع الأفضل باعتماد إحدى طرق اختيار الاستثمارات، ولتكن القيمة الحالية الصافية *Net Present Value*، حيث يقوم النظام بحساب القيمة الحالية لكل من المشاريع، وعرض الأفضل منها على المستثمر الذي يمكن أن يقرر اعتمادها، أو إجراء بعض التحليل الإضافي مثل تغيير معدل الفائدة، أو بعض مبالغ التدفقات (نوع من دراسة حساسية)، وإعادة تطبيق الطريقة من جديد، ويستمر بإجراء مثل هذه التعديلات الطفيفة، حتى يصل إلى قناعة باختيار أحد المشاريع.

الحالة المعقدة: لدى المستثمر رغبة بالاستثمار في عدة مشاريع مُعرّفة إلى حد ما، لكنه ما زال يتساءل عن المعايير الواجب أخذها بالاعتبار: هل يقتصر على المعايير ذات الطبيعة المالية أم يأخذ المخاطر السياسية والأمنية مثلاً؟ وهل يأخذ التأثير الاجتماعي والتموي للمشروع أم لا؟ وبالتالي قد تختلف طريقة الحل في حال إدخال معايير ذات طبيعة وصفية، ولم يعد بالإمكان الاعتماد على الطرق المالية فقط، بل هناك حاجة للبحث عن طرق أخرى أو تعديل الطريقة المعتمدة حالياً، وفي هذه الحالة، يجب أن يتوفر في قاعدة نماذج النظام عدة طرق للبحث عن الحل، وكل منها قد تعطي نتائج مختلفة، وبالتالي يتم الحوار (عبر إجرائية التفاعلية) بين المستثمر والنظام، حتى يصل إلى قناعة بأحد المشاريع المعروضة أو مؤشرات لتعديلها.

الحالة الشمولية: لدى المستثمر مبلغ من المال، لكنه متردد كثيراً في أي القطاعات، أو أي المشاريع سيضع أمواله؟ تأخذ المساعدة هنا صفة "الاستشارية"، فمن خلال الحوار (عبر التفاعلية) بين النظام والمستثمر، سيتفقد المستثمر من الأسئلة والأجوبة التي يحصل عليها ليقرر أي القطاعات أو النشاطات التي سيستثمر بها، وأيضاً بتعريف معايير المفاضلة بين المشاريع، وربما تعريف حدود المشاريع بالضبط، وهنا تبدو المساعدة أكثر عمقاً وفائدةً.

١٢-١-٢ تعريف DSS

ينظر إلى نظام المعلومات التقليدي *Information System* على أنه مجموعة مُنظمة من الموارد تجهيزات وبرمجيات وأفراد وبيانات وإجراءات، تسمح بامتلاك ومعالجة وتخزين وإيصال المعلومات (بيانات أو نصوص أو صور أو أصوات ...) ضمن التنظيمات، ومن هذا التعريف يتبين بوضوح أن نظام دعم القرارات هو نظام معلومات بالأساس ذو طبيعة خاصة.

يمكن تعريف DSS إذاً بأنه: نظام معلومات يهدف لمساعدة متخذ القرار في مواجهة المشكلات الصعبة عبر التفاعل بين البيانات والنماذج الصريحة (رياضية مثلاً)، أو الضمنية (طرق وأحكام خاصة بمتخذ القرار)؛ أو أنه نظام معلومات يمزج بين النماذج والبيانات، للمساعدة في حل المشكلات الصعبة مع تداخل كبير من متخذ القرار (Sprague & Carlson, 1982؛ Sprague & Watson, 1996)، نلاحظ أن التركيز في جميع التعاريف على تقديم المساعدة لحل المشكلات الصعبة مع الأخذ بالاعتبار لخبرات ومعارف وأحكام متخذ القرار، وتشمل وجود تجهيزات وبرمجيات معلوماتية وآلية للتفاعلية *Interactivity* مع متخذ القرار للمساعدة على جميع مستويات القرار، وبالتالي تبدو هذه النظم وكأنها مجال تقاطع اختصاصات عديدة: تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، علوم إنسانية، علوم اقتصادية وإدارية، علوم مساعدة رياضية بشكل خاص.

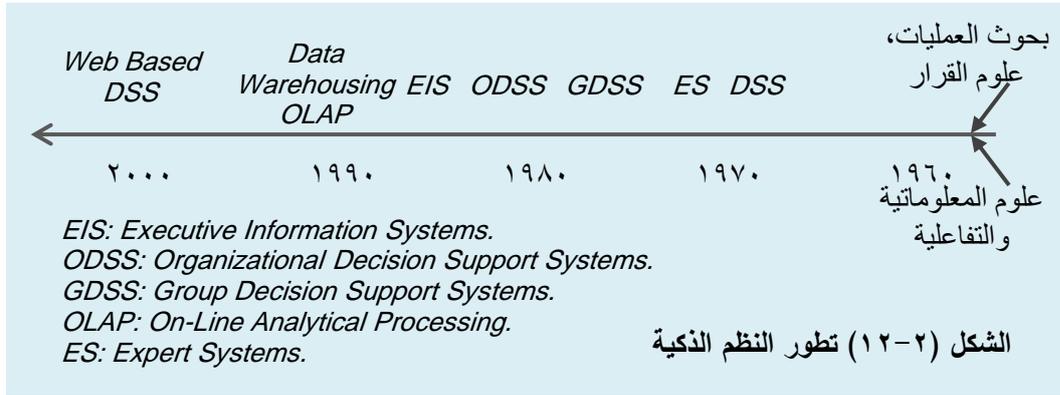
تكمن أهم الفروقات بين نظم المعلومات الإدارية التقليدية *MIS* ونظم دعم القرار *DSS* في إدخال مفاهيم حل المشكلات على نظم دعم القرار، واستخدام آليات للتفاعل بين متخذ القرار والنظام، كما يوضح الجدول [١٢-١].

الجدول [١٢-١] أهم الفروقات بين *MIS* و *DSS*

نظم دعم القرار <i>DSS</i>	نظم المعلومات الإدارية <i>MIS</i>
التركيز على المهام والمشكلات الصعبة والمعقدة، التي تتطلب أحكام متخذ القرار.	التركيز على المهام المهيكلية والقرارات الروتينية.
يمتلك متخذ القرار المعارف عن طبيعة المشكلة ويبنتها.	قد لا يستطيع المدير فهم طبيعة القرار.
التركيز على فاعلية النتائج <i>Effectiveness</i> .	التركيز على فعالية الإجراءات <i>Efficiency</i> .
تطوير بعض الأدوات لاستخدامها ضمن إجرائية صناعة القرار.	تميز متطلبات تنظيم وتخزين المعلومات بشكل أمثلي.

التركيز على تجميع ومعالجة البيانات.	تخزين البيانات ذات الأهمية العالية.
إمكانية استخدام البيانات الجارية في DSS.	مخرجات النظام تعتمد على الطلبات المحددة (الجامعة).
تعتمد على منظومة أحكام متخذ القرار.	تعتمد في أغلب الأحيان على مهندس المعلوماتية.
إمكانية وصول متخذ القرار إلى البيانات مباشرة.	قيود وسماحيات محددة للوصول إلى البيانات.
"الانتظار" غير وارد أبداً.	انتظار السماحية أو عبر مدير النظام.

كما تجد نظم دعم القرار جذورها في بحوث العمليات وعلوم القرار من جهة وفي تقانات المعلوماتية، كما يبين الشكل (٢-١٢)، وبشكل خاص تطبيقات التخاطب والتفاعل بين النظام والمستخدم، وكان ملفتاً التهافت من قبل قطاعات الأعمال على الاستثمار الواسع في البنى التحتية وتطبيقات المعلوماتية التقليدية والذكية منها.



١٢-١-٣ ذكاء الأعمال Business Intelligence

تخدم نظم دعم القرارات مباشرةً في تطبيقات ذكاء الأعمال Business Intelligence على مستوى المنظمة، حيث يُشير ذكاء الأعمال كمصطلح جديد في تكنولوجيا المعلومات إلى مفاهيم عديدة، يصف عملية تحويل البيانات إلى معلومات ثم إلى معارف، حيث الذكاء مطلوب ومفيد للمستخدم لدى الانتقال من مرحلة إلى أخرى (Turban & Aronson, 2001)، يشمل ذكاء الأعمال مجموعة من المفاهيم والطرق لتحسين صناعة القرارات باستخدام حقائق مستتدة إلى جميع نظم المعلومات الداعمة، تتعلق الطرق بكافة الأدوات لاستكشاف والوصول وتحليل المعلومات من مخازن المعلومات لتطوير نماذج تقود إلى تحسين أداء منظومة القرارات وتزويدها بالمعلومات المفيدة، حيث تشمل الأدوات واجهات خاصة، نظم إنتاج تقارير، نظم دعم القرارات، نظم الدعم التنفيذية، تقنيات للتحليل الإحصائي، بالإضافة إلى

معالجة تحليلية عبر الشبكات مباشرةً *OLAP*.

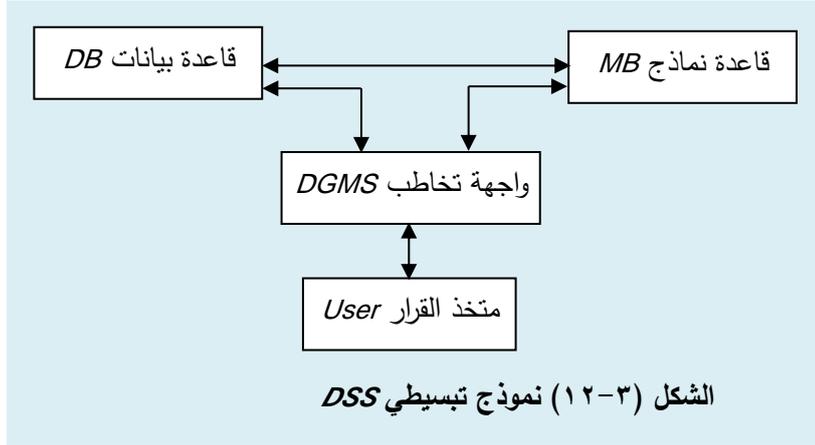
يمكن النظر إلى *BI* كغطاء يشمل طيف واسع من المفاهيم ويمكن مقارنته بشكل عام كمخازن للبيانات *Data Warehouses* يشمل ثلاثة مستويات: الواجهات والتقارير، المعالجة التحليلية عبر الشبكة *OLAP*، وأخيراً مخازن البيانات، لكن هذه المستويات متداخلة بشكل كبير فيما بينها، كما ينظر البعض إلى ذكاء الأعمال وكأنه الجيل التالي من نظم دعم القرارات (*Wu, 2000*) حيث تزود تطبيقات ذكاء الأعمال المستخدم القدرة لاستخراج البيانات بسهولة من مصادر متعددة، وتهيئتها وإظهارها بشكل بياني أيضاً بالسهولة ذاتها، كما تزود هذه التطبيقات المستخدم بالأدوات والقدرة على تحليل متعدد الأبعاد، وإنجاز العديد من الأعمال والتجارة الإلكترونية (*Simon & Shaffer, 2000*).

باختصار، يُنظر إلى ذكاء الأعمال على أنها فئة واسعة من التطبيقات والتقانات المعلوماتية، لتجميع وتخزين وتحليل والوصول للبيانات لمساعدة المستخدمين في المنظمة في أداء أعمالهم من قرارات وغيرها، في حين ينظر إلى نظم دعم القرار كنظام تحليل بيانات الأعمال وعرضها، حيث يمكن للمستخدم اتخاذ القرارات بشكل أسهل، وبالتالي نلاحظ أن مفاهيم وتقانات ذكاء الأعمال أشمل من مفاهيم وتقانات نظم دعم القرار.

١٢-١-٤ إشكالية نظم دعم القرار *DSS problematic*

سريعاً، أصبحت *DSS* مجال بحث واهتمام الكثير من المنظمات والجهات الأكاديمية، إذ يدعي البعض أنها قد تشكل مجالاً معرفياً مستقلاً (*Sprague & Watson, 1996*)، ووضع لها مبادئ توجيهية نستعرض أهمها.

(أ) إشكالية *DDM (Data, Dialogue, Model)*: على النظام الموازنة بين المكونات الثلاث للنظام أي البيانات، والنماذج، والتخاطب؛ كما يتوجب أن تكون سهلة الاستخدام من قبل أي شخص وغير ملم بالتكنولوجيا، والتمكن من الوصول إلى طيف واسع من البيانات، مع التمكن من إنجاز التحليل ونمذجة المشكلة بطرق مختلفة، ويبين الشكل (١٢-٣) الهيكل التبسيطي لمكونات نظام *DSS*.

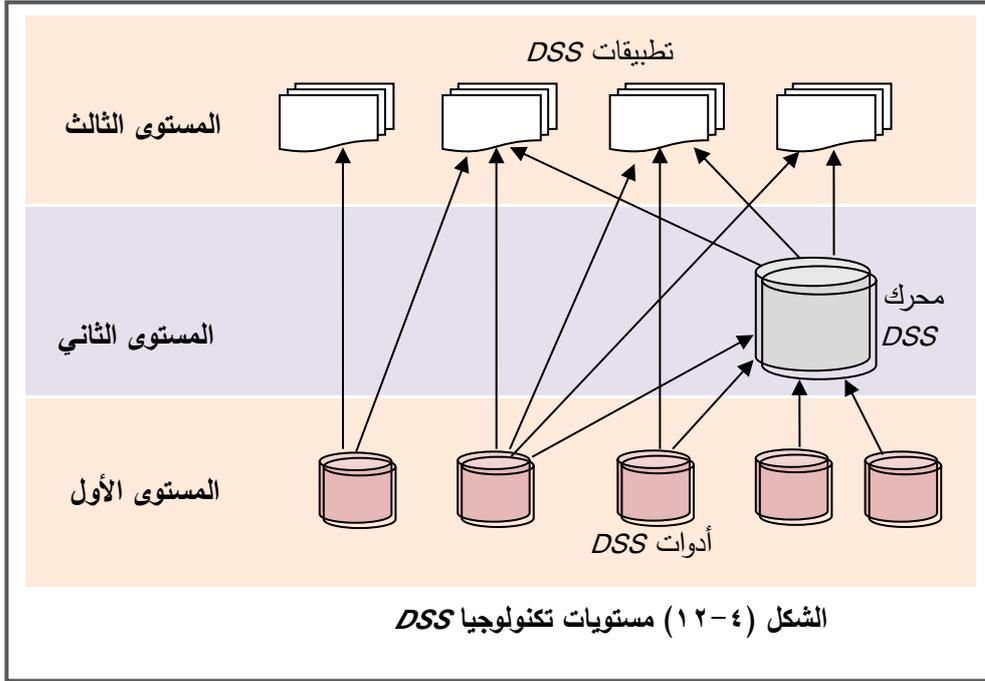


ب) مستويات التكنولوجيا Levels of Technology

هناك ثلاث مستويات من التكنولوجيا مفيدة وتحتاجها نظم دعم القرار (Sprague & Watson, 1996) تشمل أدوات DSS تكنولوجيا الويب والإنترنت، كما هو مبين في الشكل (١٢-٤):

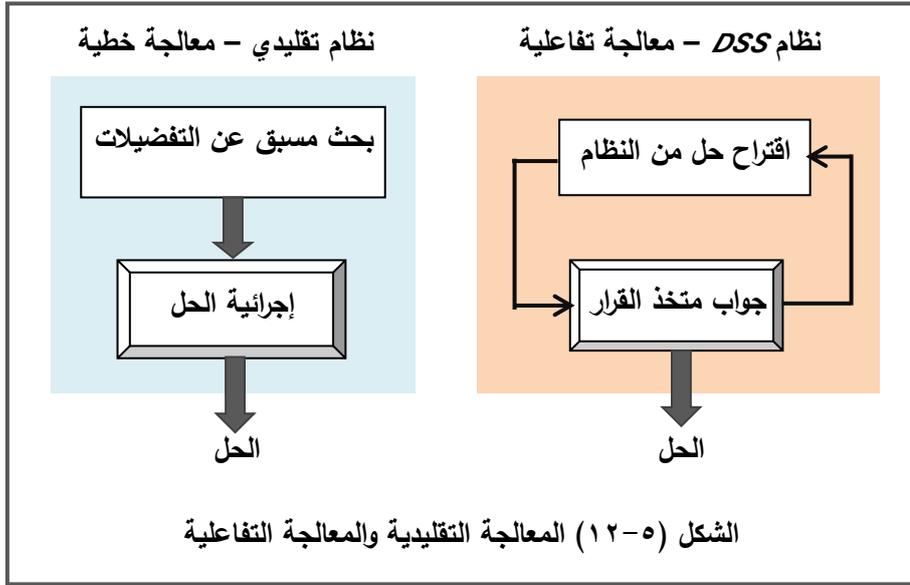
المستوى الأول يتمثل بالتجهيزات والبرمجيات الأساسية التي يمكن استخدامها في تطوير نظام دعم القرار، مثل لغات البرمجة، أو نظام إدارة الشبكة، أو برمجيات مفتوحة المصدر *Open Sources*، ... المستوى الثاني يتمثل بشكل رئيسي بالبرمجيات الخاصة بنظام دعم القرار التي تسمح بالوصول إلى البيانات والنماذج والاستنتاج، مثل النظم الخبيرة *Expert Systems*، أو نظم إدارة قواعد البيانات *DBMS* أو نظم إدارة قواعد النماذج *MBMS*.

في حين يتمثل المستوى الثالث بتطبيقات نظام دعم القرار، مثل إخراج البيانات على شكل مخططات، أو إعطاء البديل الأفضل وفق طريقة حل محددة، أو مؤشرات تلخيصية عن البيانات، أو أرشفة البيانات، ...



ج) تصميم تكراري Iterative Design

على عكس النظم التقليدية التي تعمل بشكل خطي، يتم تصميم DSS للعمل بشكل حلقات متكررة *Iterative*، تتضمن آلية للتفاعل والتشارك بين متخذ القرار والنظام لإيجاد حل للمشكلة، مع الأخذ بالاعتبار لتغيرات حالة المشكلة، وهو ما ندعوه بالتفاعلية *Interactivity*، يجب أن تبنى هذه النظم بحيث تعمل التغذية العكسية *FeedBack* بشكل سريع ومختصر بين برمجيات النظام ومتخذ القرار أو من يحل محله، كما يبين الشكل (٥-١٢)، ولا يجب النظر إلى التفاعلية وكأنها مجرد واجهة تخاطب بين متخذ القرار والنظام بل طريقة للبحث عن الحلول بالتشارك بينهما عبر آلية تأخذ طابع أسئلة وأجوبة، حيث يستفيد الطرفان من أجوبة الآخر، لاستنتاج معلومة أو حقيقة جديدة يتم إعادة دمجها في النظام، وتستمر هذه الآلية بالعمل حتى الوصول إلى حل مقبول من قبل متخذ القرار.



د) البيئة التنظيمية *Organizational Environment*

يحتاج تطوير نظم دعم القرارات إلى استراتيجية وبيئة تنظيمية مناسبة، تسمح ببناء وتشغيل مثل هذه النظم بشكلٍ فعال، فنظام دعم القرار هو نظام مفتوح على بيئته ويتفاعل معها، وتشمل بيئة النظام التجهيزات والبرمجيات والأفراد والإجراءات والبيانات والسياسات، إذ لا يمكن الحديث عن نظم دعم للقرار دون وجود قواعد بيانات ذات مصداقية، أو دون وجود إجراءات تفويض لمستخدمي النظام بدلاً من انتظار جواب متخذ القرار حول كل صغيرة وكبيرة، أو حتى دون وجود أفراد مؤهلين يستطيعون التعامل مع النظم المعلوماتية.

١٢-١-٥ خصائص وفوائد *DSS*

رغم تنوع أنماط نظم دعم القرار، لكن يمكن تمييز عدد من الخصائص العامة لجميع هذه الأنماط (Alter, 1980؛ Turban, 1990؛ Turban, 2001؛ Holsapple, 1996) تتمثل بما يلي:

- أ- تصميم *DSS* لتسهيل عملية وإجراءات صناعة القرار.
- ب- أن تؤدي دور الدعم الذكي وليس أئمة لصناعة القرار أو استبدال متخذ القرار.
- ج- تتضمن نظم لإدارة قواعد البيانات والنماذج، مع سهولة الوصول إليها.
- د- أن تقدم الدعم بشكل خاص لحل المشكلات صعبة الهيكلت

- هـ- الأخذ بالاعتبار لأحكام وخبرات متخذ القرار ضمن النظام المعلوماتي.
- و- أن تصمم للتفاعل مباشرة مع متخذ القرار بطريقة سهلة ومرنة بواجهة تخاطب مريحة للمستخدم، وتستخدم قدر الإمكان اللغات الطبيعية.
- ز- قابلية التطوير والتأقلم مع تغيرات بيئة القرار، والاستجابة السريعة لتغير احتياجات متخذ القرار.
- ح- أن تعمل على منصات عمل شخصية أو عبر الويب أو الشبكة بشكل آمن.
- كما تقدم نظم دعم القرار العديد من الفوائد على الصعيد الفردي والتنظيمي، نذكر أهمها:
- أ- تحسين الأداء الفردي والتعلم المستمر، وزيادة القدرات الذهنية للمحاكمة واللجوء لمصادر معلومات متنوعة.
- ب- تسريع إجراءات صناعة القرار، وإعادة هيكلة عملية صنع القرار، والوصول الذكي إلى الخبرات والمعارف.
- ج- زيادة الضبط التنظيمي، وكشف الثغرات في الإجراءات التنظيمية لحل المشكلات، والمساعدة في أتمنتها.
- د- تشجيع الاستكشاف والإبداع لدى متخذ القرار، واستخدام نماذج متنوعة وتقانات الذكاء الصناعي.
- هـ- تسريع حل المشكلات في المنظمة، واكتشاف بدائل ومتغيرات وأبعاد أخرى للمشكلة.
- و- تسهيل الاتصالات بين العاملين، ومقارنة حالات سابقة وخبراتهم في حلها.
- ز- توليد حقائق ومعلومات جديدة بما يساهم في خلق ميزات تنافسية للمنظمة.

١٢-٢ عملية صناعة القرار وDSS

لا تخرج نظم دعم القرار عن منهجيات ونماذج القرار التي رأيناها سابقاً، وعلى وجه الخصوص نموذج *H.Simon* الذي أشار إلى حل مشكلات القرار بشكل تكراري *Iterative*، أي بشكل تفاعلي من قبل متخذ القرار وفقاً لمتغيرات حالة المشكلة، ويمكن لنظم دعم القرار أن تلعب هذا الدور لسد الثغرات في الأحكام الشخصية لمتخذ القرار، والسماح له باكتساب خبرات ومعارف إضافية، أو استنتاجها من الخبرات المتوفرة لديه.

١٢-٢-١ مستويات المساعدة حسب صعوبة المشكلة

يمكن لنظم دعم القرار أن تقدم المساعدة حسب مدى تعقيد وصعوبة مشكلة القرار^(٦٣)، وأيضاً حسب موقع، أو أهمية المشكلة على مستوى المنظمة؛ فعلى المستوى الاستراتيجي (العليا)، يتم التركيز على الأهداف بعيدة الأمد وسياسات إدارة الموارد؛ في حين يكون التركيز في المستويات الإدارية (المتوسطة) على امتلاك والاستخدام الأمثل للموارد في إنجاز الأهداف؛ وتركز المستويات العملية على فعالية وفاعلية التنفيذ الفعلي للمهام والأعمال؛ وبالتالي يمكن تمييز المشكلات حسب مدى صعوبتها أو تعقيدها كما يلي:

أ- المشكلة المهيكلية (أو قابلة للبرمجة): حيث تكون إجراءات الحل للحصول على أفضل أو أسوأ بديل معروفة، وتظهر الحاجة لتطبيقها بشكل سليم وبسهولة، مثلاً إيجاد الكمية المثلى للمخزون، أو الحل الأمثل لتابع رياضي، ... مثال تقليدي عن نماذج الأمثلة في بحوث العمليات، وتأتي المساعدة لتخفيض زمن الحسابات، أو تخزينها أو الوصول إليها أو عرضها.

ب- المشكلة غير المهيكلية: تعتمد على حدس *Intuition* متخذ القرار، أو على ظروف عملية صناعة القرار، مثلاً تصميم منتج جديد، أو اختيار مشاريع البحث والتطوير أو اختيار مدير عام، حيث إجراءات الحل غير معروفة، هنا الأفضل اعتماد نظم الدعم التنفيذية ونظم دعم القرار، أو نظم مشابهة.

ج- المشكلة نصف المهيكلية: بين الاثنتين السابقتين، حيث يمكن اعتماد نماذج للحل مع أحكام شخصية لمتخذ القرار بنفس الوقت، مثلاً وضع الموازنة، تقييم استثمارات، هنا تلعب نظم الخبرة المدمجة بنظم دعم القرار دوراً مفيداً في تحسين جودة المعلومات عبر إعطاء طيف واسع من البدائل، وعدم الاقتصار على حل أو بديل وحيد، كما تسمح لمتخذ القرار بتحسين مقدراته وفهم أفضل لأبعاد المشكلة.

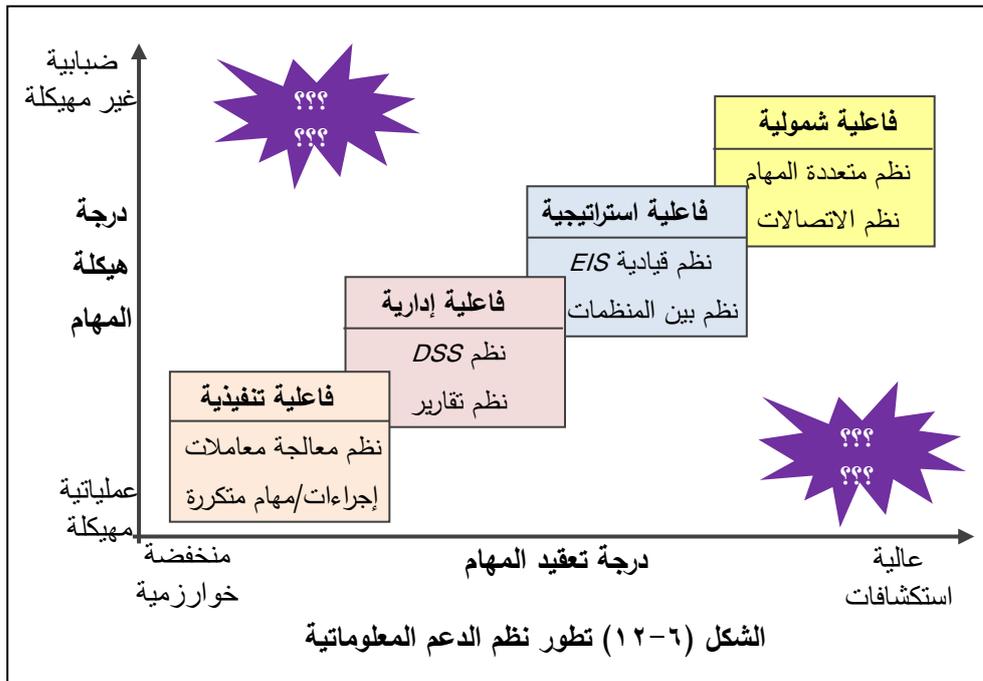
تطوّر عمق ومدى مساعدة النظم المعلوماتية تاريخياً مع التدرج في مستوى تعقيد المشكلات الإدارية،

^{٦٣}. يشير مصطلح الصعوبة *Difficult* إلى عدم توفر نماذج واضحة أو صريحة للحل، في حين يشير مصطلح التعقيد *Complexity* إلى حجم الحسابات المطلوب إنجازها.

إذ بدأت من النظم البسيطة المتعلقة بمعالجة المعاملات، وإنجاز الحسابات في المستويات الدنيا لدى المنظمة، وتطورت إلى المستويات العليا مع التطور التكنولوجي في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، كما هو مبين في الجدول [٢-١٢]، في حين يُظهر الشكل (٦-١٢) التطور التاريخي لهذه النظم وفقاً لاحتياجات المنظمة في المستويات الإدارية المختلفة، ويبدو واضحاً تزايد تعقيد المشكلات كلما ارتقينا في السلم التنظيمي.

الجدول [٢-١٢] مستويات هيكل المشكلة وDSS

نوع مشكلة القرار	مستوى عملياتي	مستوى إداري	مستوى استراتيجي	الدعم الذي يحتاجه
مهيكلية Structured	محاسبية، معالجة طلبيات	تحليل الموازنة، تنبؤ	استثمارات، اختيار	MIS، نظم معالجة، نماذج إدارية DSS
نصف مهيكلية Semi_structured	جدولة الإنتاج، جرد المخزون	تقييم القروض، تحضير الموازنة، تخطيط مشروع، نظم حوافز	موقع، توزيع المنتجات، بناء مصنع جديد، اندماج وامتلاك، تخطيط الجودة	DSS
غير مهيكلية Unstructured	اختيار إعلان، شراء برمجيات، إقرار قرض	التفاوض، توظيف، مدير، شراء، تجهيزات،	تخطيط البحث والتطوير، تطوير تكنولوجيا جديدة، مسؤولية اجتماعية	DSS، EIS، نظم خبيرة، شبكات عصبية
الدعم الذي يحتاجه	MIS، نماذج إدارية	DSS، علوم الإدارة	EIS، نظم خبيرة، شبكات عصبية	



١٢-٢-٢ تصنيف DSS

يمكن تصنيف نظم دعم القرار وفق معايير عديدة، لكن المعيار الأساسي للتصنيف هو العلاقة مع متخذ القرار واحتياجاته، إذ يمكن تصنيفها في ثلاثة فئات تؤطر حاجة متخذ القرار كما يلي:

أ) *Passive DSS* نظم سلبية: أي أن النظام موجه للمساعدة في الإجراءات التنظيمية لصناعة القرار، لكنها غير موجهة صراحة أو لا تتضمن نماذج للحلول والمقترحات، لذلك تُدعى بالنظم السلبية، وتشبه إلى حد بعيد نظم المعلومات التقليدية.

ب) *Active DSS* نظم فاعلة: موجهة للبحث عن حلول ومقترحات، تتضمن نماذج أو إجراءات للبحث عن هذه الحلول، وهنا تلعب التفاعلية دوراً فعالاً للغاية في مساعدة متخذ القرار، لذلك تُدعى بالنظم الفاعلة.

ت) *Cooperative DSS* نظم تعاونية: تسمح لمتخذ القرار ومستشاروه بتعديل أو إنجاز أو تحسين المقترحات المولدة من قبل النظام، قبل إعادتها للنظام ثانيةً للتحقق منها.

كما يمكن تصنيف نظم دعم القرار حسب طريقة المساعدة المرجوة أو بمعنى آخر حسب نمط المشكلة المطروحة، ويجب أن تساهم في جميع الأحوال في تطوير نظم نكاه الأعمال *BI*:

أ) *Communication-driven DSS* موجهة اتصالات: تقوم بدعم أكثر من مستخدم بنفس الوقت يعملون على نفس المهمة. مثال، برمجيات تحديد مواعيد الاجتماعات *Microsoft's NetMeeting*.

ب) *Data-driven DSS or Data-oriented DSS*: موجهة للوصول إلى البيانات ومعالجتها، مثل برمجيات التنبؤ باستخدام نماذج السلاسل الزمنية، قد تكون البيانات داخلية أو خارجية.

ت) *Document-driven DSS*: موجهة لإدارة المعلومات غير المهيكلة والبحث عنها وذلك بأشكال إلكترونية متنوعة.

ث) *Knowledge-driven DSS*: موجهة للمساعدة في حل نمط محدد من المشكلات عبر خبرات

مخزنة مثل الوقائع، قواعد الاستنتاج، إجراءات، أو غيرها.

ج) *Model-driven DSS*: وهي الأكثر انتشاراً، موجهة للوصول والمعالجة عبر نماذج متنوعة (إحصائية، مالية، رياضية، محاكاة)، يمكن للنظام استخدام البيانات أو قيم متغيرات، ومعاملات النموذج المعرفة من قبل متخذ القرار.

كما يبين الجدول الآتي [٣-١٢] مقارنة بين هذه الأنواع، وبأنها ليست بدائل لبعضها البعض، فكل نوع موجه لنمط خاص من المشكلات، وبطبيعة الحال تختلف نماذج معالجة كل من هذه الأنماط، لذلك لا يمكن الحديث عن نظم دعم القرار وحيد لكافة أنواع المشكلات الإدارية.

الجدول [٣-١٢] مقارنة أنواع <i>DSS</i> حسب أسلوب المساعدة				
نوع <i>DSS</i>	مفاهيم مفتاحية	منصة العمل	الطرق	أمثلة
موجهة وثائق	قواعد بيانات ووثائق، بحث عن وثائق، تحليل ووثائق	مخدم/زبون، ويب	طرق وتقنيات البحث، والتخزين، والمعالجة	محركات البحث <i>Search engines</i> برمجيات الأشفة
موجهة اتصالات	اتصالات، تنسيق، تعاون	مخدم/زبون، ويب	تقانات الشبكات	غرف الدردشة، تقاسم الملفات، اجتماعات عبر النت
موجهة نماذج	معالجة نماذج، محاكاة، الأمثلية، نظم خبرة، تحليل قرارات، <i>MCDM</i>	منصات فردية، مخدم/زبون، ويب	طرق الأمثلية، بحوث عمليات، طرق كمية، ...	اختيار أفضل بديل، ترتيب البدائل، ...
موجهة معارف	معارف الخبير، قواعد معرفة، هندسة المعرفة، استكشاف المعرفة	منصات فردية، مخدم/زبون، ويب	طرق نظم ذكية، التتقيب في البيانات، استكشافية	تشخيص الأمراض، تحليل استثمارات، ضبط الإنتاج <i>EIS, GIS</i>
موجهة بيانات	معالجة سلسلة بيانات، مخطط عمل، مخدم/زبون، ويب	مخبرات عمل، مخدم/زبون، ويب	التتقيب في البيانات، <i>OLAP</i>	

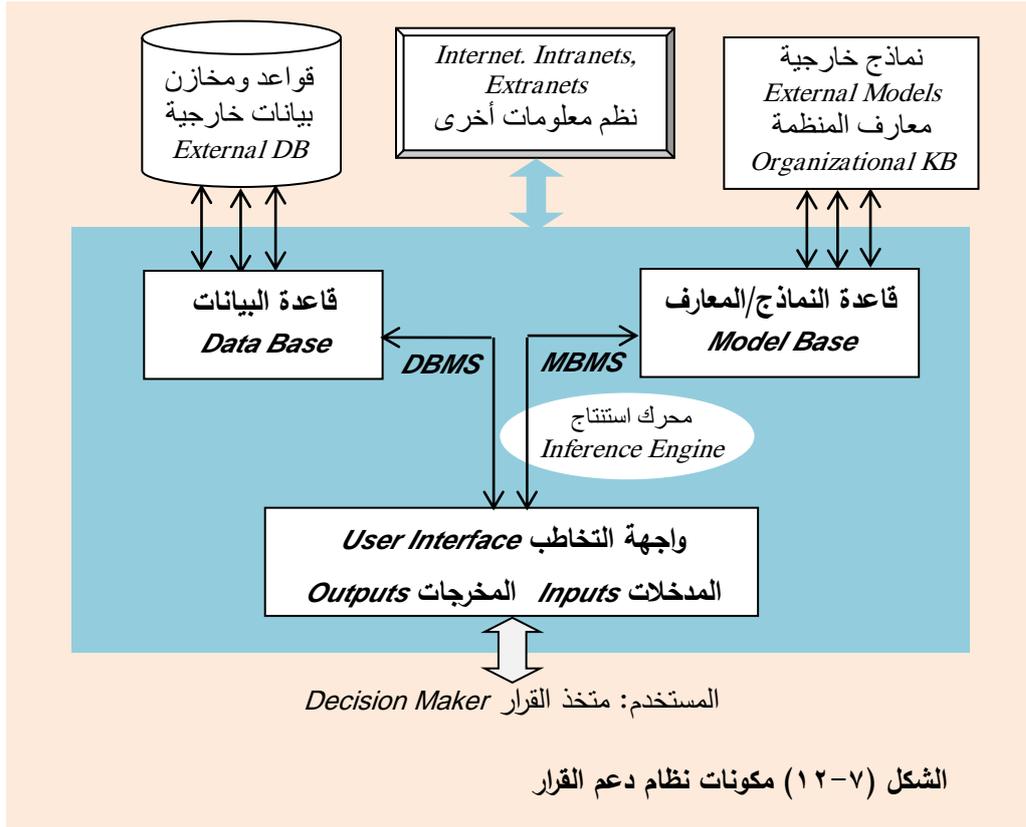
١٢-٣ مكونات نظم دعم القرار *DSS Components*

يتكون نظام دعم القرار من ثلاث كتل أساسية بالإضافة إلى متخذ القرار كما هو مبين في الشكل (١٢-٧):

أ- قواعد البيانات *Data Bases* ونظم إدارتها *DB Management System*.

ب- قواعد النماذج *Models Bases* ونظم إدارتها *MB Management System*.

ج- واجهات التخاطب *Interface Modules* بين المستخدم والنظام وإدارة المدخلات والمخرجات. يمكن للنظام التواصل مع قواعد ومخازن بيانات خارجية، أو مع قواعد نماذج وخبرات ومعارف خارجية أو مع نظم معلومات أخرى في المنظمة أو خارجها، أي التواصل قواعد بيانات ونماذج ليست جزءاً من نظام دعم القرار، وهذا يتطلب إجراءات إضافية، لتأمين تكامل وانسجام البيانات والنماذج الخارجية مع البيانات والنماذج الخاصة بالنظام ذاته.



سنحاول استعراض هذه المكونات بشيء من الإيجاز مع محاولة إخفاء الجوانب التقنية التي يعود تصميمها للفنيين ولخبراء تطوير النظم المعلوماتية.

١٢-٣-١ قاعدة البيانات *Data Base*

قاعدة البيانات *Data Base* هي مجموعة متكاملة من كيانات منطقية *Entity* من البيانات والعلاقات *Relationship* بين هذه الكيانات، يتم تنظيم البيانات في ملفات *Files*، حيث يحوي الملف مجموعة من السجلات *Records*، وكل سجل هو مجموعة من الحقول *Fields* توصف خصائص الكيان *Entity*

Attributes. غالباً ما تمثل ملفات الكيانات على شكل جداول حيث الأعمدة هي خصائص الكيان والأسطر هي سجلات أفراد الكيان.

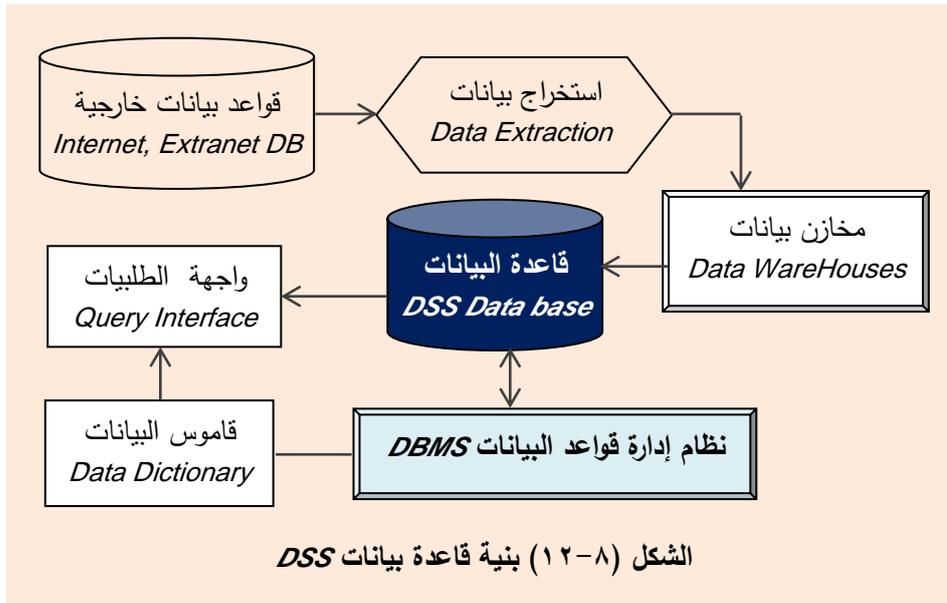
كما يخضع تصميم قواعد بيانات النظام إلى الأشكال المتعارف عليها سواء كانت شبكية *Network*، أو هرمية *Hieratchical*، أو علائقية *Relational*، أو غرضية التوجه *Object Oriented*، ويتم بناء نظام إدارة قاعدة البيانات ليقوم بالوظائف التقليدية على البيانات أي:

أ- اختيار *Select* مجموعة جزئية من السجلات التي تحقق معايير محددة.

ب- الدمج *Join* أي دمج سجلات أو حقول من ملفات مختلفة.

ج- الإسقاط *Extract* أي إنشاء مجموعة جزئية من الحقول.

كما يمكن النظر إلى مخازن البيانات، كنوع خاص من قواعد البيانات، لكنها ليست موحدة البنية أو التنظيم، ويأخذ إدارة بيانات نظام دعم القرار الشكل الآتي (٨-١٢).



١٢-٣-٢ قاعدة النماذج Models Base

يُقصد بالنماذج الطرق الممكن استخدامها في حل المشكلات، إذ يمكن تخيل قاعدة للنماذج على غرار قاعدة البيانات، حيث تأخذ قاعدة النماذج أشكالاً عديدة من أهمها:

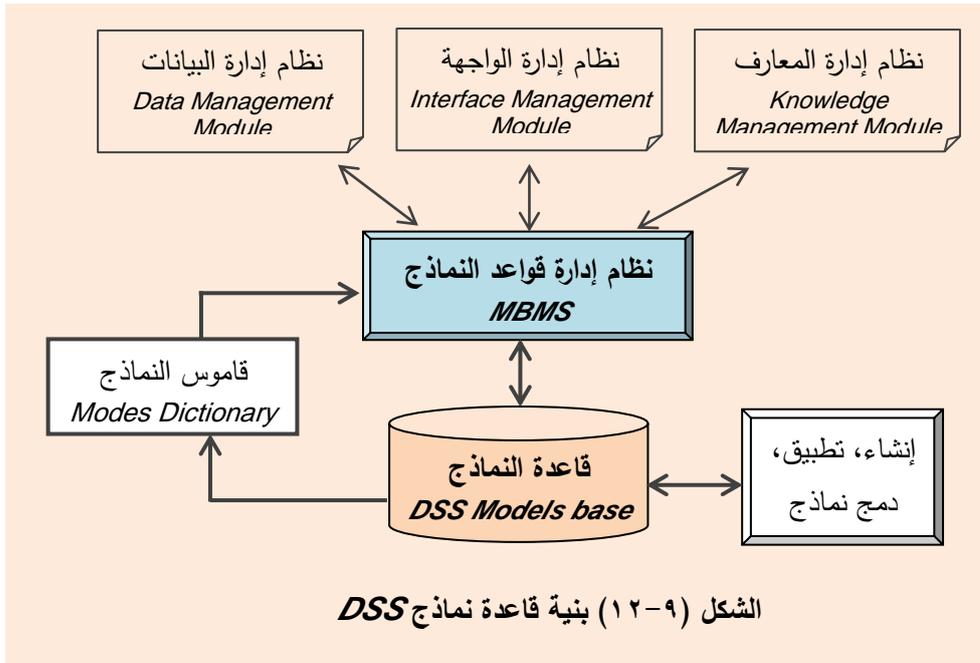
أ) تخزين مجموعة من الطرق المتعارف عليها لحل نمط محدد من المشكلات، مثلاً لحل مشكلة

التنبؤ بالمبيعات، يمكن برمجة نماذج التنبؤ المتعارف عليها (المتوسط المتحرك، السلاسل الزمنية، الانحدار الخطي، الانحدار اللوجستي، ...) وتطبيق إحداها أو مقارنة نتائج جميع هذه الطرق، ويعود قرار اختيار الحل المناسب إلى متخذ القرار.

ب) تطوير نظام خبير مع محرك استنتاج لنمط أو لمشكلة محددة، حيث يكون هناك قاعدة من المعارف أو قواعد الاستنتاج، ويقوم محرك الاستنتاج لدى وصول حقائق *Facts* جديدة باستنتاج قواعد جديدة وإضافتها إلى قاعدة المعارف.

ت) تطوير علية أدوات لأغراض متنوعة على غرار برنامج *MS Excel*، حيث يقوم متخذ القرار ببناء نموذج، أو أكثر خاص به للحل، ويمكن تخزينه في قاعدة النماذج.

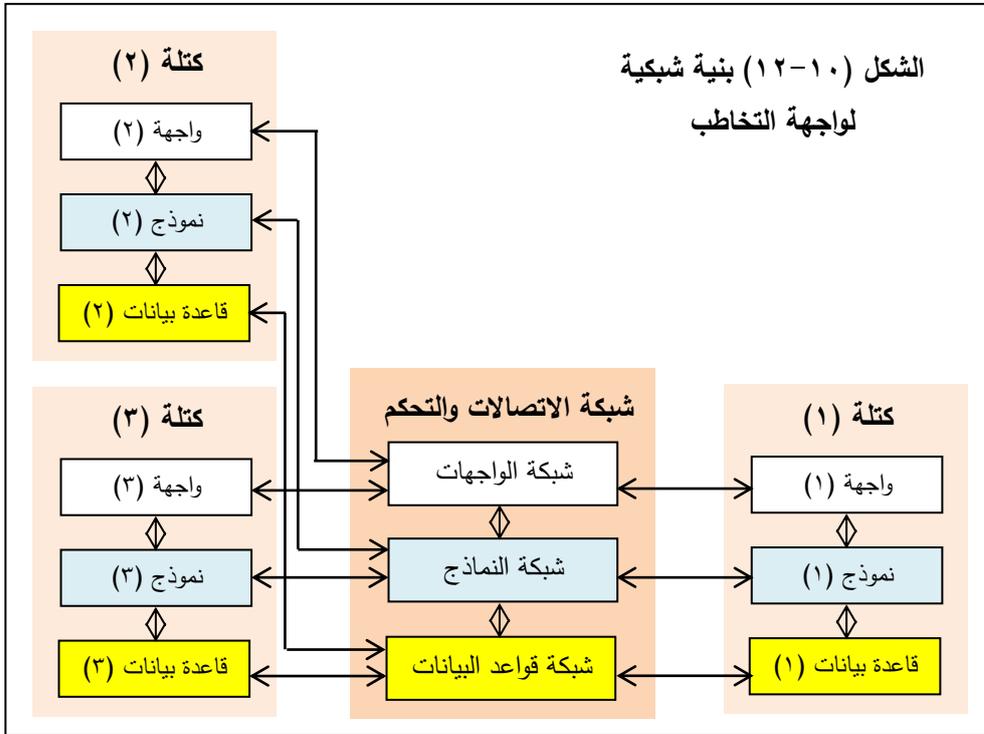
يجب أن تسمح النماذج مهما كانت طبيعتها بإجراء تحليل حساسية *Sensitivity Analysis* للمتغيرات ونوع من المحاكاة *Simulation*، وتحليل ماذا لو *What-if*؟ لأن مثل هذه التحليلات تسمح لمتخذ القرار باستكشاف متغيرات المشكلة والعلاقات فيما بينها بشكل أفضل وربما تعطيه بعض المؤشرات أو اتجاهات للبحث عن الحلول المناسبة، وهذا بحد ذاته دعم للقرار وقد يكون كافياً في حالات عديدة استناداً إلى المبدأ الجوهرى أن النظام ليس بديلاً لمتخذ القرار بل مساعداً وبأن طريقة المساعدة تتم بين النظام و متخذ القرار، ولا يجب أن تكون مفروضة عليه، ويتم إدارة عملية المساعدة هذه عبر نظام إدارة قاعدة النماذج *MBMS: Model Base Management System*، كما يوضح الشكل (٩-١٢) على غرار نظام إدارة قواعد البيانات.



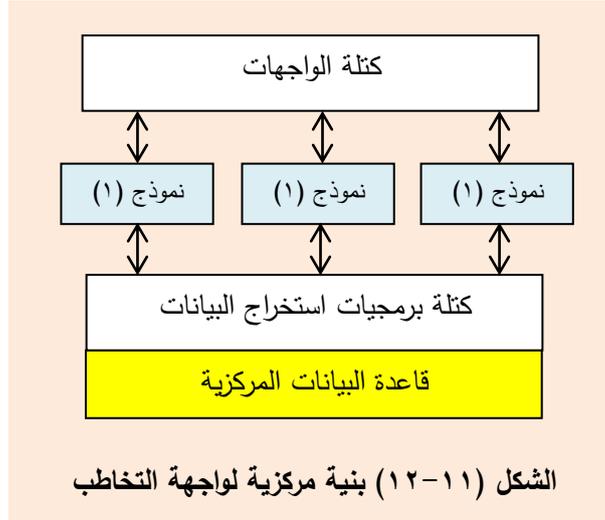
١٢-٣-٣ واجهة التخابر User Interface

يقصد بواجهة التخابر: الإجراءات والبرمجيات المسؤولة عن عمليات الإدخال والإخراج ومراقبة أداء عمليات النظام، يتم تصميمها بأشكال عديدة تعكس تصميم البنية الأساسية لعمل نظام دعم القرار: شبكي، مركزي، أو هرمي.

بنية شبكية *Network Architecture*: تبدو كل كتلة، وكأنها نظام مستقل مبني حول نموذج محدد، ويتولى نظام إدارة الشبكة التنسيق بينها كما يوضح الشكل (١٠-١٢)، وتتميز بإمكانية إجراء أية تعديلات على الكتل دون أي تأثير على الكتل الأخرى، ولكنها تعاني من ضعف يتمثل بالتنسيق والتكامل فيما بين الكتل، وعدم وجود واجهة خطاب موحدة مع متخذ القرار بالإضافة إلى صعوبة التحكم بالبيانات.



بنية مركزية *Centred Architecture*: حيث تكون واجهات التخابر موحدة ومتكاملة وكذلك الحال هناك قاعدة بيانات مركزية متكاملة كما يوضح الشكل (١١-١٢)، لكنها أيضاً تعاني من صعوبات في تعديل الكتل البرمجية أو إضافة نماذج جديدة.



يمكن تعديل البنية المركزية إلى بنية هرمية *Hierarchical Architecture* وذلك بإضافة مدير *Supervisor* لكل من الكتل الرئيسية: الواجهات، النماذج، وقواعد البيانات، حيث يعمل هذا المشرف على تنظيم وضبط والتحكم بالعمليات والبيانات على السواء وضمان تناسقها وتكاملها، وتبدو هذه الحالة أفضل من البنيتين المركزية الشديدة والشبكية.

١٢-٤ نظم الدعم التنفيذية *EIS*

تعتبر نظم الدعم التنفيذية *Executive Support System* من التطورات المهمة لنظم دعم القرار، تُدعى أغلب الأحيان نظم معلومات القيادات *Executive Information System*.

يمكن تعريف *EIS* كنظام دعم قرار متخصص، يتضمن عادةً أنواع مختلفة من التجهيزات والبرمجيات والبيانات والإجراءات والبشر (باختصار مكونات نظام معلومات)، لكنها موجهة لمساعدة القيادات العليا في المنظمة لصناعة قرارات من أنماط متنوعة، تلعب *EIS* دوراً في تجميع البيانات من مصادر متنوعة، ثم دمجها وإظهارها بشكل بياني، أو جداول، أو تقارير، أو مؤشرات سهلة الفهم والتفسير، ووفق احتياجات قيادات المنظمة، تعتمد *EIS* بشكل كبير على إخراج البيانات بشكل بياني *Graphics* وتتمتع بواجهات تخاطب مريحة وسهلة الاستخدام بالإضافة إلى السرعة في إنجاز الطلبات، وتتضمن أيضاً وسائل التواصل الجماعي، وبالتالي يمكن النظر إليها كتعميم لنظم دعم القرار تقوم بمهام عديدة ومتنوعة.

تعتمد نظم الدعم التنفيذية على مجموعة من العوامل الداخلية والخارجية (Turban & Aronson, 2001) كما يوضح الجدول [١٢-٤].

الجدول [١٢-٤] عوامل مؤثرة على نظم الدعم التنفيذية

عوامل خارجية	عوامل داخلية
تزايد حجم وحدة المنافسة.	الحاجة للمعلومات بشكل آني.
التغيرات السريعة في قطاع الأعمال والبيئة المحيطة.	الحاجة لتحسين التواصل.
الحاجة لأن تكون المنظمة وقيادتها أكثر ديناميكية.	الحاجة للوصول إلى البيانات الميدانية.
الحاجة للوصول إلى قواعد البيانات الخارجية.	الحاجة لتحديث سريع لحالة الأعمال والنشاطات.
تزايد القيود والتشريعات الحكومية.	الحاجة للوصول إلى بيانات من مصادر متعددة.
	الحاجة لمعلومات ذات مصداقية وموثوقة.
	الحاجة لتمييز الاتجاهات العامة للأعمال.

خصائص EIS:

أ) خصائص المعلومات

- ✓ مرنة وسهلة الاستخدام.
- ✓ الوصول إلى المعلومات المناسبة في الوقت المناسب وإيجادها بالسرعة المناسبة.
- ✓ إنتاج المعلومات المناسبة والصحيحة والمقبولة.

ب) خصائص الواجهات

- ✓ معقدة بهدف تسهيل التعامل معها، وتوفير واجهات بيانية مريحة للمستخدم.
- ✓ يمكن استخدامها من مواقع مختلفة.
- ✓ تتمتع بالوثوقية والسرية في جميع مراحل العمل.
- ✓ يمكن تخصيصها حسب رغبات المستخدم.
- ✓ مناسبة لأسلوب عمل المدراء والقيادات.

ت) خصائص إدارية/قيادية

- ✓ تقدم الدعم على مستوى الرؤيا والاستراتيجية الإجمالية للمنظمة.
- ✓ إمكانية التعامل مع حالات شديدة الخطورة.

- ✓ يجب أن ترتبط بسلسلة القيمة المضافة لنشاطات المنظمة.
- ✓ تقديم الدعم للوصول إلى مصادر بيانات خارجية متنوعة.
- ✓ أن تكون موجهة بالنتائج بالدرجة الأولى.

وظائف/مهام EIS:

- ✓ المساعدة في تجميع البيانات من الجزئية إلى العمومية.
- ✓ تزويد المستخدم خيار استخدام بيانات خارجية بشكل مكثف.
- ✓ إظهار الاتجاهات العامة، المعدلات، والانحرافات للمتغيرات الرئيسية.
- ✓ المساعدة في دمج المخططات والأشكال البيانية ضمن النصوص بسهولة.
- ✓ المساعدة في تقييم البيانات التاريخية وإظهارها بيانياً.
- ✓ التأشير وإظهار المشكلات بشكل مختلف بحيث يساعد المدير على تمييزها بسهولة.
- ✓ إظهار شرح وافٍ للحلول المقترحة مع تفسيرات مطبوعة.
- ✓ الإدارة بالتقارير الاستثنائية.
- ✓ استخدام صفحات وأدوات الملتيميديا.
- ✓ أن تكون مزودة بكافة وسائل التواصل المساعدة بين المدراء.

فوائد EIS:

- ✓ إنجاز أهداف تنظيمية متنوعة.
- ✓ تسهيل الوصول إلى البيانات عبر تجميعها ودمجها من مصادر متنوعة.
- ✓ تسهيل رؤية واسعة ومتكاملة لإطار العمل، وتحسين الأداء التنافسي للمنظمة.
- ✓ تحسين التواصل، وتقاسم المعلومات والأفكار، وتحسين جودتها، وتحسين إنتاجية.
- ✓ تمكين القيادات من أدوات التخطيط الاستراتيجي، والتحكم بالخطط.
- ✓ تسهيل القرارات *Active* أكثر من ردود الفعل الآنية والمتسرة.
- ✓ تشجيع ثقافة المعلومات العامة، والمفتوحة لجميع المعنيين.
- ✓ المساعدة في حل مشكلات، أو أنماط محددة.

١٢-٥ نظم دعم القرار الجماعية GDSS

من أهم الفوائد لتطور نظم الاتصالات والإنترنت السماح بتطوير نظم دعم القرار الجماعية (GDSS) *Group Decision Support Systems* وذلك لمساعدة متخذ القرار على صناعة القرار بالاعتماد على فريق عمله، فهي نظام دعم قرار تأخذ بالاعتبار الجهات المساعدة لمتخذ القرار، ولها العديد من الحسنات:

- ✓ فهم أفضل للعديد من الاعتبارات وعناصر مشكلة القرار، باعتبار أن الفهم الجماعي المشترك للمشكلة هو دوماً أفضل من الفهم الفردي،
- ✓ الالتزام الجماعي بالقرار الناتج، ومسؤولية المشاركين عن القرار،
- ✓ تحسين التواصل وتشارك المعلومات والأفكار، حيث يلعب مفهوم التعاضد "التلاقح" الفكري دوراً إيجابياً للغاية،
- ✓ فهم أفضل لآراء المعترضين وتشجيع المتحفظين على التعبير عن آرائهم،

ومن أهم سلبياتها:

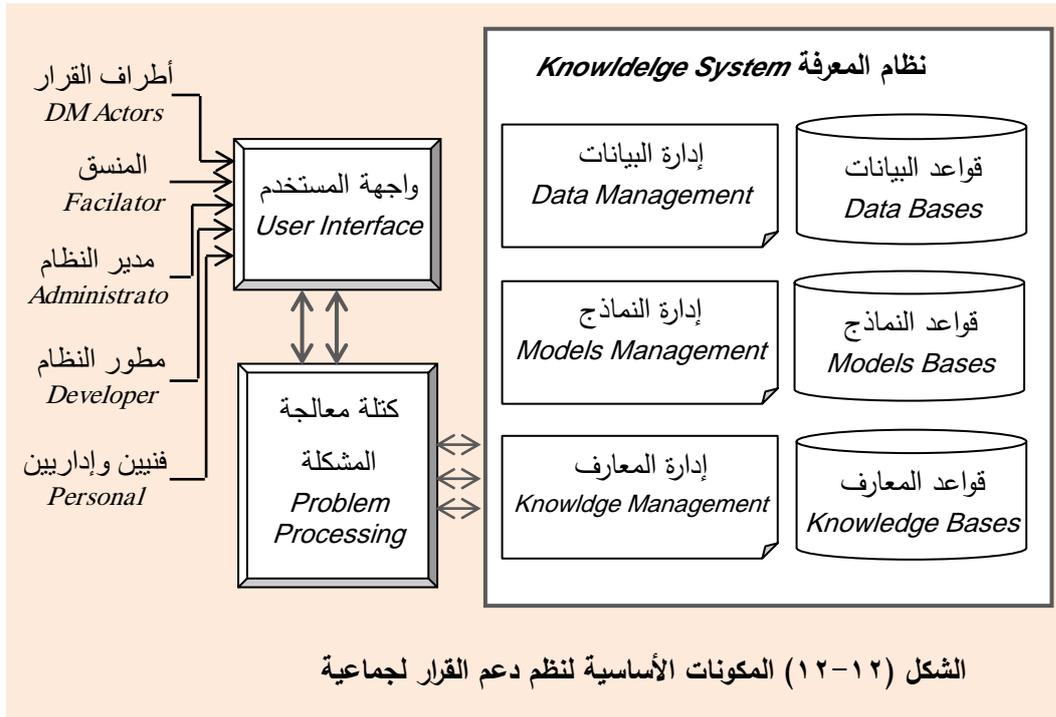
- ✓ الخوف من سيطرة مجموعة صغيرة على فكر المشاركين، وسيادة ثقافة واحدة،
- ✓ بطء إجراءات القرار وإطالة الاجتماعات بلا فائدة وهدر الوقت في نقاشات جانبية،
- ✓ الخوف من تشكل كتلت لا تخدم أهداف الاجتماع أو المنظمة،
- ✓ النزعة للحلول الوسطى التوفيقية التي قد تؤدي إلى قرارات ضعيفة، أو العكس نزعة المجموعة إلى اتخاذ قرارات أكثر خطورة بسبب المسؤولية الجماعية،
- ✓ تكاليف الاجتماعات والوقت غير المنتج،
- ✓ نقص المعلومات خلال الاجتماع وانتظارها أو تأجيل الاجتماع،
- ✓ مشكلات فينة، مثل انقطاع الاتصالات، أو عرض غير مناسب للبيانات، ...

نلاحظ أن معظم السلبيات والإيجابيات لها علاقة بطبيعة العمل الجماعي وليست ناجمة جوهرياً عن البعد الفني لنظم دعم القرار الجماعي.

المكونات الأساسية GDSS كما يوضح الشكل (١٢-١٢):

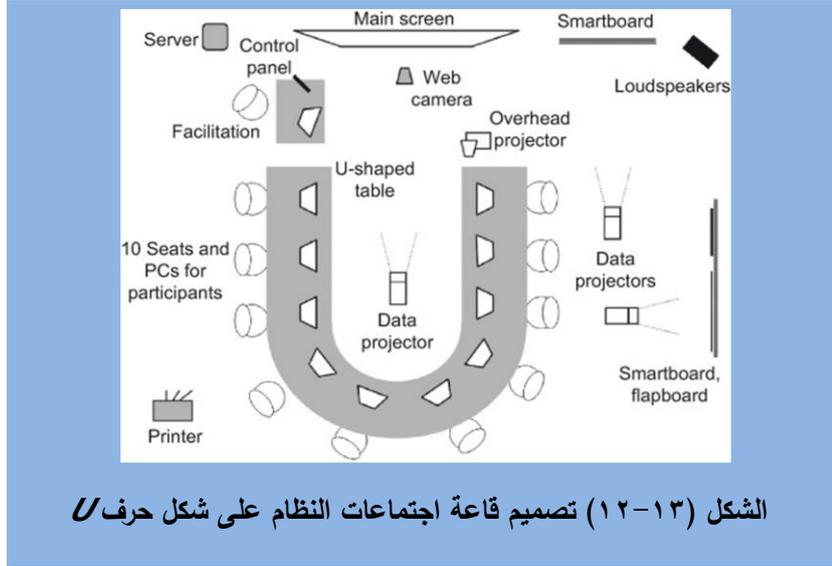
- (أ) التجهيزات: تجهيزات حواسيب، تجهيزات الإدخال والإخراج، وسائل البث التلفزيوني، ألواح وشاشات إلكترونية، شبكة اتصالات آمنة، تجهيزات اجتماعات عبر الشبكة.
- (ب) البرمجيات: قواعد بيانات ونظم إدارتها، قواعد نماذج ونظم إدارتها، واجهات تخاطب لعدة مستخدمين، برمجيات لتطبيقات التواصل الإلكتروني.
- (ت) الإجراءات والبشر: منسقي اجتماعات مدربين على النظام، أطراف القرار، الإداريين المعنيين، إجراءات تنظيمية وأمن الاتصالات، مدير النظام.

يعتمد نجاح نظام GDSS على التخطيط والتحضير المسبق لجلسات العمل الجماعي، ومشاركة المعنيين بشكل جدي، جو إيجابي من التعاون، النقد البناء للأفكار المطروحة، تنظيم طرح المقترحات وتقييمها، تحديد أولويات وأهداف الجلسات، فعالية نظام التوثيق الإلكتروني والعودة للسجلات، استحضار ذاكرة المنظمة.



كما يختلف تصميم قاعة اللقاءات الرئيسية (Videoconference Room) حسب الاحتياجات الفعلية والحضور، وتأخذ شكل حرف U في أغلب الأحيان كما يبين الشكل (١٢-١٣).

كما يبين الشكل (١٤-١٢) إحدى قاعات اجتماعات القوى الجوية الأمريكية والتي تستخدم نظام دعم قرار جماعي.



الشكل (١٤-١٢) إحدى صالات القوى الجوية الأمريكية تستخدم *GDSS*

١٢-٦ التطبيقات والصعوبات

هناك العديد من تطبيقات نظم دعم القرار في جميع المجالات، ولكن ليس دون صعوبات كما سنرى.

١٢-٦-١ تطبيقات وأمثلة

تطبيقات في مجال المساعدة على اختيار الاستثمارات والأسهم في البورصة (Luo & Davis, 2002)، (Yong & Taib, 2009)، ومن أهم البرمجيات في هذا المجال *Suite Financial Analysis* (٦٤).

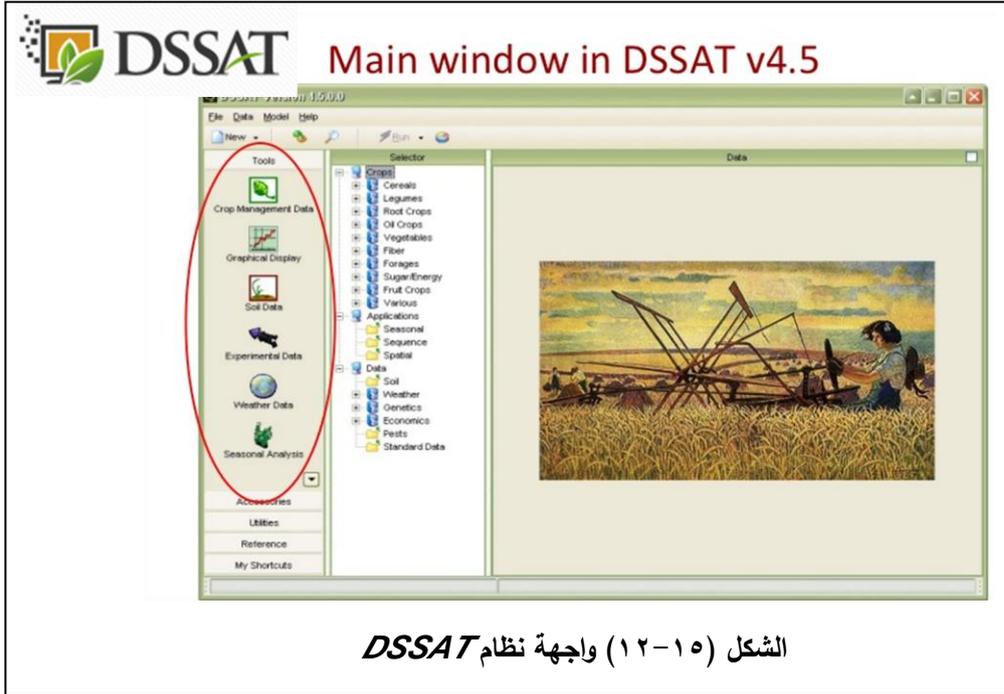
تطبيقات على مستوى إدارة الأداء في الحكومات المحلية (Peignot, 2013) يظهر أهمية تطبيقها لدى الإدارات المحلية الفرنسية، حيث تساعد في صناعة القرار وإدارة الأداء والرقابة الإدارية، على صعيد استخدام البيانات والبحث عنها: حوالي ٧١% لديهم *DSS*، و٧٨% ممن لا يستخدمونها يرغبون باستخدامها، أكثر من ٧٠% يستخدمونها مع تطبيقات أخرى مثل *Excel*، الغالبية (٥٤%) يرى أن مقاومة التغيير هي أهم عائق أمام توطين *DSS*، تردد الإدارة في تقاسم المعلومات (خوف من فقدان السلطة).

تطبيقات كثيرة للمساعدة في تشخيص الأمراض واقتراح المعالجات المناسبة (Berner, 2007).

تطبيقات في مجال التجارة والأعمال الإلكترونية (Velmurugan, 2008).

تشخيص أمراض النباتات والمزروعات كما يفعل مركز البحوث الزراعية في فرنسا *IRA*، أو نظام *DSSAT* لمساعدة الإدارة الخاصة بالمساعدات الأمريكية *USAID* في تقييم عدة منظومات للإنتاج الزراعي بشكل سريع لتقديم الإعانات والمساعدات اللازمة (Hoogenboom, 2003).

٦٤. الموقع الإلكتروني www.financeisland.com.



مراقبة الأنهار والفيضانات: في عام ١٩٩١، تم تطوير DSS في جامعة Colorado خاص لمراقبة حالة الأنهار والفيضانات اعتماداً على معلومات الأحوال الجوية، عرض المعلومات بيانياً على الخرائط، تقييم احتمالات أسوأ السيناريوهات وتوقيت حصولها ونتائجها المحتملة، وذلك تحت اسم (Small, 1993) EMWDP: Emergency Management Weather Dissemination Project.

نظام خاص لشركة SNCF فرنسا ١٩٩١: نظام ذكي لمحاكاة عمل مديري محطات الخطوط الحديدية الفرنسية، ومدى ثبات جدول حركة القطارات في حالات الطوارئ، تطوير مخبر LAMSADE جامعة باريس دوفين (Tariel, 2001).

برنامج Risk من إنتاج شركة Palisade، ويُحدّث باستمرار منذ ١٩٨٨، يستخدم تقنيات إحصائية، وبعض نماذج المحاكاة التقليدية ويمكن دمجه مع برنامج MS Excel، موجه لمشاريع صغيرة ومتوسطة بسعر معقول لا يتجاوز ٥ آلاف دولار^(١٥).

^{١٥}. للمزيد عن منتجات الشركة، يمكن مراجعة موقعها الإلكتروني www.palisade.com.

Palisade Software

PrecisionTree
Version 6.3
Visual decision analysis for Excel using decision trees.

NeuralTools 6
Sophisticated Neural Networks for Excel

Data Analysis

NeuralTools
Version 6.3
Sophisticated neural networks for Excel.

StatTools
Version 6.3
Advanced statistics toolkit for Excel.

Risk & Decision Analysis

The DecisionTools Suite
Version 6.3
The complete risk and decision analysis toolkit, including @RISK, PrecisionTree, TopRank, NeuralTools, StatTools, Evolver, and RISKOptimizer.

Optimization

Evolver
Version 6.3
Innovative optimization for Excel

@RISK
Version 6.3
Risk analysis for Excel and Microsoft Project using Monte Carlo simulation. Add risk analysis to any spreadsheet model or Project schedule using Excel.

الشكل (١٦-١٢) بعض منتجات شركة Palisade من البرمجيات الذكية

هناك أنظمة ذات طابع عام مثل نظم المعلومات الجغرافية GIS، نظام ExpertChoice الذي يعتمد طريقة التحليل الهرمي AHP، مجموعة طرق ELECTRE، وبين أيدينا جميعاً Excel.

١٢-٦-٢ صعوبات تطبيق نظم دعم القرار

هناك العديد من الصعوبات التي تعترض تطوير وتطبيق نظم دعم القرارات في المنظمات، ويمكن تصنيفها في عدة فئات: قضايا نظرية غير محلولة أو صعبة الحل، قضايا تتعلق بثقافة نظم المعلومات والبنى التحتية، وأخرى تتعلق بتأهيل العاملين.

أولاً - قضايا ذات طابع نظري

أ- قضية تمثيل المعارف والخبرات *Representing the knowledge*: غالباً يتم تمثيل خبرات ومعارف الخبير عبر مجموعة من قواعد الإنتاج *Production Rules* على شكل "إذا ... إذاً ...". لكن القدرة على تمثيل هذه الخبرات بشكل قواعد في أحيان كثيرة غير ممكنة وصعبة للغاية.

ب- قضية اكتساب الخبرة من الخبراء *Getting knowledge from experts*: صعوبة حقيقة أن

يستطيع الخبير التعبير عن معارفه وخبراته على شكل قواعد معرفة، وحتى يصعب عليه التعبير عنها باللغة الطبيعية.

ج- قضية تنازع (تناقض) القواعد *Resolving Rules Conflicts*: من الطبيعي أن نجد تناقض بين القواعد، كيف يتم حل هذه النزاعات قضية شائكة للغاية؟، ويجب في هذه الحالة أن تتمتع خوارزميات كشف التناقض ومعالجتها بقدرات هائلة.

د- قضية الاستنتاج والاستخلاص *Producing a Conclusion*: تأتي المعارف والوقائع من الكم الهائل للبيانات، وبالتالي فإن استخلاص واقعة أو حقيقة جديدة ضمن فترة زمنية معقولة قضية بالغة الأهمية، مع عدم إغفال الأهمية الكبرى لمصادقية هذا الاستنتاج.

هـ- قضية التعليم *Learning*: يجب أن يتضمن النظام تعلم، واكتساب الخبرات لمتخذ القرار أو الخبير، أو نقلها لآخرين عبر خوارزميات تعلم مستمر، مما يعطي فعلاً للنظام استمرارية وقيمة مضافة حقيقية في صناعة القرارات.

ثانياً - قضايا تتعلق بثقافة نظم المعلومات والبنى التحتية

يأتي في مقدمتها:

- أ- ضعف ثقافة المعلوماتية ونقص تجهيزات المعلومات وتطبيقاتها.
- ب- جاهزية البنى التحتية خصوصاً شبكات الاتصالات.
- ج- جاهزية قواعد البيانات وتحديثها المستمر، بالإضافة إلى مصادقية البيانات.
- د- صعوبة التعريف السليم لإجراءات وعملية صناعة القرار.
- هـ- السرية خصوصاً في القرارات الاستراتيجية.

ثالثاً - قضايا تتعلق بتأهيل العاملين

- أ- ضعف تأهيل العاملين في التعامل مع تكنولوجيا المعلومات.
- ب- واجهات التخاطب غير مريحة، سرعة وسهولة التعامل مع النظام.
- ج- ضعف التعامل المنهجي والعلمي مع حل مشكلات القرار.
- د- عدم انخراط العديد من أطراف القرار في التعامل مع النظام لأسباب متنوعة.

هـ- التخوف من فقدان جزء من السلطة في حال تقاسم المعلومات والخبرات والمعارف، فالمعرفة أحد الأشكال الثلاث لممارسة السلطة كما يقول *Alvin Toffler* (١٩٩٠): العنف *Violence*، الثروة *Wealth*، والمعرفة *Knowledge*.

اختبارات وأسئلة الفصل الثاني عشر Tests

(١) أسئلة صح / خطأ True/False

خطأ	صح	السؤال
		١ لا تختلف إطلاقاً نظم دعم القرار عن نظم المعلومات الإدارية التقليدية.
		٢ يُقصد بالنظرة البسيطة في حالة استخدام نظم دعم القرار المساعدة لإيجاد الحل عبر إنجاز العمليات واختيار البديل الأفضل.
		٣ يُقصد بالنظرة المعقدة في حالة استخدام نظم دعم القرار المساعدة في بناء الحل عبر اعتبار متخذ القرار جزءاً من طريقة البحث عن الحل.
		٤ يُقصد بالنظرة الشمولية في حالة استخدام نظم دعم القرار المساعدة في بناء المشكلة عبر استكشاف فضاء المشكلة والبدائل وإجراءات الحل.
		٥ يعرف نظام DSS على أنه نظام معلومات بهدف مساعدة متخذ القرار في مواجهة المشكلات الصعبة عبر آلية التفاعلية في النظام.
		٦ تعتمد DSS على مهندس المعلوماتية في حين تعتمد MIS على متخذ القرار.
		٧ يُنظر إلى ذكاء الأعمال كتطبيقات جانبية لنظم دعم القرار.
		٨ المكونات الثلاث الرئيسية لنظم دعم القرار: البيانات، النماذج، واجهات التخاطب.
		٩ يتم تصميم DSS لتعمل بشكل حلقي أو تكراري Iterative .
		١٠ يُقصد بالتفاعلية Interactivity مجرد واجهة تعامل بين النظام ومتخذ القرار.
		١١ من أهم خصائص DSS أن تؤدي الدعم الذكي وليس استبدال متخذ القرار.
		١٢ من أهم خصائص DSS أن تؤدي الدعم لحل المشكلات الصعبة والمعقدة.
		١٣ يزداد صعوبة وتعقيد المشكلات كلما ارتقينا السلم التنظيمي وتزداد الحاجة لـ DSS.
		١٤ تحتاج المشكلات غير المهيكلة بشكل خاص إلى نظم دعم القرار ونظم الدعم التنفيذية ونظم الخبرة، ...
		١٥ يختلف تصنيف DSS حسب طبيعة طريقة المساعدة المرجوة وطبيعة المشكلة.
		١٦ يمكن دوماً استخدام أي نوع من DSS لحل أي نوع من المشكلات.
		١٧ من حيث المبدأ، تختلف بنى تصميم قواعد البيانات جذرياً حسب نوع DSS.
		١٨ تبدو البنية المركزية المعدلة إلى بنية هرمية التصميم الأنسب لواجهات التخاطب.
		١٩ يُنظر إلى نظم الدعم التنفيذية EIS كنوع خاص من نظم دعم القرار.
		٢٠ يجب أن تأخذ نظم دعم القرار الجماعي GDSS بالاعتبار كافة أطراف القرار.
		٢١ يعتمد نجاح GDSS على التخطيط والتحضير المسبق لجلسات العمل الجماعي.
		٢٢ لا تُشكل القضايا النظرية أية صعوبة في تطبيق نظم دعم القرار.
		٢٣ من أهم القضايا النظرية التي تعيق تطبيق DSS تمثيل المعارف والخبرات.
		٢٤ لا يشكل انتشار الثقافة المعلوماتية أي عائق لتطبيق DSS.

٢٥ من أهم معيقات تطبيق *DSS* الخوف من فقدان سلطة امتلاك المعلومات.

٢) أسئلة خيارات متعددة *Multiple Choices*

- ١- يمكن تمييز عدة حالات لمشكلة القرار تبدو *DSS* مفيدة لمساعدة متخذ القرار هي:
- (أ) نظرة بسيطة أي إيجاد الحل
(ب) نظرة معقدة أي بناء الحل
(ج) نظرة شمولية أي بناء المشكلة
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٢- أهم الفروقات بين *DSS* ونظم المعلومات الإدارية *MIS* ما يلي:
- (أ) إدخال مفاهيم وأدوات حل المشكلات في *DSS*
(ب) لا يوجد أي فرق
(ج) إدخال مفاهيم وأدوات حل المشكلات في *MIS*
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٣- تبدو العلاقة بين نظم دعم القرار *DSS* وذكاء الأعمال *BI*:
- (أ) مفهوم وتطبيقات *DSS* أشمل وأعم من *BI*
(ب) لا يوجد أي فرق بينهما
(ج) مفهوم وتطبيقات *BI* أشمل وأعم من *DSS*
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٤- المكونات الرئيسية لنظام دعم القرار *DSS* هي بالإضافة إلى قواعد البيانات ونظم إدارتها:
- (أ) قواعد التنظيم الإداري
(ب) قواعد النماذج وواجهات التخاطب ونظم إدارتها
(ج) الأفراد والتجهيزات
(د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٥- من أهم خصائص نظام دعم القرار *DSS* ما يلي:
- (أ) تصميم موجه لدعم صناعة القرار
(ب) سرعة الاستجابة إلى تغيرات الاحتياجات
(ج) تقديم الدعم للمشكلات الصعبة
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٦- من أهم فوائد نظام دعم القرار *DSS* ما يلي:
- (أ) تحسين الأداء الفردي والتعلم المستمر
(ب) تسريع إجراءات صناعة القرار
(ج) تشجيع الابتكار والإبداع
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٧- يمكن تصنيف نظم دعم القرار *DSS* بشكل عام كما يلي:
- (أ) نظم سلبية *Passive*
(ب) نظم فاعلة *Active*
(ج) نظم تعاونية *Cooperative*
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٨- يمكن تصنيف نظم دعم القرار *DSS* حسب طريقة المساعدة أو نمط المشكلة كما يلي:
- (أ) نظم موجهة اتصالات
(ب) نظم موجهة بيانات
(ج) نظم موجهة نماذج ومعارف
(د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٩- الوظائف الرئيسية لنظام إدارة قواعد البيانات ما يلي:

أ) الاختيار، والدمج والإسقاط
 ب) التقسيم والضرب والجمع
 ج) الحذف والإضافة والتجميع
 د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٠- يأخذ تصميم قاعدة النماذج في نظم *DSS* أشكالاً عديدة من أهمها:

أ) تخزين طرق متعارف عليها
 ب) تطوير نظم خبيرة مع محرك استنتاج
 ج) تطوير علبة أدوات لأغراض عامة
 د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

١١- يجب أن تسمح النماذج في نظم *DSS* مهما كانت طبيعتها بتحليلات أساسية أهمها:

أ) تجميع بيانات، جمعها، حذفها
 ب) تحليل حساسية، المحاكاة، وتحليل ماذا لو؟
 ج) جمع، ضرب، قسمة
 د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٢- يُقصد بالتفاعلية *Interactivity* في نظم *DSS* ما يلي:

أ) التشريك بين متخذ القرار والنظام لإيجاد حل للمشكلة
 ب) توزيع ونشر المعلومات لأطراف القرار
 ج) التفاعل بين قاعدة البيانات وقاعدة النماذج
 د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

١٣- يجب أن تسمح نظم *DSS* في معرض تطبيق آلية التفاعلية لمتخذ القرار:

أ) قبول أي حل يعرضه النظام
 ب) سد الثغرات في أحكامه واكتساب الخبرات
 ج) زيادة حجم البيانات التي يعالجها
 د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

١٤- من أهم سلبيات *GDSS* ما يلي:

أ) النزعة للحلول الوسط والتراضي
 ب) الخوف من سيطرة مجموعة صغيرة
 ج) نقص المعلومات أو مصداقيتها
 د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

١٥- من أهم إيجابيات *GDSS* ما يلي:

أ) فهم أكبر ومشترك للمشكلة وعناصرها
 ب) الالتزام الجماعي بالقرار الناتج
 ج) تحسين التواصل وتشارك المعلومات
 د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

٣) أسئلة ١ قضايا للمناقشة

السؤال (١) أوجه تقديم *DSS* المساعدة لمتخذ القرار.

يمكن لنظم دعم القرار أن تقدم المساعدة لمتخذ القرار بثلاثة أوجه مختلفة في مستوى صعوبتها، والمطلوب:

١) اشرح بإيجاز كل من هذه الحالات الثلاثة.

٢) وضح إجابتك بالأمثلة.

٣) وضح أثناء شرح هذه الحالات الفرق الجوهرية الكامنة بينها.

السؤال (٢) نظم دعم القرار *DSS* ونظم المعلومات الإدارية *MIS* وكذا الأعمال *BI*.

- (١) اشرح بإيجاز مفهوم نظام دعم القرار.
- (٢) ما أهم الفروقات بين نظم *DSS*، ونظم المعلومات الإدارية التقليدية *MIS*؟
- (٣) ما أهم الفروقات بين ذكاء الأعمال *BI*، ونظم دعم القرار *DSS*.

السؤال (٣) خصائص وفوائد نظم دعم القرار *DSS*.

- (١) ما هي أهم خصائص نظام دعم القرار.
- (٢) ما هي أهم فوائد نظم دعم القرار *DSS*؟

السؤال (٤) مستويات المساعدة حسب صعوبة المشكلة.

- تصنف المشكلات حسب مدى صعوبتها وتعقيدها في ثلاث فئات، ويتعلق هذا التصنيف بتموضع المشكلة في الهرم التنظيمي للمنظمة، والمطلوب:
- (١) اشرح بإيجاز كل من هذه الفئات.
 - (٢) وضح كيف يمكن لنظم *DSS* تقديم المساعدة حسب كل فئة من هذه الفئات الثلاث؟
 - (٣) يفضل توضيح إجاباتك بالأمثلة.

السؤال (٥) تصنيف نظم دعم القرار.

- يُمكن تصنيف نظم دعم القرار وفق معايير عديدة، أهمها العلاقة مع متخذ القرار واحتياجاته، أو حسب نمط المشكلة المطروحة، والمطلوب:
- (١) اشرح بإيجاز الفئات الثلاث التي تُوَطر احتياجات متخذ القرار.
 - (٢) اشرح بإيجاز الفئات الخمسة الأساسية التي تُوَطر نمط المشكلات التي تساعد فيها *DSS*.
 - (٣) يفضل توضيح إجاباتك بالأمثلة.

السؤال (٦) مكونات نظم دعم القرار.

- هناك ثلاث كتل رئيسة من المكونات لنظم دعم القرار، والمطلوب:
- (١) وضح بالرسم المكونات الرئيسية لنظام دعم القرار.
 - (٢) اشرح بإيجاز هذه الكتل الثلاث من المكونات.

السؤال (٧) تطبيقات نظم دعم القرار والصعوبات.

- (١) اشرح بإيجاز أهم تطبيقات نظم دعم القرار في مجال قطاعات الأعمال.
- (٢) اشرح بإيجاز أهم الصعوبات التي تعيق تطبيق نظم دعم القرار في المنظمات.

الفصل الثالث عشر: مدخل إلى نظرية الألعاب

Introduction to Game Theory



الفنان منذر علي^(٦٦)

منذر علي ٢٠١٥
Monzer
الفرافرة

زيت على خشب c m 30-40

^{٦٦}. منذر علي (١٩٦١-) فنان سوري متميز، اشتهر بلوحاته الطبيعية الممزوجة بالانطباعية.

ملخص الفصل

يأتي هذا الفصل كخاتمة لنماذج صناعة القرارات، وكمقدمة لنماذج نظرية الألعاب، حيث أن جميع النماذج السابقة تفترض وجود متخذ قرار وحيد، في حين نجد في نماذج الألعاب طرفين اثنين على الأقل بمنظومات قيم مختلفة كلياً، سنستعرض في هذا الفصل المفاهيم الأساسية لنظرية الألعاب، وبعض النماذج البسيطة المستندة بشكل رئيسي على نظرية توازن ناش خصوصاً تلك المتعلقة بنماذج المنافسة الاقتصادية بين الشركات، كما سنحاول في نهاية الفصل التعرض إلى أهم تطبيقات نظرية الألعاب وصعوبات تطبيقها.

كلمات مفتاحية

اللعبة *Game*، اللاعب *Player*، الحركة *Action*، الاستراتيجية *Strategy*، المكاسب *Payoffs*، الحصيلة *Outcome*، مأزق السجين *Prisoner's Dilemma*، توازن ناش *Nash Equilibrium*، الرد الأفضل *Best Response*، استراتيجية مهيمنة *Dominated Strategy*، لعبة كورنو *Cournot Model*، لعبة برتراند *Bertrand Model*، استراتيجية مختلطة *Mixed Strategy*، لعبة جزئية *Subgame*، لعبة ستاغليبرغ *Stackelberg Model*، الاستقراء التراجعي *Backward Induction*.

مخطط الفصل

- ١-١٣ مفاهيم أساسية *Basic Concepts*.
- ٢-١٣ توازن ناش *Nash Equilibrium*.
- ٣-١٣ الاستراتيجية المختلطة *Mixed Strategy*.
- ٤-١٣ الألعاب الموسعة بمعلومات كاملة *Extensive Game with Perfect Information*.
- ٥-١٣ تطبيقات نظرية الألعاب والصعوبات.

١-١٣ مفاهيم أساسية *Basic Concepts*

نظرية الألعاب هي دراسة ما يقوم به الكائن العقلاني *Rational* (متخذ القرار) في بعض الحالات، ولا تخرج عن الإطار العام لنظرية القرارات، أي كيف يتم اختيار البديل الأنسب في هذه الحالات باستخدام أدوات نظرية القرارات بفرض وجود طرف عقلائي آخر مشكوك في خياراته، ولا يمكن التنبؤ بها، بمعنى أن هناك تضارب مصالح بين طرفين على الأقل يشكلان منظومتي قيم مختلفتين.

لقد كان علماء الاقتصاد مشدودين بقوة إلى فرضيات مذهب الحرية الاقتصادية، التي تقضي بترك الأطراف مُسيّرين بإراداتهم ورغباتهم الخاصة، وبأن خياراتهم الأنانية ستجعل الاقتصاد يعمل بفاعلية أكبر، لكن ظهور طرق نظرية الألعاب أدى دوراً كبيراً في تحرير علم الاقتصاد من هذه الفرضيات، كما بقيت طويلاً طرق نظرية الألعاب تستند إلى مسلمة أن الناس تقوم بخيارات عقلانية أنانية، يمكن لهذه الطرق التنبؤ بها، لكن الكثير من الحالات الواقعية والمؤطرة نظرياً يضعف من مصداقية فرضية الأنانية غير المقيدة والتصرف بعقلانية، كما سنرى في العديد من المعضلات في هذا الفصل.

كانت البدايات العلمية لنظرية الألعاب في أربعينيات القرن الماضي على يد العالمين *Neumann* و *Morgenstern* في كتابهما الشهير *The Theory of Games and Economics* (١٩٤٤)، وتطورت بشكل متسارع في الخمسينات على يد حامل جائزة نوبل في الاقتصاد *J. Nash*^(٦٧)، وترتبط نظرية الألعاب ارتباطاً وثيقاً بعلوم الاقتصاد ونظريات السلوك الإنساني، كما بدأت تطبيقاتها تنتشر في كافة المجالات الاقتصادية والاجتماعية والسياسية وبشكل خاص العسكرية، وبدأت نظرية الألعاب تشق طريقها لتشكّل مجالاً معرفياً مستقلاً عن العلوم التي ولد من رحمها، وبشكل خاص العلوم الرياضية والاقتصادية، يكفي أن نشير إلى أهمية الإنتاج المعرفي في هذا المجال أن العديد من حاملي جائزة نوبل في الاقتصاد هم من الباحثين في نظرية الألعاب، وصناعة القرارات، وإن كانت أكثر تطبيقاتها تذهب إلى العلوم الاقتصادية^(٦٨).

^{٦٧} *John Forbes Nash* (١٩٢٨-٢٠١٥) رياضي أمريكي كان مصاباً بانفصام الشخصية، حائز مع عدد من زملائه على جائزة نوبل عام ١٩٩٤ عن أعمالهم في نظرية الألعاب، تم إنتاج فيلم بعنوان عقل جميل *Beautiful Mind* عن حياته مثل دوره *Russel Crowe* عام ٢٠٠١.

^{٦٨} يبلغ العدد ١١ عالماً منذ تأسيس الجائزة عام ١٩٦٩، ومنهم *J. Nash*، *H. Simon*، *R.J. Aumann*، وآخرهم *J. Tirole* عام ٢٠١٤ ويمكن الاطلاع عن أسماء وأعمال هؤلاء الباحثي على موقع مؤسسة نوبل

١-١-١٣ تعريف

ينظر إلى نظرية الألعاب *Game Theory* على أنها مجموعة من الأدوات للتنبؤ بحصيلة تفاعل مجموعة من الأطراف، حيث تُؤثر تصرفات كل طرف مباشرةً على مكاسب الأطراف الأخرى، أو دراسة المشكلات التي تواجه عدة متخذي قرار بنفس الوقت (Gibbons, 1992)، أو مجموعة الأدوات التحليلية مصممة لفهم والتعامل مع ظاهرة التفاعل بين عدة متخذي قرار (Osborne & Rubinstein, 1994)، ونورد فيما يلي أهم المصطلحات المتعارف عليها لدى الحديث عن نظرية الألعاب.

اللعبة *Game*: يمكن تلخيص اللعبة على أنها موقف (معضلة أو مأزق أو مشكلة) يجب على اللاعبين (اثنين على الأقل) اتخاذ قرارات بشكل مستقل، يكون للعبة قواعد وأنظمة للتعامل مع الظروف والأحداث في بدء، وخلال اللعب ويقبل بها الجميع.

اللاعب *Player*: طرف مستقل يتصرف بناءً على منظومة قيمه *Values System* الخاصة بهدف تحقيق أقصى منفعة من اللعبة، وتشكل مجموعة الأطراف المتنافسة في اللعبة، ومن أهم المسلمات التي يُفترض أن يتمتع بها اللاعب:

أ- التصرف بشكل عقلاني *Rational*، أي تعظيم احتمالات الربح والمكاسب الخاصة به، وليس بناءً على مشاعره "حب" أو "كره".

ب- توقع خيارات اللاعبين الآخرين، وأخذها بالاعتبار في قراراته واستراتيجياته.

مكونات وعناصر اللعبة:

أ- أطراف اللعبة أي اللاعبون أو المتنافسون، لكل لاعب خياراته وأهدافه الخاصة.

ب- قواعد اللعبة التي يجب أن تكون معلنة لجميع اللاعبين، وعليهم الالتزام بها.

ج- المعلومات المتوفرة التي يمكن أن تكون كاملة أو منقوصة.

د- حصيلة اللعبة أي النتيجة النهائية التي تصل إليها اللعبة.

هـ- مصفوفة المكاسب أو الإيرادات المستندة إلى حصيلة اللعبة.

القرار أو الخطوة أو الحركة *Action*: الفعل الذي ينقل اللعبة من حالة إلى أخرى، قد تكون الحركة مركبة من أكثر من لاعب على التوازي أو على التوالي وفقاً لقواعد اللعبة، قد تكون الحركة ناتجة عن قرار اللاعب أو بفعل الصدفة مثل إلقاء حجر النرد، ويمكن تقدير احتمالات نتائج الحركة ومكاسبها.

الاستراتيجية *Strategy*: مجموعة الحركات أو القرارات التي يقوم بها اللاعب، وتشكل الخطط جزءاً من الاستراتيجية، فالخطة *Plan* هي قائمة الخيارات الأفضل للاعب في كل مرحلة من مراحل اللعبة مع الأخذ بالاعتبار لجميع الحركات الممكنة للاعبين الآخرين قبل اتخاذ القرار، ويقدر احتمالاتها وأرباحها المتوقعة، قد يتبع اللاعب خطة واحدة تُدعى باستراتيجية مطلقة أو صريحة *Pure Strategy* أو عدة خطط وتشكل استراتيجية مختلطة *Mixed Strategy*.

المكاسب أو الإيرادات *Payoffs*: يكون لكل لاعب في نهاية اللعبة إيرادات أو مكاسب *Payoffs* حيث يسعى لتعظيمها *Maximization*، وعادةً ما تنظم المكاسب في جدول يدعى مصفوفة المكاسب *Payoffs Matrix*، ويسعى اللاعب العقلاني لتعظيم المنفعة *Expected Utility* من هذه المكاسب، ويبدو نموذج تابع المنفعة المشار إليه في الفصل الثامن مناسب جداً لهذا النمط من توابع المكاسب.

الحصيلة أو النصيب الإجمالي *Outcome*: هو ما تتوصل إليه النتيجة النهائية للعبة، أحياناً تكون الحصيلة واضحة مثل لعبة الشطرنج رابح/خاسر، وأحياناً تمثل مقدار النقود التي يجنيها كل لاعب مثل لعبة البوكر، وتمثل الحصيلة الإجمالية بمجموع مكاسب كل اللاعبين.

نميز بين حصيلة اللعبة *Outcomes* ومكاسب اللعبة *Payoffs*، فالحصيلة يمكن توصيفها بسهولة، مثلاً كمية المال التي ربحها، الذهاب إلى السجن أو أن يصبح وزيراً،...؛ في حين أن الإيرادات تعبر عن إدراك ومنفعة اللاعب من هذه الحصيلة دون أن نستطيع فهم أو تفسير خلفية الإيرادات، وماذا تعني له؟ حيث نرفض أن كل لاعب يسعى إلى تعظيم منفعة المتوقعة.

الصيغة الطبيعية *Normal Form*: لعبة من مرحلة واحدة تمثل على شكل جدول توضع فيه مكاسب كل من اللاعبين، ويتم اللعب بشكل متزامن لمرة واحدة دون معرفة اللاعب ما يقوم به اللاعبون الآخرون.

الصيغة الموسعة *Extensive Form*: لعبة على شكل مراحل مرتبة زمنياً ويمكن تمثيلها على شكل شجرة قرارات، حيث تمثل العقدة نقطة خيار لأحد اللاعبين، وتوضع مكاسب اللعبة في نهاية فروع الشجرة، كما تُحدد بشكل واضح قواعد اللعب التي قد تكون معلوماتها معلنة بشكل كامل أو لا.

أمثلة أولية عن تطبيقات نظرية الألعاب:

- ✓ الاقتصاد والسوق الحر: يُعتبر أفضل مكان لاختبار نظرية الألعاب، فالمستهلك يريد السعر الأرخص والجودة الأعلى، في حين يريد البائع أعلى سعر وبأقل جودة.
- ✓ في العلوم السياسية وخصوصاً الانتخابات وتشكيل مجموعات الضغط (*Lobbies*، *Downs*)، (1957)، تشكيل التحالفات الحكومية، الانتخابات (*Arrow*, 1953).
- ✓ التهديدات: لعبة تقوم على خلق هواجس الرعب لدى الطرف الآخر، مع وجود تهديد حقيقي قابل للتصديق، تبدأ اللعبة عندما يقع الطرف الثاني في دوامة الخوف من تنفيذ التهديد، مثال تهديد التدمير النووي الشامل.
- ✓ في التنبؤ بالتطور البيولوجي للكائنات الحية بداية بأبحاث داورين *Darwin* وليس انتهاءً بأبحاث *M. Smith* (1974).
- ✓ في اختبار أساليب التعاون بين الشركات، وإنشاء التحالفات طويلة الأمد على غرار سلاسل الإمداد والتمويل.
- ✓ التطبيقات كثيرة جداً في علوم السلوك الإنساني.

١٣-١-٢ أمثلة توضيحية

مثال (١٣-١) لعبة مأزق السجين *Prisoner's Dilemma*.

مشكلة تقليدية في نظرية الألعاب للتعبير عن التعاون الضمني بين اللاعبين. تنص اللعبة على وجود متهمين اثنين بجريمة، حيث لا يملك القاضي أدلة كافية لإدانة أيٍّ منهما، الخيارات المتاحة لكل من المتهمين أن يشهد ضد الآخر أو يلتزم الصمت، ولا يعلم كل متهم بخيار الآخر كما يمنع التواصل بينهما:

أ. في حال التزم المتهمان الصمت فلن يستطيع القاضي إثبات التهمة ضد أي منهما، يُحكم على كل منهما بالسجن سنة.

ب. وفي حال شهد أحدهما ضد الآخر، واعترف الآخر: يخرج الشاهد دون محاكمة، ويُحكم على الآخر ٩ سنوات.

ج. في حال اعتراف كل منهما على الآخر: يُحكم على كل منهما بالسجن ٦ سنوات.

الجدول [١٣-١] مأزق السجين، الشكل التقليدي

المتهم الثاني			
صمت	اعتراف		
(١-، ١-)	(٠، ٩-)	صمت	المتهم الأول
(٠، ٩-)	(٦-، ٦-)	اعتراف	

تكمن المعضلة بعدم التواصل بين المتهمين، فالمكسب الأفضل لكل سجين منفرداً هو بالاعتراف، فإن حدث الاعتراف تكون حصيلة اللعبة السجن ٦ سنوات لكل منهما، في حين أن الخيار اللاعقلاني بالتزام الصمت قد يؤدي إلى السجن ٩ سنوات.

يمكن مقارنة حالة الردع النووي القائمة بين الاتحاد السوفيتي السابق والولايات المتحدة بنفس المنطق، حيث وصل البلدان إلى حالة من الاستقرار لا مصلحة لأي منهما بالحياد عنها باتجاه استخدام الأسلحة النووية، إذ من المؤكد في حال استخدامها أن التدمير سيكون متبادلاً وشاملاً للبلدين *Mutual Assured Destruction* (Plous, 1993)، وقد اختبرت حالة الردع هذه في أزمة الصواريخ الكوبية عام ١٩٦٢ (Trachtenberg, 1985).

مثال (١٣-٢) لعبة الاختيار بين حرفين A, B .

يختار كل لاعب حرفاً A أو B ، حيث يتم -بعد إنجاز الاختيار- المقارنة والربح وفق الجدول الآتي [١٣-٢ الحالة ١].

اللاعب الثاني C		اللاعب الأول R	
اختار b	اختار a	اختار A	اختار B
(٠، ٥)	(١، ١)		
(٣، ٣)	(٥، ٠)		

- ✓ مهما كان خيار اللاعب الثاني، فإن الأول يربح أكثر باختياره A . إذا اختار الثاني a ، فإن الأول يربح ١ إذا اختار A و ٠ إذا اختار B وبالتالي سيختار A . وفي حال اختار الثاني b ، فإن الأول يربح ٥ إذا اختار A ويربح ٣ إذا اختار B ، وبالتالي سيختار A .
- ✓ وبالتناظر، فإنه مهما كان خيار الأول، فإن الثاني يربح أكثر باختياره a .
- ✓ أي أن كل منهما سيختار A بشكل منفرد، والربح سيكون ١ لكل منهما.

✓ لكن اللاعبين سيربحان أكثر إذا اختار كل منهما B ، حيث المكاسب ٣ لكل منهما.

أي أن الخيارات الفردية التي تؤدي إلى تعظيم الربح الفردي لكل من اللاعبين، قد تؤدي إلى تقليل الربح الإجمالي للعبة.

لنغير الحالة (١) قليلاً، ولنفترض أن الإيرادات ستذهب لجمعية ينتمي إليها اللاعبان، ولاحقاً يتم تقاسم إجمالي الإيرادات بين اللاعبين، وبالتالي سيكون سلوك اللاعبين موجه للحصول على أكبر حصيلة من الإيرادات، الحالة (٢)، وبالتالي سيقوم كل منهما باختيار B حيث أن منفعة كل لاعب تتوافق مع المنفعة الإجمالية كما يبين الجدول [٣-١٣ الحالة ٢].

اللاعب الثاني C		اللاعب الأول R	
الجدول [٣-١٣] اختيار بين حرفين، الحالة (٢)		الحالة (٢)	
اختار b	اختار a	اختار A	اختار B
(٥، ٥)	(٢، ٢)		
(٦، ٦)	(٥، ٥)		

لنتابع بعض التعديلات، كما يبين الجدول [٤-١٣ الحالة ٣]، حيث يعتمد الخيار الأفضل لكل لاعب على خيار اللاعب الآخر:

✓ إذا اختار الأول الحرف A ، فالخيار الأفضل للاعب الثاني اختيار a أيضاً.

✓ إذا اختار الأول B ، فالخيار الأفضل للثاني اختيار b أيضاً.

وبالتالي، لا يوجد استراتيجية مثلى هنا، يعتمد خيار الثاني على خيار الأول والعكس صحيح.

اللاعب الثاني C		اللاعب الأول R	
الجدول [٤-١٣] اختيار بين حرفين، الحالة (٣)		حالة (٣)	
اختار b	اختار a	اختار A	اختار B
(٠، ٠)	(٢، ٢)		
(٦، ٦)	(٠، ٠)		

مثال (٣-١٣) لعبة تنافس شركتين $Duopoly$.

تنتج شركتان نفس المنتج، ويمكن لكل منهما أن تُسعر منتجها بسعر منخفض أو بسعر مرتفع:

✓ إذا قررت كل من الشركتين سعراً مرتفعاً تربح كل منهما \$١٠٠٠.

✓ وإذا قررت إحداها سعراً منخفضاً والأخرى سعراً مرتفعاً، تخسر الشركة التي قررت السعر المرتفع \$٢٠٠، وتربح الأخرى \$١٢٠٠.

✓ إذا قررت كل من الشركتين سعراً منخفضاً، تربح كل منهما \$٦٠٠.

ويخلص الجدول اللاحق (١٣-٥) الخيارات الممكنة والمكاسب لكل من الشركتين، ويبقى السؤال كيف وماذا تقرر كل منهما؟

الجدول [١٣-٥] لعبة تنافس شركتين *Duopoly*

الشركة الثانية		الشركة الأولى	
منخفض	مرتفع	مرتفع	منخفض
(١٢٠٠، ٢٠٠-)	(١٠٠٠، ١٠٠٠)		
(٦٠٠، ٦٠٠)	(٢٠٠-، ١٢٠٠)		

مثال (١٣-٤) لعبة تعاونية "حرب الأزواج".

أثناء مشاهدة التلفاز، يفضل الزوج مشاهدة مباراة كرة قدم في حين تفضل الزوجة مشاهدة فيلم هوليودي، ونتوقع (شبه مؤكد!) أن عدم الاتفاق على مشاهدة مباراة كرة القدم، أو الفيلم يؤدي إلى نزاع و"تكد عائلي تقليدي" يمنع الطرفين من الاستفادة من مشاهدة التلفزيون، ويوضح الجدول [١٣-٦] المكاسب المتوقعة لكل منهما، فما هي الاستراتيجية الأنسب لكل منهما؟

الجدول [١٣-٦] حرب الأزواج

الزوجة		الزوج	
فيلم	كرة قدم	كرة قدم	فيلم
(٠، ٠)	(١، ٢)		
(٢، ١)	(٠، ٠)		

هناك العديد من الحالات التي يعبر عنها بهذا الشكل من الألعاب، ولكل منها نماذجها الخاصة كما سنرى.

١٣-١-٣ تصنيف الألعاب

تصنف الألعاب وفق معايير عديدة، سنرى أهم هذه التصنيفات، ولا يعني أنه يمكن وصف أي لعبة بتصنيف واحد فقط، بل كل لعبة قد تصنف وفق عدة معايير.

تصنيف حسب تزامن حركات اللعب:

أ- لعبة ساكنة *Static* أو متزامنة *Simultaneous*: يقوم جميع اللاعبين بإجراء جميع خياراتهم في نفس الوقت دون أن يعلم أي منهم خيارات الآخر، غالباً ما تمثل بالشكل الطبيعي.

ب- لعبة ديناميكية *Dynamic* أو متسلسلة *Sequential*: لعبة من عدة مراحل، حيث يقوم اللاعبون بإجراء خياراتهم بالتتالي الواحد تلو الآخر، وحسب قواعد متفق عليها مسبقاً، وغالباً ما تمثل بالشكل الموسع.

تصنيف حسب توفر المعلومات:

أ- لعبة بمعلومات كاملة *Perfect Information*: جميع القواعد والحركات معروفة لجميع اللاعبين مثل لعبة الشطرنج، الجميع يعرف كل شيء عن الجميع، على مبدأ المقولة الشهيرة "أنا أعرف أنك تعرف أنني أعرف..."، ويعلم كل اللاعبين ما هي النتيجة التي يريد كل لاعب أن يصل إليها، ويعلم كل لاعب أن الآخرين يعلمون. مثال: لعبة الشطرنج.

ب- لعبة بمعلومات منقوصة *Imperfect Information*: على الأقل أحد اللاعبين ليس لديه معلومات عن نوايا وتابع مكاسب الآخرين. مثال: لعبة البوكر.

حسب عدد اللاعبين:

أ- لعبة فردية: يقوم باللعب فيها شخص واحد، لا وجود لتضارب المصالح، الحظ أو الصدفة هي البنية الأساسية للعبة، لا يوجد خصم ينافس الشخص. مثال: لعبة السوليتير على الحاسب.

ب- لعبة ثنائية: الأكثر انتشاراً، تعتمد على وجود طرفين اثنين فقط، تم الاهتمام بها بشكل كبير في نظرية الألعاب، حيث يمكن توقع الخيارات والحركات الممكنة ونتائجها. أمثلة: الشطرنج، مفاوضات ثنائية بين شركتين أو دولتين.

ج- لعبة بأكثر من لاعبين اثنين، حيث هناك صعوبات كبيرة جداً في توقع خيارات وحركات ونتائج كافة الأطراف. أمثلة: المونوبولي، مفاوضات جماعية بين عدة أطراف مثل المفاوضات النووية الإيرانية.

حسب التعاون بين اللاعبين:

أ- لعبة تعاونية *Cooperative*: يقوم اللاعبون بعقد تفاهات، أو تحالفات عبر إظهار سلوكيات تعاونية فيما بينهم وفق قواعد اللعبة. مثال: التعاقد بين الزبون والمورد.

ب- لعبة غير تعاونية *Non-Cooperative*: حيث تمنع قواعد اللعبة التواصل، أو عقد مثل هذه التحالفات. مثال: المزادات السرية.

ج- يمكن إيجاد حالات خليط *Hybrid* حيث يمكن التعاون في مراحل محددة في اللعبة، أو تبادل معلومات محددة.

حسب حصيلة اللعبة:

أ. لعبة بمجموع صفري *Zero Sum Game*: في حالة التوازن أو الاستقرار، يشكل أي ربح إضافي لأحد الأطراف خسارة للأطراف الأخرى، أي أن مجموع قيم مكاسب اللعبة تساوي الصفر. مثال: لعبة البوكر في حال عدم اقتطاع أية مكاسب لصالح الجهة المنظمة للعبة.

ب. لعبة بمجموع غير صفري *Non Zero Sum Game*: لعبة لا يمكن إيجاد حل أو توازن أمثلي، ما يكسبه أحد اللاعبين ليس بالضرورة مساوياً لما يخسره اللاعبون الآخرون، وتكون اللعبة غير مستقرة؛ يمكن تحويل اللعبة بمجموع غير صفري إلى لعبة بمجموع صفري بإضافة لاعب وهمي يكسب الفرق.

١٣-٢ توازن ناش *Nash Equilibrium*

يعتبر من النماذج الأساسية في نظرية الألعاب وتعود التسمية إلى عالم الرياضيات جون ناش (Osborne, 2004).

في هذا النموذج، يتمتع جميع اللاعبين بالعقلانية، حيث يقوم كل منهم باختيار أفضل الحركات التي تعظم مكاسبه، وعلى كل لاعب أن يُكوّن توقّعاتاً أو تخميناً ما عن حركات اللاعبين الآخرين، باعتبار أن كلاً منهم يأخذ خياراته بمعزل عن الآخر، ويقوم هذا التوقع على أساس الخبرات والتجارب السابقة باللعبة.

١٣-٢-١ ما المقصود بتوازن ناش؟

يُقصد بتوازن ناش أن أي من اللاعبين لن يستفيد شيئاً بتغيير استراتيجيته الفردية في حال حافظ اللاعبون الآخرون على نفس استراتيجياتهم، أي هو توازن يحدث بين استراتيجيات اللاعبين، حيث كل واحدة منها تعتبر الرد الأفضل على البقية، ويُقصد بالرد الأفضل *Best Response* الاستراتيجية التي

تؤدي إلى أفضل المكاسب للاعب، مع الأخذ بالاعتبار خيارات باقي اللاعبين، وندعوها أحياناً بحالة الاستقرار الاستراتيجي *Strategic Steady State* لحصيلة اللعبة، يمكن أن نتخيل أنه "عرف اجتماعي" توافق عليه أفراد المجتمع، لا مصلحة لأي منهم بالابتعاد عنه باعتبار أن كلاً منهم يعتقد أن الجميع ملتزم به.

توازن ناش إذاً هو تركيبة *Profile* من الاستراتيجيات (s_i^*, s_{-i}^*) ، حيث استراتيجية كل لاعب s_i هي الرد الأفضل على استراتيجيات اللاعبين الآخرين s_{-i} :

$$f_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq f_i(s_i, s_{-i}^*)$$

حيث f_i : تابع مكاسب اللاعب i . n : عدد اللاعبين.

وتمثل $s_{-i} = (s_1, \dots, s_{i-1}, s_{i+1}, \dots, s_n)$ استراتيجيات جميع اللاعبين باستثناء اللاعب i .

قد يكون للعبة توازن ناش واحد أو أكثر وقد لا يكون موجوداً، لكن نظرية ناش تنص على أنه في كل لعبة منتهية لها الشكل البسيط هناك توازن ناش واحد على الأقل (Nash, 1950)، ولكن للأسف لا تقول النظرية شيئاً عن طول اللعبة أي عدد الحركات المطلوبة للوصول إلى التوازن، أو إذا كنا نقترّب من التوازن أو نبتعد عنه.

مثال (٥-١٣) توازن ناش، مأزق السجين.

نلاحظ في هذا اللعبة أن اعتراف السجينين هو توازن ناش، وينال كل منهما ٦ سنوات في السجن، نذكر بأنه لا تواصل، أو تعاون بين السجينين.

✓ في حال اختار الأول الصمت فالأفضل للثاني اختيار الاعتراف، وفي حال اختار الأول الاعتراف، فالأفضل للثاني اختيار الاعتراف أيضاً.

✓ في حال اختار الثاني الصمت فالأفضل لأول اختيار الاعتراف، وفي حال اختار الثاني الاعتراف، فالأفضل لأول اختيار الاعتراف أيضاً.

إذاً في جميع الأحوال، الاستراتيجية الأفضل هي اعتراف السجينين، وتحقق شروط توازن ناش كما يوضح الجدول [٧-١٣].

الجدول [٧-١٣] مأزق السجين، توازن ناش

المتهم الثاني			
صمت	اعتراف		
(١-، ١-)	(٠، ٩-)	صمت	المتهم الأول
(٩-، ٠)	(٦-، ٦-)	اعتراف	

مثال (٦-١٣) توازن ناش، حجر النقود.

لعبة من لاعبين اثنين فقط، حيث يختار كل منهما صورة حجر النقد H أو النقش T بنفس الوقت، إذا كان الخياران مختلفين يدفع اللاعب الأول دولار واحد للاعب الثاني، وإذا كانا متشابهين يدفع اللاعب الثاني للأول دولار واحد، يمثل مكاسب اللعبة بالشكل الطبيعي كما يبين الجدول [٨-١٣].

الجدول [٨-١٣] حجر النقود، توازن ناش

اللاعب الثاني			
صورة H	نقش T		
(١، ١-)	(١-، ١)	صورة H	اللاعب الأول
(١، ١-)	(١-، ١)	نقش T	

هذه اللعبة بمجموع صفري، عندما نبحث عن الرد الأفضل لكل من اللاعبين، تبدو اللعبة بدون حصيلة تحقق توازن ناش. بغض النظر عن حركات اللاعبين، هناك لاعب واحد على الأقل عند الحصيلة النهائية لديه حافز للانحراف عن هذه الحصيلة، مثلاً، إذا لعبوا (H, H) فاللاعب الثاني لديه الحافز للانتقال إلى T ، وإذا لعبوا (T, H) فاللاعب الأول لديه الحافز لينتقل إلى T ، ... وهكذا. لكن نظرية ناش تقول بأن اللعبة لها توازن ناش واحد على الأقل، وسبب عدم إيجاده وفق المحاكمة السابقة أننا اقتصرنا على الاستراتيجيات المطلقة، حيث اعتبرنا أن كلاً من اللاعبين سيختار حركة واحدة فقط. تشبه هذه اللعبة حركة حارس المرمى بالرد على ضربات الجراء، إذ يقرر أن يقفز إلى يمين أو يسار المرمى لرد الكرة، وكذلك اللاعب الذي يضرب الكرة، يقرر أن يوجهها إلى يمين أو يسار اللاعب ... ينزع كل لاعب في مثل هذه الألعاب أن يلعب عشوائياً لتشتيت توقعات الخصم، وسنرى حلها لدى الحديث عن الاستراتيجيات المختلطة.

١٣-٢-٢ تابع الرد الأفضل *Best Response Function*

يمكن إيجاد توازن ناش حيث الخيارات قليلة عبر تفحصها جميعاً، لكن في العديد من الحالات قد

يكون عدد الخيارات كبيراً أو توابع مستمرة، وبالتالي من الأفضل البحث عنها باستخدام توابع الرد الأفضل *Best Response Functions*، وقد فضلنا استخدام مصطلح "الأفضل" تجنباً لاستخدام مصطلح "الأمثل" *Optimal* الذي يُقصد به معنى محدد في بحوث العمليات، ولكي نقول إنه الأفضل من وجهة نظر اللاعب متخذ القرار.

ليكن لدينا مجموعة خيارات للاعب i ، نرمز لأفضل استراتيجيات اللاعب s_i مع الأخذ بالاعتبار لاستراتيجيات اللاعبين الآخرين s_{-i} بالشكل $B_i(s_{-i})$ ، ويكتب كما يلي:

$$B_i(s_{-i}) = \{ s_i ; f_i(s_i, s_{-i}) \geq f_i(s'_i, s_{-i}) \} \quad \text{تابع الرد الأفضل للاعب } i$$

حيث B_i تابع أفضل رد، و $B_i(s_{-i})$ مجموعة الخيارات الأفضل وقد تحوي خياراً واحداً أو أكثر، كل خيار ضمن $B_i(s_{-i})$ هو أفضل رد للاعب i ضد خيارات اللاعبين الآخرين s_{-i} ، أي من أجل جميع اللاعبين الآخرين الذي يلعبون هذه الاستراتيجيات s_{-i} ، فلا يمكن للاعب i أن يجد أفضل من أحد خياراته من المجموعة $B_i(s_{-i})$.

يمكن استخدام تابع الرد الأفضل لإيجاد توازن ناش باعتباره حالة خاصة من تابع الرد الأفضل في حالة خيارات منقطعة ومنتهية، فتوازن ناش ليس إلا أفضل رد للاعب، حيث أنه لا مصلحة له بالحياد مع بقاء الآخرين على خياراتهم (Tirole & Fudenberg, 1991).

نقول عن الاستراتيجية s^* أنه توازن ناش، إذا وفقط إذا كانت الرد الأفضل لكل من اللاعبين الآخرين أي: s_i^* يساوي $B_i(s_{-i}^*)$ لكل لاعب i .

إذا كان لكل لاعب i رد واحد فقط ضد كل قائمة s_{-i} من استراتيجيات الآخرين، فتحتوي $B_i(s_{-i})$ على عنصر واحد فقط $\{ b_i(s_{-i}) \}$ من أجل كل i ، ويصبح لدينا n معادلة تحوي n متغير، وبالتالي يمكن البحث عن الحل المشترك يمثل الردود الأفضل لجميع اللاعبين s_i^* ، حيث n عدد اللاعبين.

في حال كان لدينا لاعبان فقط $n=2$ بخيارات محددة، فالمسألة تصبح البحث عن توازن ناش (s_1^*, s_2^*) حيث s_2^* هو الرد الأفضل للاعب الأول، و s_2^* هو الرد الأفضل للاعب الثاني، ولإيجاد الحل علينا إيجاد تابع الرد الأفضل لكل لاعب، ثم تحديد تركيبة الخيارات التي تحقق الصيغة السابقة بأفضل الردود: $s_1^* = b_1(s_2^*)$ و $s_2^* = b_2(s_1^*)$.

مثال (٧-١٣) توازن ناش بطريقة أفضل رد.

ليكن لدينا اللعبة الممثلة بالجدول الآتي [٩-١٣]:

		اللاعب الثاني			
		R	C	L	
اللاعب الأول	T	(٠, ١)	(١, ٢)	(٢, ١)	
	M	(٠, ٠)	(١, ٠)	(٢, ١)	
	B	(٢, ١)	(٠, ٠)	(١, ٠)	

إذا اختار الأول T فأفضل رد للثاني هو L ، حيث المكسب الأكبر يساوي ١ للأول و ٢ للثاني.
 إذا اختار الأول M فأفضل رد للثاني هو L ، حيث المكسب الأكبر يساوي ١ للأول و ٢ للثاني.
 إذا اختار الأول B فأفضل رد للثاني هو R ، حيث المكسب الأكبر يساوي ١ للأول و ٢ للثاني.

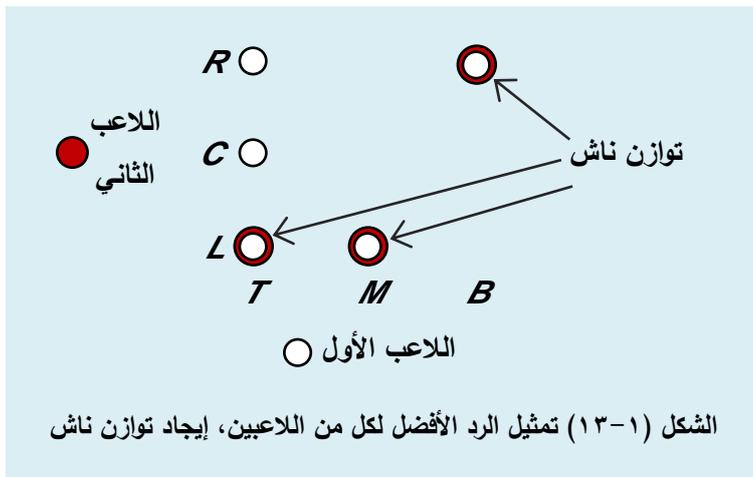
كذلك بالنسبة للثاني:

إذا اختار الثاني L فأفضل رد للأول هو T أو M ، حيث المكسب الأكبر يساوي ١ للأول و ٢ للثاني.
 إذا اختار الثاني C فأفضل رد للأول هو T ، حيث المكسب الأكبر يساوي ٢ للأول و ١ للثاني.
 إذا اختار الثاني R فأفضل رد للأول هو T أو B ، حيث المكسب الأكبر يساوي ١ للأول أو ٠ للثاني.

تابع الرد الأفضل للاعب الثاني: $B_2(a_1) = \{ (T, L); (M, L); (B, R) \}$

تابع الرد الأفضل للاعب الأول: $B_1(a_2) = \{ (T, L); (M, L); (T, C); (B, R); (T, R) \}$

نلاحظ أن أفضل الردود للاعبين معاً $(M, L); (B, R); (T, L)$ ، حيث المكاسب تساوي ١ للأول و ٢ للثاني دوماً، كما يوضح الشكل (١-١٣).



مثال (٨-١٣) توازن ناش بطريقة أفضل رد، علاقة التعاضد Synergy.

لدينا شخصان يعملان معاً، إذا بذل الشخصان جهوداً إضافية فإن الحصيصة ستكون أفضل، وفي حال بذل جهد إضافي من أي منهما z فإن مكاسب الآخر i تزداد بدايةً ثم تتناقص، ويمثل تابع المكاسب لكل منهما ($i=1, 2$) بالشكل $f_i(a_i, a_j) = a_i(c+a_j-a_i)$ ، حيث a_j هي مستوى جهد الشخص j ، و a_i يمثل مستوى جهد الشخص الآخر i ، و c مقدار ثابت.

كما نلاحظ أن كل لاعب لديه عدد لا منتهي من الخيارات وبالتالي لا يمكن تمثيل اللعبة بشكل جدول كما فعلنا أعلاه، ولإيجاد توازن ناش يجب بناء والتعامل مع توابع أفضل رد:

$$f_1(a_1, a_2) = a_1(c+a_2-a_1) \text{ تابع العامل الأول}$$

$$f_2(a_2, a_1) = a_2(c+a_1-a_2) \text{ تابع العامل الثاني}$$

أفضل رد للأول هي القيمة a_1^* التي تعظم قيم التابع f_1 (اشتقاق التابع ومساواته للصفر وحساب قيمة a_1):

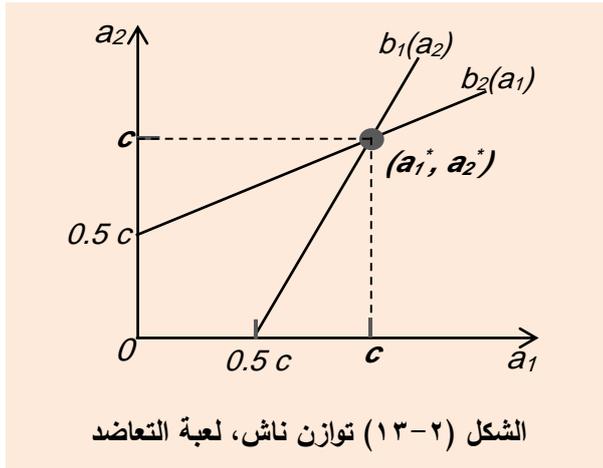
$$a_1^* = \frac{c+a_2}{2} \text{ المشتق } f_1' = c + a_2 - 2a_1 = 0 \text{ بالتالي أفضل يساوي}$$

$$a_2^* = \frac{c+a_1}{2} \text{ بنفس الطريقة، نجد أفضل رد للثاني}$$

يُمثل أفضل رد للطرفين (توازن ناش) الحل المشترك لمعادلتي أفضل رد السابقتين:

$$b_2(a_1) = a_2^* = \frac{1}{2}(c+a_1) \text{ و } b_1(a_2) = a_1^* = \frac{1}{2}(c+a_2)$$

بالحل المشترك نجد $a_1 = c$ ، $a_2 = c$ وهو الرد الأفضل كما هو مبين في الشكل (٢-١٣).

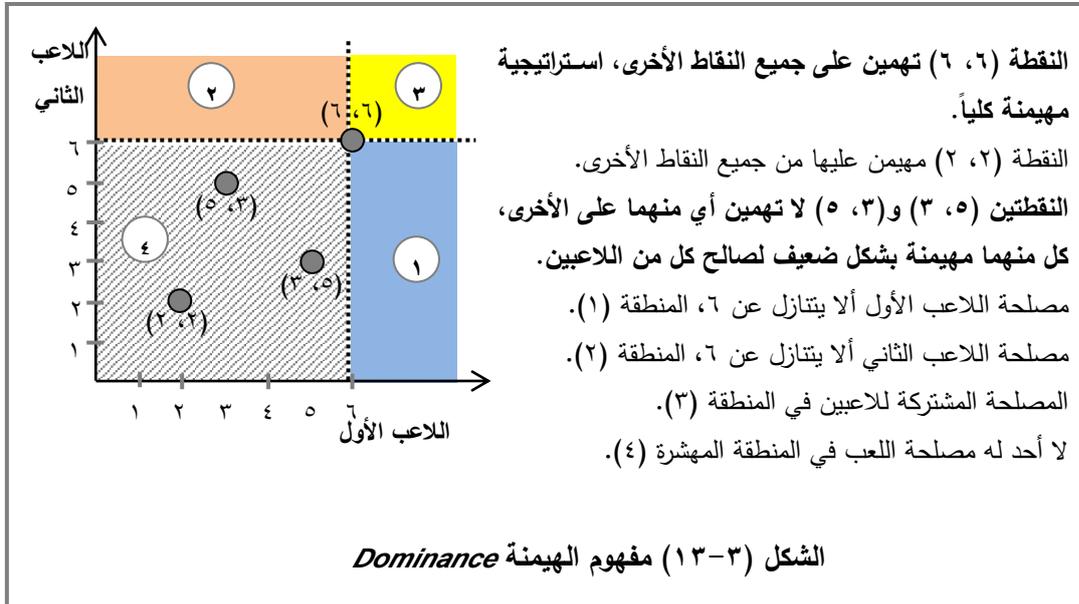


١٣-٢-٣ الاستراتيجيات المهيمنة *Dominated Strategies*

رأينا سابقاً في الفصل الحادي عشر طريقة الهيمنة بمفهوم باريتو، يمكن استخدام هذه الطريقة في نظرية الألعاب. يُدعى أحد خيارات اللاعب بأنه استراتيجية مهيمنة إذا كانت المكاسب الناجمة عنه لا تقل (أكبر أو يساوي) عن مكاسب خياراته الأخرى مهما كانت خيارات اللاعبين الآخرين، كما يبين الشكل (١٣-٣).

نقول عن استراتيجية s_i^* للاعب i بأنها مهيمنة كلياً *Strictly Dominates*، إذا كانت تعظم المنفعة المتوقعة لمكاسب اللاعب بغض النظر عن خيارات اللاعبين الآخرين المضادة s_{-i} ، أي إذا كان $f_i(s_i^*, s_{-i}) > f_i(s'_i, s_{-i})$ حيث يمثل f_i تابع المكاسب للاعب i ، و $s_i^* \neq s'_i$ طبعاً.

وإذا كانت علاقة الأكبر تتضمن المساواة \geq أي هناك استراتيجيات متكافئة ضمن قائمة استراتيجيات اللاعب، فنقول إنها استراتيجية مهيمنة بشكل ضعيف أو مهيمنة فقط *Weakly Dominates*. نلاحظ أن الاستراتيجية المهيمنة تتمتع بقدر كبير من الاستقرار لكونها لا تتطلب أية معلومات أو شروط إضافية، وتتسجم مع السلوك العقلاني لجميع اللاعبين.



قد لا تتضمن اللعبة أية استراتيجية مهيمنة، لكن وجود استراتيجيات مهيمنة يساعد في تخفيف الحسابات، ومستوى تعقيد اللعبة، وتحديد حصيلة اللعبة بسهولة وبسرعة، إذ من المنطقي الافتراض أن اللاعب العقلاني لا يختار استراتيجية مهيمنة عليها كلياً، وبالتالي يمكن حذف هذه الاستراتيجيات من الاعتبار

مما يؤدي إلى الوصول إلى الحل الأمثل إن وجد بسرعة أكبر.

نقول عن حصيلة A بأنها تهيمن بمفهوم باريتو $Pareto$ على حصيلة B إذا كان يوجد لاعب واحد على الأقل في اللعبة أفضل في A ، ولا يوجد أي لاعب آخر أسوأ في هذه الحالة، ولا يتضمن توازن ناش أية استراتيجية مهيمن عليها كلياً.

مثال (٩-١٣) الاستراتيجية المهيمنة في مأزق السجين.

في مأزق السجين، استراتيجية صمت الطرفين هي استراتيجية مهيمنة كلياً على استراتيجية اعتراف الطرفين، بحذف الاستراتيجية المهيمن عليها كلياً (اعتراف، اعتراف)، يبقى الاستراتيجيات الثلاث الأخرى غير مهمين عليها من أي منها.

الجدول [١٠-١٣] مأزق السجين، الاستراتيجية المهيمنة

المتهم الثاني			
اعتراف	صمت		
(٠، ٩-)	(١-، ١-)	صمت	المتهم الأول
(٦-، ٦-)	(٩-، ٠)	اعتراف	

١٣-٢-٤ نموذج لعبة كورنو *Cournot*

يعتبر نموذج أو لعبة *Cournot*^(٦٩) من النماذج الاقتصادية، حيث تتنافس الشركات على الكميات الواجب بيعها في السوق، وتقرر كل منها بشكل مستقل، وينفس الوقت الكميات التي ستطرحها في الأسواق. يتمتع النموذج بعدد من الخصائص:

- هناك أكثر من شركة تنتج نفس المنتج، ولا يوجد فروقات بين المنتجات، وعددها N ونرمز لكل منها بالرمز i .
- لا تتواصل أو تتعاون الشركات فيما بينها ولا تحالفات تحصل.
- تأتي سلطة الشركة i من تأثيرها على سعر المنتج، حسب الكميات التي تطرحها q_i .

^{٦٩} Antoine Augustin Cournot (١٨٠١-١٨٧٧) عالم رياضيات وفيلسوف فرنسي، اشتهر بأعمال في النظريات الاقتصادية.

د. تتصرف الشركات بشكل عقلائي، تسعى لتعظيم أرباحها مع الأخذ بالاعتبار لقرارات الشركات المنافسة.

هـ. تابع التكلفة $C_i(q_i)$ هو تابع متزايد، خاص بكل شركة، ومعلوم للجميع وقد يكون نفسه أو مختلف حسب الشركة.

و. تابع السعر $P(Q)$ هو تابع متناقص مع الكميات المطروحة Q ، ويتحدد السعر بناءً على الطلب الإجمالي للسوق الذي يساوي مجموع الكميات المطروحة من الشركات.

ز. تعتبر كل شركة أن الكمية المنتجة من الشركات معلومة، وتقوم بتحليل حصتها وتتصرف على أساس احتكاري *Monopoly*.

ليكن q_i الكمية المنتجة من قبل الشركة i و $C_i(q_i)$ تابع التكلفة لهذه الشركة، فيكون:

سعر السوق: $P(q_1 + \dots + q_n)$ ،

أرباح الشركة i : $R_i(q_1, \dots, q_n) = q_i P(q_1 + \dots + q_n) - C_i(q_i)$

يرى *Cournot* أن الشركات تتصرف وفق المنطق الآتي: تضع كل شركة مجموعة من خيارات الإنتاج الممكن بيعها، حيث تسعى كل شركة لتعظيم أرباحها أكبر وفق تابع الربح أعلاه.

يتضمن النموذج تحديد تابع الربح لكل شركة، ثم إجراء التفاضل الجزئي لبناء تابع الرد الأفضل في مواجهة الخيارات الممكنة للشركات المنافسة الأخرى، ويخلص إلى أن التوازن المستقر يحصل عندما تتقاطع توابع الرد الأفضل لجميع الشركات أي الحل المشترك لتوابع الرد الأفضل لكل منها.

لنحاول حل النموذج من أجل شركتين اثنتين فقط وتدعى حالة *Duopoly*، لنفترض أن الشركتين تختاران بشكل متزامن الكميات (مقادير مستمرة وغير سالبة) التي ستنتجها وهي نفس الكمية التي ستطرحها في السوق، حيث يمكن إيجاد توازن ناش من أجل صيغ خاصة لتابع السعر ولتوابع التكلفة.

تابع التكلفة الكلية: $C_i(q_i) = c q_i$ ، حيث c تكلفة الوحدة نفسها للشركتين.

السعر (تابع عكسي للطلب) $P(Q) = \begin{cases} \alpha - Q & \text{if } Q \leq \alpha \\ 0 & \text{if } Q > \alpha \end{cases}$

حيث $\alpha > 0$ وتمثل أكبر كمية يمكن بيعها، ولتكن $c < \alpha$ أي هناك بعض قيم Q يكون فيها السعر $P(Q)$ أكبر من تكلفة الوحدة c (إذا كانت $c > \alpha$ ، فإن الشركة لا تحقق ربح، وليس لها مصلحة بطرح

أية كمية).

لإيجاد توازن ناش لهذه الحالة، نعتد على توابع الرد الأفضل، ولكن بداية يجب أن نعبر عن توابع الأرباح (المكاسب):

ليكن q_1 كمية الشركة الأولى، و q_2 كمية الشركة الثانية، فيكون السعر $P(q_1+q_2)$ يساوي:

$$P(q_1 + q_2) = \begin{cases} \alpha - q_1 - q_2 & \text{if } q_1 + q_2 \leq \alpha \\ 0 & \text{if } q_1 + q_2 > \alpha \end{cases} \quad \text{السعر}$$

أرباح الشركة الأولى: $\pi_1(q_1, q_2) = q_1 (P(q_1+q_2) - c)$

$$\pi_1(q_1, q_2) = \begin{cases} q_1(\alpha - c - q_1 - q_2) & \text{if } q_1 + q_2 \leq \alpha \\ -c q_1 & \text{if } q_1 + q_2 > \alpha \end{cases} \quad \text{وتصبح:}$$

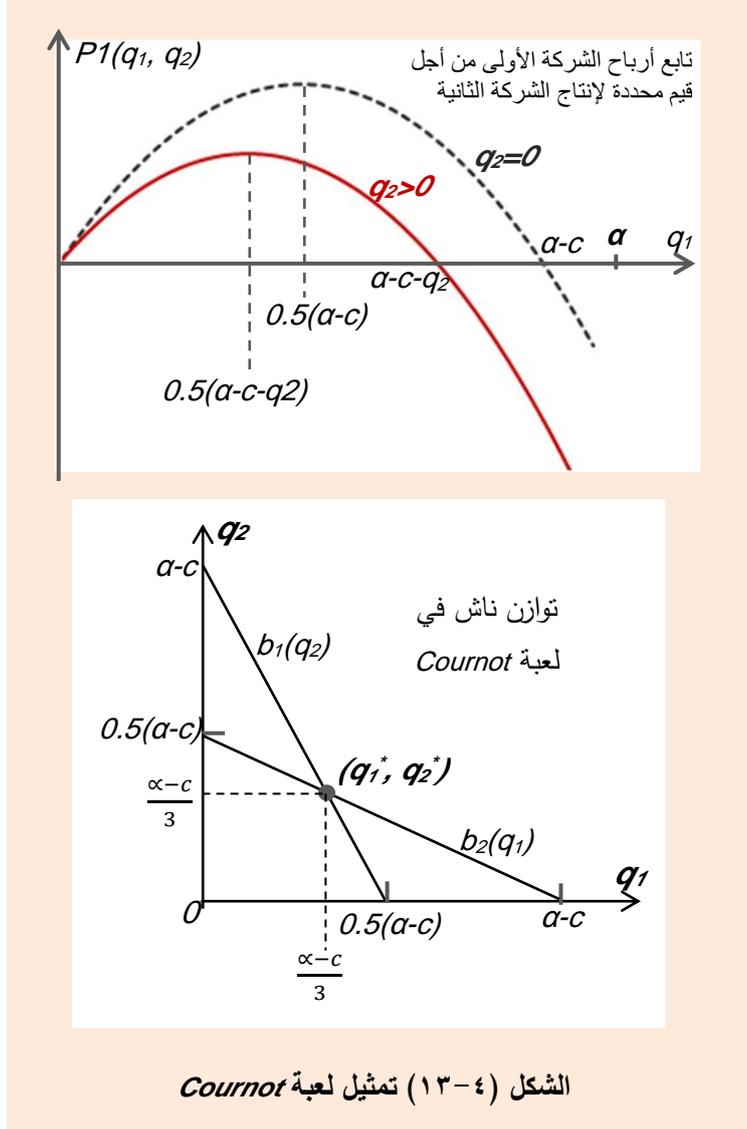
من أجل كل قيمة q_2 ، يمكن إيجاد أفضل رد للشركة الأولى بدراسة تابع الربح أعلاه الذي كما نلاحظ من الدرجة الثانية بالنسبة للكمية q_1 :

إذا كان $q_2=0$ فإن $\pi_1(q_1, q_2) = q_1 (\alpha - c - q_1)$ ، يأخذ هذا التابع القيمة صفر عندما $q_1=0$ أو $q_1=\alpha$ ، ويأخذ قيمته العظمى عند $q_1 = \frac{1}{2}(\alpha - c)$ ، (باشتقاق التابع وتصغير المشتق الأول، والتأكد من المشتق الثاني أنها القيمة العظمى).

مع تزايد كمية إنتاج الشركة الثانية q_2 ، تتناقص أرباح الأولى وتصل قيمتها العظمى عند: $q_1 = \frac{1}{2}(\alpha - c - q_2)$.

ونلاحظ أن أرباح الشركة الأولى تصبح سالبة عندما $q_2 > \alpha - c$ ، وبالتالي أفضل رد يكون بعدم إنتاج أية كمية $q_1=0$.

وبالتالي فالرد الأفضل للشركة الأولى يأخذ الخيارات كما هو مبين في الشكل (٤-١٣) كما يلي:



$$b_1(q_2) = \begin{cases} \frac{1}{2}(\alpha - c - q_2) & \text{if } q_2 \leq \alpha - c \\ 0 & \text{if } q_2 > \alpha - c \end{cases} \quad \text{الرد الأفضل للشركة الأولى:}$$

وحيث أن الشركة الثانية لديها نفس شكل تابع التكلفة للشركة الأولى، فأفضل رد b_2 يكون مشابه للرد الأمثل للأولى:

$$b_2(q_1) = \begin{cases} \frac{1}{2}(\alpha - c - q_1) & \text{if } q_1 \leq \alpha - c \\ 0 & \text{if } q_1 > \alpha - c \end{cases} \quad \text{الرد الأمثل للشركة الثانية:}$$

ويتحقق الحل الأفضل (توازن ناش) عندما $b_2(q) = b_1(q)$ أي الحل المشترك للمعادلتين:

$$q_2 = \frac{1}{2}(\alpha - c - q_1) \quad \text{و} \quad q_1 = \frac{1}{2}(\alpha - c - q_2)$$

وبالحساب، نجد قيم كميات الحل الأفضل: $q_1^* = \frac{\alpha - c}{3}$ و $q_2^* = \frac{\alpha - c}{3}$

وتكون الحصيلة النهائية للعبة مجموع الكميتين $Q = \frac{2}{3}(\alpha - c)$ ، ويصبح سعر التوازن في هذه الحالة:

$$P(Q) = \alpha - Q = \frac{\alpha - 2c}{3}$$

عندما تزداد α أي أن المستهلك مستعد للدفع أكثر لشراء المنتج، تزداد كمية مبيعات وأرباح كل من الشركتين، وعندما تزداد تكلفة الوحدة c يرتفع السعر، وتتناقص الأرباح لكل من الشركتين.

١٣-٢-٥ نموذج لعبة بيرتراند *Bertrand*

هو أحد نماذج المنافسة القائمة على السعر ومعروف في الأدبيات الاقتصادية بنموذج بيرتراند *Bertrand*^(٧٠) الذي يصف التفاعل بين الشركات البائعة كلعبة تحدد الأسعار والمستهلكين التي تشتري بالأسعار المحددة، على عكس نموذج *Cournot* الذي يبحث عن الكميات المثلى بدلاً من الأسعار في النموذج الحالي، ويستخلص النموذج أنه في حال تحديد الشركة للسعر فإن حصيلة المنافسة في السوق ستؤدي إلى سعر يساوي التكلفة الواحدة للمنتج *Unit Cost*.

لدينا n شركة تنتج نفس المنتج، كل شركة i تنتج كمية q_i بتكلفة $C_i(q_i)$ ، ويتم تحديد كمية الطلب المتوقع بناءً على السعر المتوفر p أي أن الطلب تابع للسعر $D(p)$ ، وبأن الشركات تنتج ما يكفي لتلبية حجم الطلب الإجمالي، ولنفترض أنه في حال تحديد أسعار مختلفة من قبل الشركات فإن المستهلك سيشتري وفق السعر الأقل باعتبار أن المنتجات متشابهة تماماً، وفي حال وجود عدة شركات تبيع بنفس السعر، يتم تقاسم مبيعات الطلب بهذا السعر بينها بالتساوي، مع الإشارة إلى أن الشركة لا تقرر حصتها من المبيعات، بل تقرر ما ستنتجه وتطرحة لتلبية الطلب وفقاً للأسعار المحددة في السوق، لنناقش حالة شركتين فقط.

التكلفة الواحدة لكل من الشركتين متساوية c ، ويكون تابعي التكلفة متشابهين $C_i(q_i) = c q_i$ حيث $i=1, 2$ ، وليكن تابع الطلب $D(p) = \alpha - p$ من أجل $p \leq \alpha$ ، و $D(p)=0$ من أجل $p > \alpha$ ، وأخيراً لنكن $c < \alpha$.

^{٧٠} Joseph Louis Francois Bertrand (١٨٢٢-١٩٠٠): عالم رياضيات فرنسي اشتهر بأعماله في نظرية الأعداد

والاحتمالات وتطبيقاتها الاقتصادية، عضو الأكاديمية الفرنسية للعلوم.

$$\pi_i(p_1, p_2) = \begin{cases} (p_i - c)(\alpha - p_i) & \text{if } p_i < p_j \\ \frac{1}{2}(p_i - c)(\alpha - p_i) & \text{if } p_i = p_j \\ 0 & \text{if } p_i > p_j \end{cases} : \text{تابع الربح لكل من الشركتين}$$

حيث z تعني الشركة الأخرى، أي إذا كانت $i=1$ فإن $z=2$ ، وإذا كانت $i=2$ فإن $z=1$.

كما في لعبة *Cournot*، يمكن إيجاد توازن ناش عبر توابع الرد الأفضل، إذا سعرت الشركة z منتجها بسعر p_z ، فما هو السعر الأفضل للشركة الأخرى i ؟

نحاكم كما يلي:

أ- إذا سعرت الشركة الثانية i منتجها بنفس سعر الأولى p_z ، فإنهما تتقاسمان السوق مناصفةً.

ب- وإذا سعرتَه بأقل من p_z بشكل طفيف فإنها تحصد السوق كاملاً وتحقق أرباحاً إذا كان تكلفة الوحدة c أقل من سعر بيعها p_z .

ج- إذا كان p_z مرتفع جداً، يمكن للشركة الثانية i أن تحصل على مبيعات أفضل بتخفيض سعرها p_i بشكل ملحوظ عن p_z ، وذلك بالموازنة بين الأرباح الناجمة عن الفرق بين السعر وتكلفة الوحدة والأرباح الناجمة عن فرق الكميات.

د- إذا كان p_z أقل من تكلفة الوحدة، ستكون أرباح الشركة الثانية i سالبة (خسائر) إذا سعرت بسعر p_i أقل أو مساوٍ لسعر الأولى p_z ، لذلك من المنطقي أن تضع سعراً أعلى من p_z بكثير لتضمن عدم مجيء أي مستهلك للشراء من عندها (حيث أنها مجبرة أن تبيع أي مستهلك يرغب بشراء منتجها حسب قواعد السوق).

لنحاول صياغة هذه المحاكمة بشكل توابع مكاسب للشركة i كتابع لسعرها p_i من أجل عدة قيم لسعر الأخرى p_z .

ليكن p^* السعر الذي يعظم تابع الربح $(p-c)(\alpha-p)$ ، حيث تود كل شركة أن تبيع بهذا السعر (حالة الاحتكار التام)، يمكن أن نجد أربع حالات جديدة بالاهتمام:

أ. الحالة الأولى $p_z < c$ ، أي تضع الشركة الأخرى z سعرها أقل من تكلفة الوحدة، في هذه الحالة سيكون أرباح الشركة i سالبة إذا سعرت أقل من p_z أي $p_i \leq p_z$ ، وستكون أرباحها صفر إذا سعرت بسعر أعلى $p_i > p_z$ ، وبالتالي فإن أي سعر أعلى من p_z هو رد أفضل على السعر p_z ، أي مجموعة أفضل ردود الشركة i هي $B_i(p_z) = \{p_i : p_i > p_z\}$.

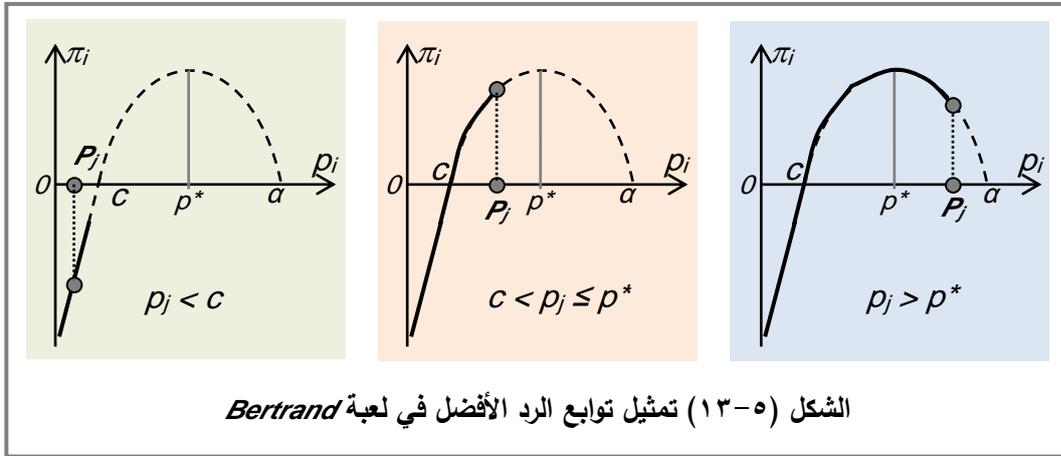
ب. الحالة الثانية $p_j = c$ ، أي تضع الشركة الأخرى z سعرها يساوي تكلفة الواحدة، نفس المناقشة أعلاه، وستكون أرباح الشركة i صفر من أجل أي سعر أعلى من p_j هو رد أفضل على السعر p_j ، مجموعة أفضل ردود الشركة i هي $B_i(p_j) = \{p_i : p_i > p_j\}$.

ج. الحالة الثالثة $c < p_j \leq p^*$ ، حيث تزداد أرباح الشركة i مع اقتراب سعرها p_i من سعر الأخرى p_j ثم تتناقص، ولا يوجد رد أفضل في هذه الحالة: تريد الشركة i أن تضع سعراً أقرب ما يمكن إلى p_j ، أي مجموعة أفضل ردود الشركة i هي $B_i(p_j) = \{p_j\}$.

د. الحالة الرابعة $p_j > p^*$ ، أفضل رد في هذه الحالة والرد الوحيد أن يكون $p_j = p^*$ ، أي مجموعة أفضل ردود الشركة i هي $B_i(p_j) = \{p^*\}$.

وبالتالي يكون توابع الرد الأفضل للشركة i كما يلي:

$$B_i(p_j) = \begin{cases} \{p_i : p_i > p_j\} & \text{if } p_j < c \\ \{p_i : p_i \geq p_j\} & \text{if } p_j = c \\ \phi & \text{if } c < p_j \leq p^* \\ \{p^*\} & \text{if } p_j > p^* \end{cases} \quad \text{توابع الرد الأفضل للشركة الأولى } i$$



بنفس منطق المناقشة أعلاه، يمكن الحصول على توابع الرد الأفضل للشركة الثانية z :

$$B_j(p_i) = \begin{cases} \{p_j : p_j > p_i\} & \text{if } p_i < c \\ \{p_j : p_j \geq p_i\} & \text{if } p_i = c \\ \phi & \text{if } c < p_i \leq p^* \\ \{p^*\} & \text{if } p_i > p^* \end{cases} \quad \text{توابع الرد الأفضل للشركة الثانية } z$$

لإيجاد توازن ناش (p_1^*, p_2^*) ، حيث p_1^* هو الرد الأفضل على p_2^* وكذلك p_2^* هو الرد الأفضل على

p_1^* ، يتم تقاطع التابعين $B_1(p_2^*)$ و $B_2(p_1^*)$ تمثل توازن ناش، وبإجراء هذا التقاطع نجد أن اللعبة لديها توازن ناش وحيد هو $(p_1^*, p_2^*) = (c, c)$.

١٣-٣ الاستراتيجية المختلطة *Mixed Strategy*

رأينا سابقاً أنه في العديد من الحالات، قد لا ينحصر توازن ناش بخيار واحد وواحد فقط، ولا يوجد ما يمنح اللاعب من اختيار أي من خيارات الرد الأفضل، طالما تبقى حالة الاستقرار متحققة، أي لا مصلحة للاعبين الآخرين تغيير خياراتهم.

١٣-٣-١ ما هو المقصود باستراتيجية مختلطة؟

لنفترض أنه يمكن للاعب تغيير خياراته بشكل عشوائي *Randomization*، أي يمكنه اختيار حركته باحتمال محدد، بمعنى أن استراتيجيته ليست محصورة بنعم (١) أو لا (٠) لكل استراتيجية والتي ندعوها في هذه الحالة باستراتيجية صافية *Pure Strategy* لكل خيار، بل يمكن للاعب إسناد احتمال p بين الصفر والواحد لكل من الاستراتيجيات المتاحة وندعوها باستراتيجية مختلطة *Mixed Strategy*، ونبحث من جديد عن توازن ناش في هذه الحالة *Mixed Strategy Nash Equilibrium* كتعميم لتوازن ناش التقليدي، وندعو اللعبة في هذه الحالة بلعبة عشوائية *Stochastic Game*، فالاستراتيجية المختلطة σ ليست إذاً إلا توزيع احتمالي لمجموعة من الاستراتيجيات الصافية.

هناك العديد من المبررات لتغيير الاستراتيجيات بشكل عشوائي (Tirole & Fudenberg, 1991)، نذكر أهمها:

- أ) أن يُصعّب اللاعب على الآخرين توقع حركته، يمكن أن نجد مثل هذه الحالات في ألعاب مثل البوكر، حالات التنافس الحادة، التدقيق الضريبي، ... وغيرها.
- ب) أو قد يرى اللاعب التكافؤ بين الاستراتيجيات الصافية، وأن تركيبة منها قد يكون هو الأفضل.
- ت) أو لا يستطيع الاختيار العقلاني بينها، وتقابل حالة اللامقارنة بين الاستراتيجيات.
- ث) أو جهل اللاعب بحركات اللاعبين الآخرين، وتسلسل اختياراتهم لاستراتيجية دون أخرى.
- ج) وجود معلومات أو إشارات تجعل اللاعب يميل لاعتقاد ما يدفعه لتبني خياراته.

ح) أو أن تفضيلات اللاعب أصلاً مشوشة، ولا تعبر توابع المنفعة والمكاسب عن هذه التفضيلات، مما يدفعه لتجريب عدة استراتيجيات.

خ) وأخيراً، يمكن تبريرها باستراتيجية من المعتقدات الخاصة باللاعب *Beliefs Strategy*، ويُفسر التوازن في هذه الحالة بحالة من استقرار للمعتقدات.

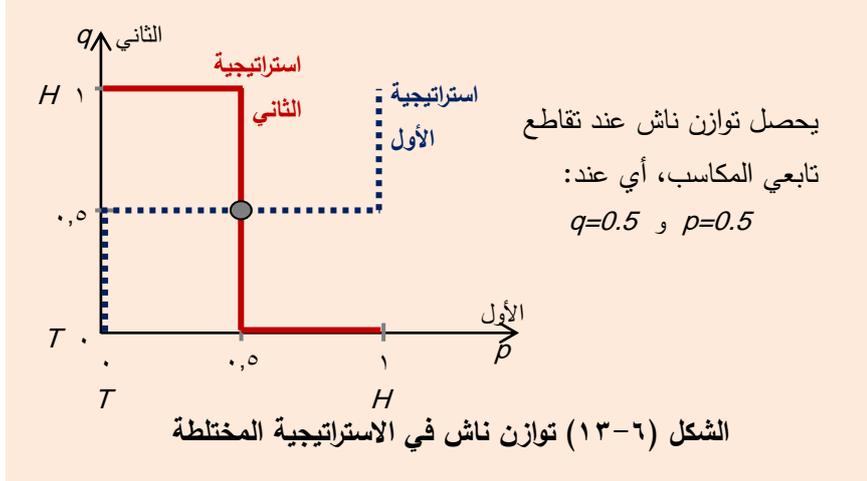
مثال تعليمي (١٠-١٣) الاستراتيجية المختلطة، حجر النقود.

لدينا جدول المكاسب لكل من اللاعبين مع احتمالات كل خيار لكل من اللاعبين:

الجدول [١١-١٣] حجر النقود، استراتيجية مختلطة		
اللاعب الثاني		
صورة H باحتمال q	نقش باحتمال $1-q$	
صورة H باحتمال p	(١، ١-)	اللاعب الأول
نقش T باحتمال $1-p$	(١، ١-)	

لنفترض أن اللاعب الثاني يختار باحتمال ٥٠% لكل من الخيارين صورة أو نقش، فإذا لعب الأول صورة H فإن كل من احتمالي (صورة، صورة) و (صورة، نقش) يساوي $0.5p$ ، وكذلك إذا لعب نقش فإن كل من احتمالي (نقش، صورة) و (نقش، نقش) يساوي $0.5(1-p)$ ، وبالتالي يربح الأول دولار واحد باحتمال $0.5p + 0.5(1-p)$ والتي تساوي ٠,٥، ويخسر أيضاً دولار واحد باحتمال بنفس الاحتمال ٠,٥.

بنفس المنطق نصل إلى أن اللاعب الثاني يلعب صورة باحتمال ٥٠% ونقش بنفس الاحتمال ٥٠%، أي أن اللعبة العشوائية مستقرة عندما يلعب اللاعبان بنفس الاحتمال ٥٠%، ويمكن البرهان أنه لا يوجد قيمة أخرى للاحتمال تؤدي إلى استقرار اللعبة (توازن ناش)، ميبين التمثيل البياني الموضح في الشكل (٦-١٣) هذه الحالة حيث يتقاطع تابعي مكاسب اللاعبين عندما $p=0.5$ و $q=0.5$.



١٣-٣-٢ توازن ناش في الاستراتيجية المختلطة

إذا كانت اللعبة تشمل أكثر من خيارين، فإنها تتعقد كثيراً ونحتاج إلى ترتيب التفضيلات بين الخيارات وإلى التوزيع الاحتمالي لهذه الخيارات باعتبارها متحولاً عشوائياً، وتبدو في هذه الحالة نظرية المنفعة وشجرة القرارات مفيدة جداً لكونها تتعامل مع القيمة المتوقعة *Expected Value*، وتمثل خيارات كل من اللاعبين بشكل مقبول، حيث يتم بناء تابع المنفعة المتوقعة لكل من اللاعبين $f_i(s)$ ، والمحاكمة الاحتمالية على أساس المنفعة المتوقعة.

يقوم كل لاعب i بتوزيع احتمالات لجميع خياراته s_i وتكوين استراتيجية مختلطة نرمز لها بالشكل $\sigma_i(s_i)$ ، مثلاً في الحالة أعلاه قد يضع ٥٠% صورة و ٥٠% نقش أو ٤٠% صورة و ٦٠% نقش، ويمكن للاعب طبعاً أن يضع ١٠٠% لأي من الخيارات فتصبح الاستراتيجية صافية، ويتم حساب القيمة المتوقعة لهذه الخيارات كما رأينا.

بنفس المنطق نعرف توازن ناش في هذه الحالة σ^* : من أجل أية استراتيجيات مضادة σ_{-i}^* فالقيمة المتوقعة لمكاسب كل من اللاعبين عند σ^* تكون مساوية أو أكبر من القيمة المتوقعة لمكاسب أية استراتيجية مختلطة أخرى $(\sigma_i, \sigma_{-i}^*)$: $f_i(\sigma^*) \geq f_i(\sigma_i, \sigma_{-i}^*)$ حيث $f_i(\sigma)$ هو تابع القيمة المتوقعة لمكاسب اللاعب i من أجل استراتيجية مختلطة σ_i .

في حال استخدام توابع الرد الأفضل B_i ، فنقول عن استراتيجية مختلطة σ_i^* بأنها توازن ناش إذا كانت استراتيجية مختلطة لأي من اللاعبين i وتشكل أفضل رد على الاستراتيجيات المختلطة المضادة $B_i(\sigma)$.

.i*)

مثال تعليمي (١١-١٣) تابع ...

لنفترض أن اللاعب الأول يلعب استراتيجية مختلطة σ_1 حيث احتمال الصورة $p = \sigma_1(H)$ واحتمال النقش $1-p = \sigma_1(T)$ ، ويلعب الثاني استراتيجية مختلطة σ_2 حيث احتمال الصورة $q = \sigma_2(H)$ واحتمال النقش $1-q = \sigma_2(T)$ ، ولنفترض أنه خيارات كل لاعب مستقلة عن الآخر، وبالتالي فإن احتمال أي زوج من الخيارات (a_1, a_2) هو حاصل جداء احتمال a_1 التي وضعها الأول لاستراتيجية مختلطة واحتمال a_2 التي وضعها الثاني من أجل نفس الاستراتيجية المختلطة، ويكون التوزيع الاحتمالي للحالات الأربعة كما يلي الجدول [١٢-١٣].

الجدول [١٢-١٣] حجر النقود، استراتيجية مختلطة		
اللاعب الثاني		
نقش باحتمال $1-q$	صورة H باحتمال q	
$p \cdot (1-q)$	$p \cdot q$	صورة H باحتمال p
$(1-p) \cdot (1-q)$	$(1-p) \cdot q$	نقش T باحتمال $1-p$
		اللاعب الأول

تابع القيمة المتوقعة لمكاسب الأول من أجل أي زوج من الاستراتيجيات المختلطة (σ_1, σ_2) :

$$f_1(\sigma_1, \sigma_2) = f_1(H, H) \cdot pq + f_1(H, T) \cdot p(1-q) + f_1(T, H) \cdot (1-p)q + f_1(T, T) \cdot (1-p)(1-q)$$

يمكن إعادة كتابته بشكل آخر:

$$f_1(\sigma_1, \sigma_2) = p [q \cdot f_1(H, H) + (1-q) \cdot f_1(H, T)] + (1-p) [q \cdot f_1(T, H) + (1-q) \cdot f_1(T, T)]$$

تعبير الصيغة الأولى ضمن قوسين متوسطين $[q \cdot f_1(H, H) + (1-q) \cdot f_1(H, T)]$ عن القيمة المتوقعة

لمكاسب اللاعب الأول إذا لعب صورة (H) أي $p=1$ ولنرمز لها $EV_1(H, \sigma_2)$.

وتمثل الصيغة الثانية $[q \cdot f_1(T, H) + (1-q) \cdot f_1(T, T)]$ القيمة المتوقعة لمكاسب اللاعب الأول إذا لعب

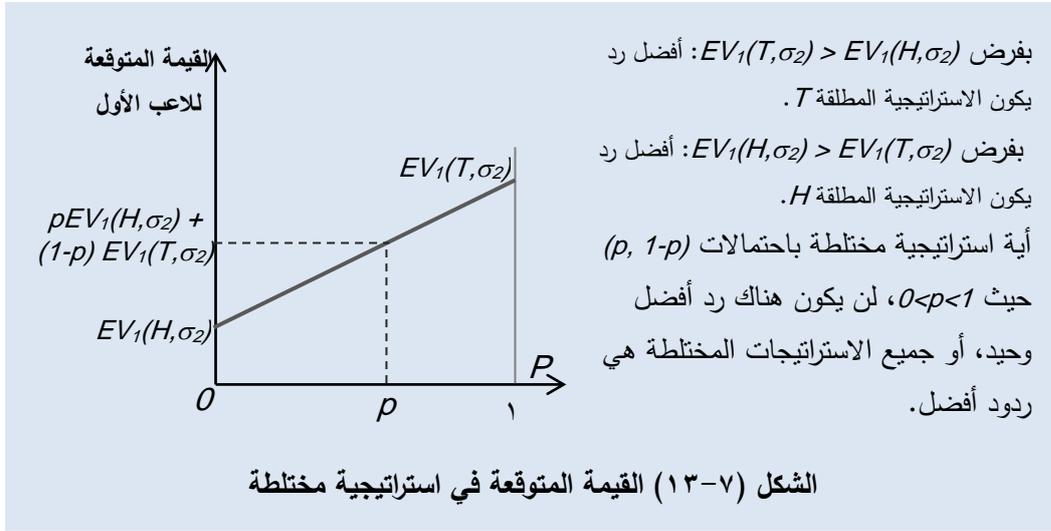
نقش (T) أي $p=0$ ولنرمز لها $EV_1(T, \sigma_2)$.

إذا لعب الآخر استراتيجية مختلطة σ_2 في الحالتين، يصبح تابع القيمة المتوقعة لمكاسب الأول:

$$f_1(\sigma_1, \sigma_2) = p \cdot EV_1(H, \sigma_2) + (1-p) \cdot EV_1(T, \sigma_2)$$

المثقل باحتمالات الخيارات الممكنة عندما يتبع كل من اللاعبين استراتيجية مختلطة.

في الحالة الخاصة إذا كانت القيمة المتوقعة هي تابع خطي للاحتمال p (مستقيم)، تمثل بالشكل (٧-١٣) الآتي.

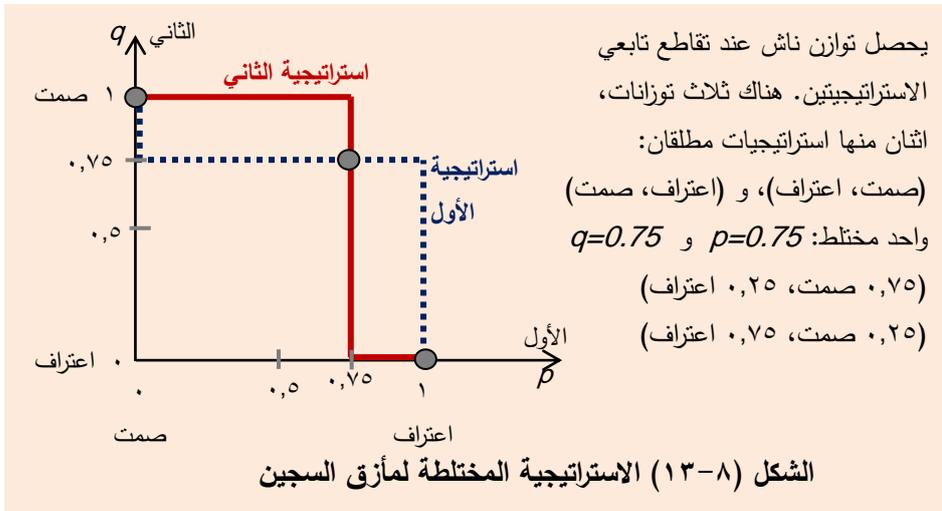


مثال (١٢-١٣) مأزق السجين، توازن ناش في الاستراتيجية المختلطة.

لنحاول إيجاد توازن ناش للعبة السجين المعدلة المبينة في الجدول الآتي [١٣-١٣] والشكل (١٣-٨).

الجدول [١٣-١٣] مأزق السجين المعدلة

		المتهم الثاني		
		اعتراف	صمت	
المتهم الأول	صمت	(٠، ٣-)	(١-، ١-)	صمت
	اعتراف	(٦-، ٦-)	(٣-، ٠)	اعتراف



١٣-٤ الألعاب الموسعة بمعلومات كاملة

Extensive Game with Perfect Information

رأينا في الفقرات السابقة، أن معظم الألعاب في الواقع لا تتطلب حركات متزامنة، وهي غالباً حالة قطاعات الأعمال، حيث تتم القرارات على مراحل متسلسلة *Sequential* كردود بعضها على البعض الآخر، ويتم تمثيل مثل هذه الألعاب بالشكل الموسع *Extensive Form*.

يشمل الشكل الموسع معلومات عن اللاعبين، ترتيب الحركات، المكاسب، مجموعة الخيارات، والمعلومات المتوفرة للاعبين متى يقومون بحركاتهم، واحتمالات الأحداث الخارجية، ويتم اللعب على شكل مراحل زمنية غالباً، وفي حال تكررت نفس اللعبة في كل مرحلة ندعوها لعبة متكررة *Repeated Game*، حيث يأخذ اللاعب بالاعتبار تأثير تصرفاته الحالية على التصرفات المستقبلية للاعبين الآخرين، بمعنى آخر بناء "سمعة اللاعب"، وكذلك تاريخ علاقة التعاون بين اللاعبين، والمكاسب التي يضيفها هذا التعاون، ولا يعني ذلك أن اللاعب يعيد اختيار نفس الخيارات السابقة بل له كامل الحرية، ليقرر في كل مرحلة خياراً جديداً من ضمن الخيارات المتاحة وفق ما يراه مناسباً، مثل هذه الألعاب موجودة في الواقع بكثرة، خصوصاً بين الزبون والمورد، البائع والزبائن، فهي بطبيعتها علاقة متكررة، وتستمر العلاقة طالما أن الطرفين لديهما مصلحة أو فائدة على المدى الطويل منها (Osborne, 2004).

١٣-٤-١ تمثيل اللعبة الموسعة بمعلومات كاملة

تشمل اللعبة أربعة مكونات رئيسية: اللاعبين، المكاسب النهائية، تابع المكاسب لكل لاعب، ورابعاً تفضيلات اللاعبين، وتمثل على شكل شجرة قرارات تتضمن حركات/خيارات اللاعبين واحتمالاتها والمكاسب لكل منها.

مثال (١٣-١٣) مأزق السجين بوجهها المتكرر.

نذكر بأن حصيلة التوازن الوحيد للعبة هو (D, D) مع مكاسب $(-6, -6)$ ، لكن الحصيلة هي باريتو هيمنة عند (C, C) بمكاسب $(1, 1)$ ، أي أن كل سجين يحاول أن يحصل على مكسب أكبر على

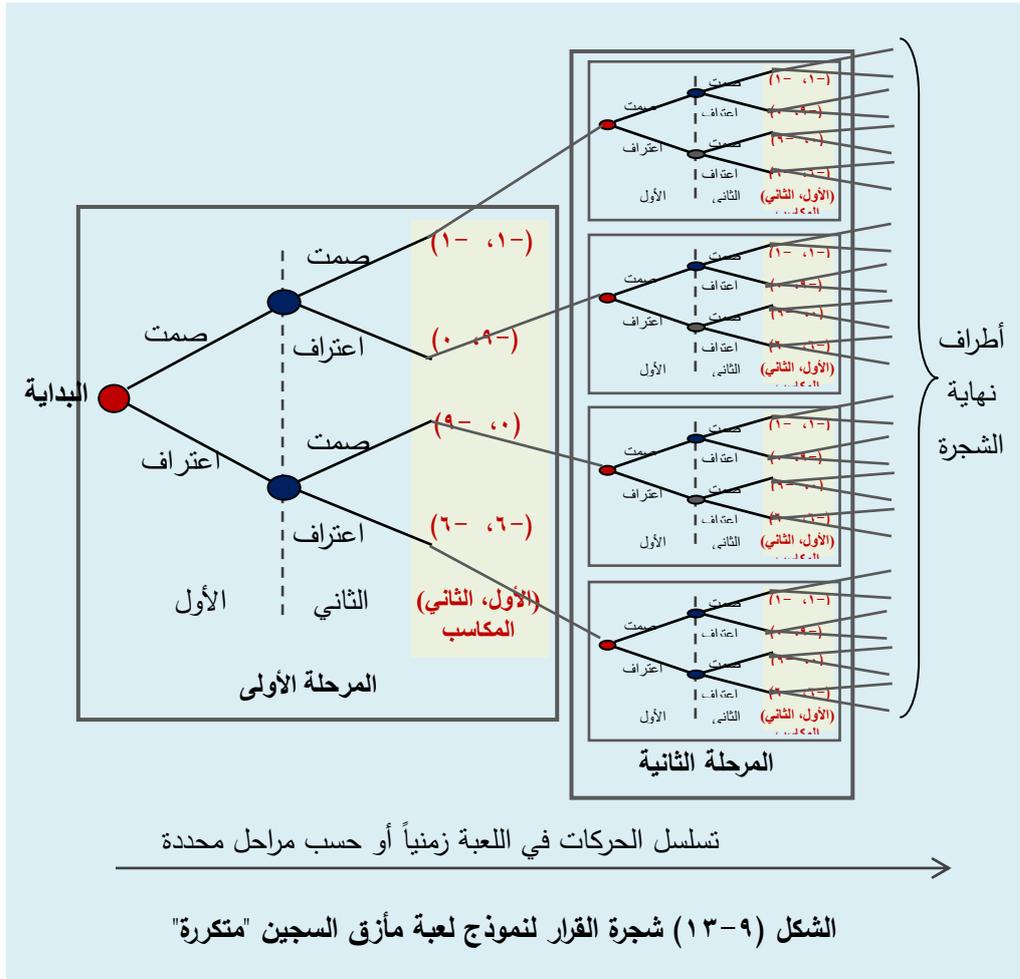
حساب الآخر فيقع التوازن (D, D) .

الجدول [١٤-١٣] مأزق السجين بوجهها المتكرر

المتهم الثاني			
اعتراف D	صمت C		
(٠، ٩-)	(١-، ١-)	صمت C	المتهم الأول
(٦-، ٦-)	(٩-، ٠)	اعتراف D	

لنفترض حالياً أنه تم تكرار اللعبة T مرة، أي تصبح لعبة ديناميكية بـ T مرحلة، حيث يعلم كل سجين حصيلة المراحل السابقة قبل اللعب في المرحلة الحالية، لتكن $T=2$ للتبسيط، مكاسب اللعبة المكررة هو ببساطة مجموع مكاسب جميع مراحل اللعبة، والسؤال المهم: هل يساعد تكرار اللعبة على تحسين حصيلة اللعبة؟

يمكن تمثيل اللعبة على شكل شجرة قرارات كما رأينا في الفصل السابع، ويتناوب كل من اللاعبين على اللعب وتجزئة اللعبة إلى ألعاب جزئية كما يوضح الشكل (٩-١٣)، وبالتالي يمكن إيجاد أفضل رد لكل لعبة جزئية واستبدال اللعبة بالرد الأفضل المكافئ *Certainty Equivalent*، ويتم المحاكمة (اللعبة) من جديد بعد إبدال الألعاب الجزئية بالمكافئ الموافق لها كما فعلنا تماماً في حل شجرة القرارات، حيث تم الاستبدال بالقيمة المتوقعة أو بالمنفعة المتوقعة، ويلعب تابع الرد الأفضل هنا دور القيمة المتوقعة، ويمثل كل مسار من الخيارات من نقطة البداية (إلى اليسار)، وإلى كل طرف من أطراف نهاية الشجرة (من اليمين) استراتيجية ممكنة لكل من اللاعبين.



١٣-٤-٢ التوازن التام في لعبة جزئية

بالتعريف، اللعبة الجزئية أو الفرعية *Subgame* هي شكل موسع من الألعاب حيث:

أ. تبدأ بعقدة قرار n تشكل مجموعة مستقلة أو منفردة من المعلومات.

ب. تتضمن جميع عقد القرارات والنهاية التي تلي العقدة n في اللعبة.

ج. لا تقطع أي مجموعات من المعلومات.

نلاحظ من هذا التعريف أن أية لعبة هي لعبة جزئية، وكل لعبة جزئية هي لعبة مستقلة قائمة بذاتها، وفي كل لعبة منتهية بمعلومات كاملة فكل عقدة في الشجرة تؤدي إلى بدء لعبة جزئية؛ يذكرنا هذا التعريف والملاحظات بشجرة القرارات، وبالتالي يمكن استبدال أية لعبة جزئية بمكاسب أي توازن ناش يتحقق فيها، وإجراء محاكمة راجعة *Backward induction*، لتخفيض الشجرة، أي نفس الآلية التي

رأيناها لحل شجرة القرارات، حيث يتم البدء من الرد الأفضل في الحركة الأخيرة، ثم نعود إلى الوراء، وفي كل مرة نأخذ الرد الأفضل، ونستمر بهذه الآلية الراجعة حتى يتم حل الشجرة كاملةً:

أ. تحديد الرد الأفضل في المرحلة الأخيرة من اللعبة H : $O(H)$.

ب. من أجل كل مرحلة سابقة $1, \dots, H-2, H-1, j$ ، تحديد الرد الأفضل للمرحلة j مع الأخذ بالاعتبار لمكاسب الرد الأفضل المحدد للمراحل اللاحقة لهذه المرحلة أي من أجل $j+1, \dots, H$ ، ونرمز لها $O(j)$.

بالتعريف، ندعو توازن ناش تام للعبة جزئية $SPNE$: *Subgame Perfect Nash Equilibrium* كل استراتيجية s^* ، حيث لا يوجد أية لعبة جزئية يكون فيها لأي لاعب i مصلحة في اختيار استراتيجية مختلفة عن s_i^* مع الأخذ بالاعتبار أن جميع اللاعبين الآخرين j ينتمون إلى الاستراتيجية s^* ، بمعنى أنه يشكل توازن ناش للعبة الجزئية:

$$f_i(O_h(s^*)) \geq f_i(O_h(r_i, s_{-i}^*)) \text{ من أجل كل استراتيجية } r_i \text{ للاعب } i$$

حيث f_i تابع المكاسب للاعب i ، و $O_h(s)$ هي نهاية مرحلة مكونة من h مرحلة سابقة ومتبوعة بسلسلة من الخيارات مولدة بالاستراتيجية s بعد المرحلة h ، ما يجب الإشارة إليه أن التعريف يعني أن استراتيجية اللاعب في كل مرحلة هي أفضل استراتيجية لجميع المراحل اللاحقة للمرحلة المعنية.

الاستقراء التراجعي Backward Induction: هو إجرائية للمحاكمة بشكل معاكس للزمن أي من نهاية المشكلة أو الهدف، وبالعودة شيئاً فشيئاً إلى الوراء حتى بدء المشكلة، حيث يتم عبر هذه الإجرائية تحديد سلسلة من الخيارات المثلى تشكل بمجمها الاستراتيجية المثلى، ويعتبر الاستقراء التراجعي من الأدوات الرئيسية المستخدمة في البرمجة الديناميكية في بحوث العمليات. يتم الانطلاق من آخر عقدة قرار واختيار ما يجب فعله في هذه العقدة بمواجهة الحالات الممكنة، ثم باستخدام هذه المعلومة يتم العودة إلى عقد القرار السابقة للأخيرة واختيار أيضاً ما يتوجب فعله، ... ويتم تكرار هذه السلسلة من الخيارات حتى العودة إلى أول عقدة قرار.

يتم استخدام الاستقراء التراجعي لحساب التوازن التام للألعاب الجزئية $SPNE$ المتسلسلة، وتُدعى أحياناً بالبحث التراجعي *Backward Search* أو التشبيك التراجعي *Backward Chaining* أو التحليل التراجعي *Retrograde Analysis*، وتعود هذه المفاهيم بالأساس إلى أعمال (Newmann)

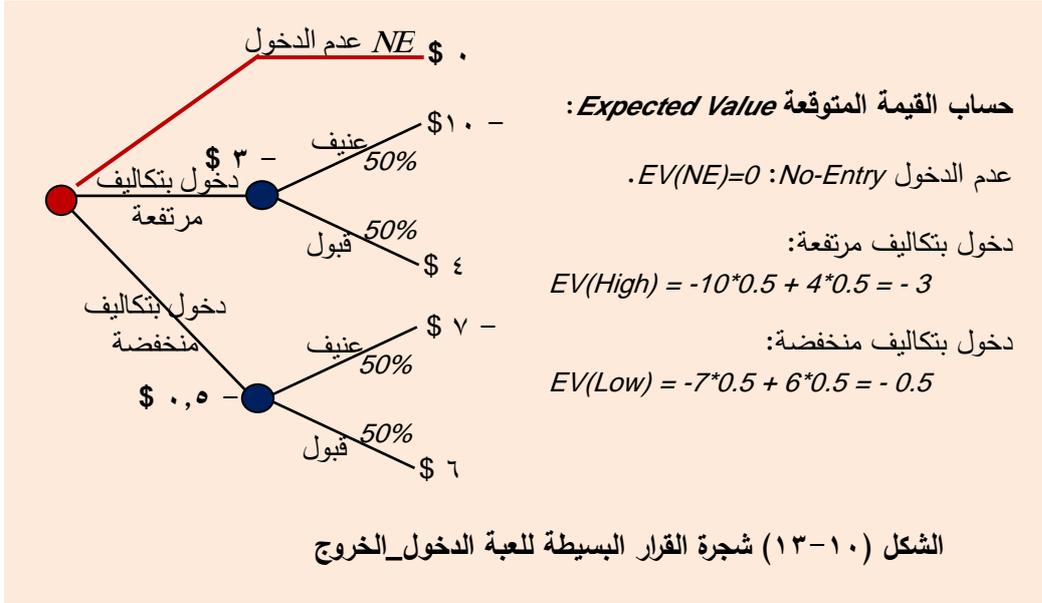
عن الاستنتاج التراجعي. (Morgenstern, 1944 & Rosenthal, 1981) كما نجد في أعمال (Rosenthal, 1981) المزيد من التفصيل والأمثلة

١٣-٤-٣ مثال: لعبة الدخول-الخروج *Entry-Exit Game*

تُفكر إدارة شركة A بالدخول إلى سوق جديد تسيطر عليها شركة أخرى B بشكل كامل، يستند قرار الدخول إلى حساب الأرباح والخسائر، ويعتمد بشكل كبير على رد فعل الشركة المسيطرة في السوق، فقد تقرر الشركة المسيطرة الرد بشكل عنيف تمنع الأولى من الدخول، أو تتأقلم وتحتوي وجود شركة جديدة (قبول)؛ لكي تدخل الشركة الأولى السوق عليها أن تقوم باستثمارات في تكنولوجيا جديدة وتخفيض تكاليف إنتاجها (*Low Cost*)، أو تدخل بالتكنولوجيا المتوفرة لديها حالياً مع تكاليف إنتاج مرتفعة (*High Cost*)، تقدر إدارة الشركة أنه في حال الدخول وكان رد الشركة المسيطرة عنيفاً فإن الخسائر تبلغ ٧ مليون \$ في حالة تكاليف إنتاج منخفضة، و ١٠ مليون \$ في حالة تكاليف إنتاج مرتفعة، وفي حال رد متواضع (قبول) تريح ٦ مليون \$ إذا كانت تكاليف الإنتاج منخفضة و ٤ مليون \$ إذا كانت مرتفعة، طبعاً لدى الشركة دوماً خيار عدم الدخول.

لدراسة هذه المشكلة، يُمكن استخدام أدوات تحليل القرار التقليدية التي رأيناها سابقاً مع تقدير احتمالات رد فعل الشركة المسيطرة (شجرات القرار والقيمة المتوقعة ونظرية المنفعة)، لنفترض في ظل غياب أية معلومات عن هذه الاحتمالات أنها متساوية، وبعد رسم شجرة القرار المبينة في الشكل (١٠-١٣) وإجراء حسابات القيمة المتوقعة، نجد أن الخيار الأفضل للشركة هو عدم الدخول $EV(NE)=0$.

نلاحظ أن القرار يتعلق بشكل كبير في تقدير احتمال رد الشركة المسيطرة.

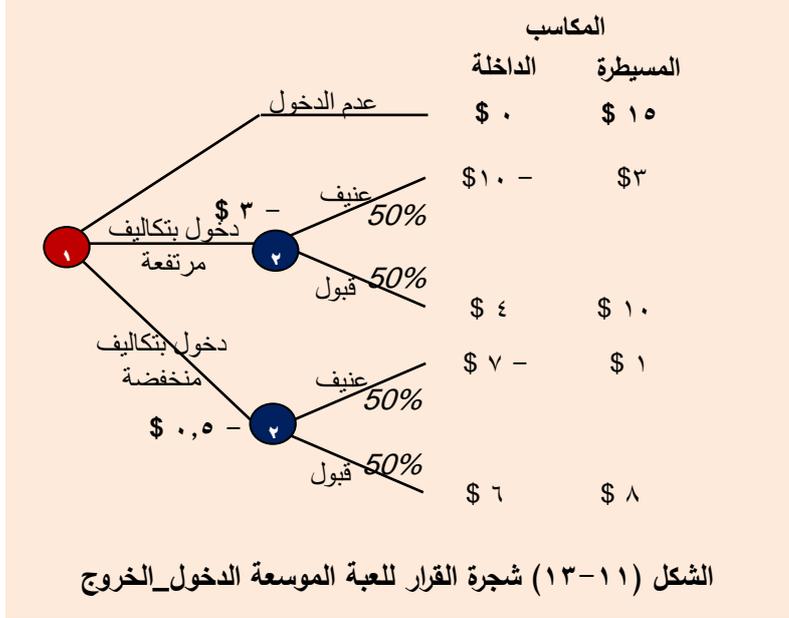


لندخل حالياً على الشجرة ردود أفعال الشركة المسيطرة، علماً بأنها لا تعلم حجم استثمارات الشركة الجديدة التي ستدخل السوق:

- ✓ تجني الشركة المسيطرة ١٥ مليون \$ حالياً منفردةً بالسوق.
- ✓ في حال قررت رد متواضع (قبول الشركة الجديدة) فإن الأرباح تتخفض إلى ١٠ مليون \$ إذا دخلت الشركة الجديدة بالتكنولوجيا الحالية (*High Cost*)، وإلى ٨ مليون \$ إذا دخلت الشركة الجديدة بتكنولوجيا جديدة (*Low Cost*).
- ✓ في حال قررت رد عنيف (رفض الشركة الجديدة) فإن الأرباح تتخفض إلى ٣ مليون \$ إذا دخلت الشركة الجديدة بالتكنولوجيا الحالية (*High Cost*)، وإلى ١ مليون \$ إذا دخلت الشركة الجديدة بتكنولوجيا جديدة (*Low Cost*).

لنرسم الشجرة من جديد مع الأخذ بالاعتبار لهذه المعلومات كما يوضح الشكل (١١-١٣)، فما هي الاستراتيجية الأمثل لكل من الشركتين؟

من الواضح من حصيلة اللعبة الأصلية، أن الشركة الجديدة ستدخل بتكنولوجيا جديدة والشركة المسيطرة ستقبل الوضع، حيث تكون المكاسب ٦ مليون للأولى و ٨ مليون للثانية.



للعبة توازن ناش آخر باستراتيجية صافية هو عدم الدخول للأولى، ورد عنيف للثانية حيث المكاسب (١٥، ٠)، لكن هذا التوازن يفتقد إلى المصدقية "Non-Credible"، لكونه تهديداً فارغاً من قبل الشركة المسيطرة، حيث نعلم أن أفضل رد للمسيطرة في حال دخلت الأولى هو رد متواضع وقبول دخولها، والمصدقية هي قضية حاسمة في الألعاب الدينامية، وبالتالي سنكون بحاجة للتعامل مع التهديدات في هذا النمط من الألعاب وينظر إليه كلعبة جزئية بتوازن ناش تام *Subgame Prefect Nash Equilibrium*.

١٣-٤-٤ مثال: نموذج لعبة Stackelberg

لدينا شركتان تنتجان نفس المنتج، حيث $C_i(q_i)$ هو تابع تكاليف الأولى i لكمية الإنتاج q_i ، ويحدد سعر البيع بناءً على الكمية المطلوبة في السوق Q ، ونرمز له بالشكل $P_d(Q)$ ، وتقوم الشركتان باتخاذ قراراتها بشكل تسلسلي، وليس بشكل متزامن، وبالتالي تعلم الشركة التالية ما قرره الشركة الأخرى قبلها، تمثل هذه اللعبة بالشكل الموسع، وتدعى نموذج لعبة Stackelberg^(٧١)، لنعرف مكونات مراحل اللعبة:

^{٧١} Heinrich Freiherr von Stackelberg (١٩٠٥-١٩٤٦) اقتصادي ألماني ساهم في تقديم نموذج للقيادة في نظرية الألعاب.

✓ القيم في نهاية اللعبة هي كميات إنتاج كل من الشركتين (q_1, q_2) .

✓ الأرباح للشركة i في نهاية اللعبة $P(q_1+q_2) - C_i(q_i)$ حيث $i=1, 2$.

لنفترض أن الشركة الأولى هي التي تقرر بدايةً الكمية التي ستنتجها، بالتالي سيكون خيار الشركة الثانية تابع لكل خيار ممكن يمكن أن تقررته الأولى.

من أجل أية كمية q_1 تقررهما الأولى، ستقرر الثانية الكمية التي تعظم تابع الربح الخاص بها $b_2(q_1)$ ، أي من أجل أية لعبة جزئية فالتوازن $SGPE$ سيكون الاستراتيجية b_2 ،

ثم نجد كمية المبيعات للشركة الأولى التي تعظم أرباحها مع الأخذ بالاعتبار لاستراتيجية الثانية، عندما تقرر الأولى q_1 فالثانية تقرر $b_2(q_1)$ ، فتكون الكمية الإجمالية تساوي $q_1+b_2(q_1)$ ، ويتحدد سعر البيع $P_d(q_1+b_2(q_1))$ ، وتكون كمية التوازن للأولى هي التي تعظم تابع الأرباح $\pi_1(q_1) = q_1(P_d(q_1+b_2(q_1)) - C_1(q_1))$ ونرمز لهذه الكمية المثلثي q_1^* .

ليكن $C_i(q_i) = c \cdot q_i$ من أجل الشركتين $i=1, 2$ ،

وليكن تابع السعر $P_d(Q) = \begin{cases} \alpha - Q & \text{if } Q \leq \alpha \\ 0 & \text{if } Q > \alpha \end{cases}$ حيث $0 < c < \alpha$

نجد أن الشركة الثانية لديها أفضل رد لكل q_1 يحسب كما يلي:

$$b_2(q_1) = \begin{cases} \frac{1}{2}(\alpha - c - q_1) & \text{if } q_1 \leq \alpha - c \\ 0 & \text{if } q_1 > \alpha - c \end{cases} \quad \text{أفضل رد للثانية}$$

حيث أن التوازن التام في اللعبة الجزئية يعني أن استراتيجية الشركة الثانية s هي التابع b_2 واستراتيجية الشركة الأولى s هي الكمية q_1 التي تعظم قيم التابع:

$$q_1(\alpha - c - (q_1 + 1/2(\alpha - c - q_1))) = 1/2 q_1(\alpha - c - q_1)$$

يأخذ هذا التابع قيمة العظمى عندما $q_1^* = 1/2 q_1(\alpha - c)$

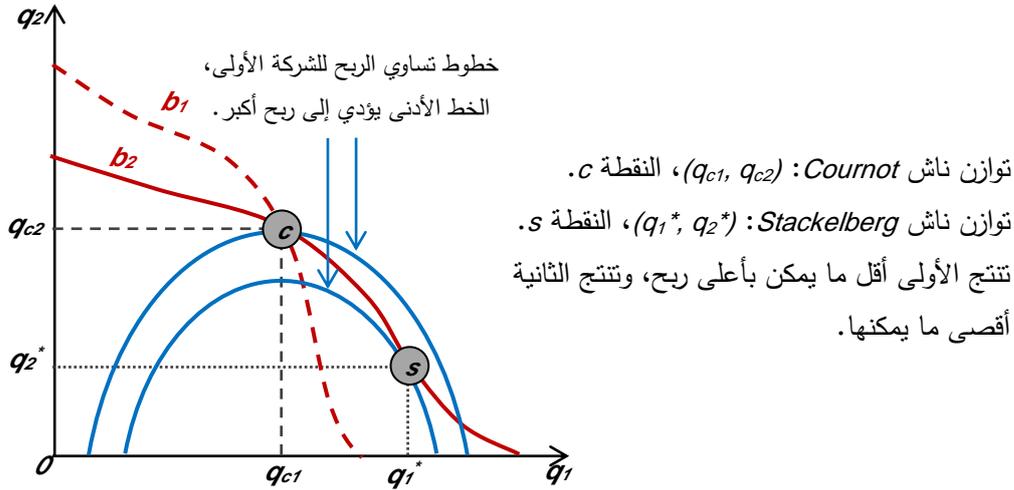
فتكون الكمية المثلثي للشركة الثانية عند التوازن تساوي:

$$q_2^* = b_2(q_1^*) = b_2(1/2(\alpha - c)) = 1/2(\alpha - c - 1/2(\alpha - c)) = 1/4(\alpha - c)$$

وتكون أرباح الشركة الأولى $q_1^*(P(q_1^*+q_2^*) - c) = 1/8(\alpha - c)^2$

وأرباح الشركة الثانية $q_1^*(P(q_1^*+q_2^*) - c) = 1/16(\alpha - c)^2$

نلاحظ أن الشركة الأولى (التي قامت بالحركة الأولى) تجني أرباحاً أكثر من الثانية ببيعها كمية أكبر، وفي حال كانت اللعبة متزامنة (الشركتان تلعبان بنفس الوقت على غرار نموذج Cournot) سيحصل توازن ناش عند $q^* = 1/3 (\alpha - c)$ لكل من الشركتين وتكون أرباحهما متساوية $(\alpha - c)^2 / 9$. تجدر الإشارة إلى أنه في شروط خاصة، تحصل الشركة التي تقوم بالحركة الأولى على أرباح أكثر وليس الحالة العامة.



الشكل (١٢-١٣) توازن Stackelberg ، ومقارنته بتوازن Cournot

١٣-٥ تطبيقات نظرية الألعاب والصعوبات

هناك مجالات عديدة أخرى تعتبر تربة خصبة لتطبيق نظرية الألعاب، لكن هذه التطبيقات تواجه العديد من الصعوبات كما سنرى.

أ) في مجال الأعمال والأسواق

رأينا في فقرات هذا الفصل العديد من التطبيقات المباشرة لنظرية الألعاب، إذ تعتبر المنافسة بأشكالها المتعددة في الأسواق خير مثال على تطبيقات نظرية الألعاب منذ بدء الاهتمام بالقرارات الاقتصادية سواء على الصعيد الفردي أو الإجمالي، وكذلك تجد الأسواق المالية بكافة أشكالها مجالاً رحباً، لتطبيق نماذج الألعاب حتى أن البعض ينظر إلى السوق المالية وكأنها لعبة ديناميكية بعدد غير منتهي من اللاعبين (Wiszniewska-Matyszekiel, 2006)، كما يمكن بناء نماذج خاصة بالحقيبة الاستثمارية بالاعتماد على مفاهيم ونماذج نظرية الألعاب (Bell & Cover, 1988).

ب) في مجال العلوم العسكرية

يعود استخدام مفاهيم الألعاب إلى عصور موهلة في القدم، إذ يقوم *SunTzu* في كتابه فن الحرب (٥٠٠ قبل الميلاد) بتحليلات موسعة عن هذا النمط من الألعاب قبل بدء المعارك فعلياً لاعتقاده المحق بأن الحرب تُكسب قبل بدء المعركة مشيراً إلى التحضيرات التي يجب أن تتم، وخير مثال على ذلك تمثيل قطع الشطرنج بأشكال القوات مثل القلعة والحصان والجندي والوزير والفيل، ثم تطورت بأشكال عديدة من رقع شطرنج تحوي مئات أو آلاف المربعات إلى المجسمات الرملية، فالمناورات والمشاريع التدريبية، ويعود الاستخدام المكثف لنماذج الألعاب في العلوم العسكرية إلى التكاليف الباهظة للاستراتيجيات الخاطئة أثناء العمليات العسكرية.

أنت التطبيقات العسكرية الأكثر جديّة بعد نجاحات مجموعة بحوث العمليات خلال الحرب العالمية الثانية، لكنها كانت أقرب إلى نماذج الأمثلة في بحوث العمليات (*Haywood, 1954*)، وتشعبت كثيراً لتمتد إلى النزاعات السياسية والاقتصادية باعتبارها امتداداً طبيعياً للصراعات العسكرية، ومع الاستخدام المكثف لتكنولوجيا المعلومات، وخوارزميات القيادة والسيطرة، أصبح بالإمكان إجراء العديد من التدريبات الافتراضية على شكل نماذج تحاكي الواقع *Simulation* لها الطابع العسكري، مثل قمره التدريب على الطيران *Simulator*.

ت) في مجال الانتخابات

تعتبر نظم الانتخابات قضية جوهرية للفوز بالسلطة، لذلك يسعى كل من اللاعبين السياسيين إلى اعتماد النظام "قواعد اللعبة" الذي يتوقع أنه يُعظم حظوظه بالفوز، ما زالت هذه القضية غير محسومة رغم العديد من الدراسات النظرية التي أنجزت حولها منذ الثورة الفرنسية في القرن السابع عشر على الأقل التي تصدرتها أعمال *Borda* (١٧٧٠) و *Condorcet* (١٧٧٥) مروراً بأعمال *Newmann & Morgenstern* (١٩٤٤) ونظرية الخيارات الجماعية *Social Choice* (*Arrow, 1953*) وليس انتهاءً بنموذج الناخب العقلاني *Rational Voting Model* (*Myerson & Weber, 1993*)

ت) الصعوبات

تعاني نماذج نظرية الألعاب من صعوبات عديدة أثناء التطبيق الفعلي، منها ما يتعلق بالجوانب النظرية، وأخرى بجوانب عملية.

فعلى الصعيد النظري، ما زالت هذه النماذج في بدايات تطورها النظري، ولم تكتمل كنظرية يُعتمد بها، فهناك العديد من القيود والفرضيات التي تجعل من تعميم النماذج صعباً دون خرق لأحد هذه القيود، وهناك صعوبات تتعلق بنمذجة رياضية مناسبة لتوابع المكاسب، أو الأخذ بالاعتبار لعناصر ولتغيرات اللعبة.

أما على الصعيد العملي، فيأتي في مقدمتها:

- (أ) تقييم تقريبي لمصفوفة المكاسب التي تبدو أقرب إلى التقديرات منها إلى حسابات مستندة إلى توابع موضوعية، ومع ذلك قد يواجه هذا التقييم مشكلات مهمة مثل تقدير قيمة حياة إنسان، أو تقييم فعل أخلاقي، وقد نستطيع أحياناً إيجاد التقييم المناسب، لكنه يتطلب الكثير من الجهد والموارد، وأحياناً يكون عدد خيارات اللاعب كبيرة أو غير محدودة العدد.
- (ب) استخدام القيمة المتوقعة لتحديد الاستراتيجية الأفضل التي تقايس معلومات بأخرى، حيث تجعل كل لاعب متفائل تجاه خياراته، ومتشائم تجاه حركات اللاعبين الآخرين.
- (ت) أحياناً، القيم التي تأخذها الخيارات قد تكون بطبيعتها وصفية ويصعب تكميمها، أو إجراء العمليات الحسابية عليها.
- (ث) مشكلات ذات طابع تقني مثل الخلط بين حصيلة اللعبة وقيم المكاسب، الخلط بين الاستراتيجية وخيارات كل مرحلة، محاكمة خاطئة، إهمال معلومات قيمة، سوء صياغة تابع الرد الأفضل، ويمكن لتقانات الذكاء الصناعي المساعدة، وبشكل خاص الخوارزميات الجينية في تجاوز بعض المشكلات التقنية (ثابت، ٢٠١٢).

اختبارات وأسئلة الفصل الثالث عشر Tests

(١) أسئلة صح / خطأ True/False

خطأ	صح	السؤال
		١ يُنظر إلى نظرية الألعاب على أنها مجموعة من الأدوات للتنبؤ بحصيلة تفاعل مجموعة من الأطراف.
		٢ من أهم فرضيات اللاعب العقلانية والأخذ بالاعتبار خيارات اللاعبين الآخرين.
		٣ يُقصد بالحركة في نظرية الألعاب الاستراتيجية المثلى التي تنتقل للعبة من حالة إلى أخرى.
		٤ في نظرية الألعاب، تشمل الاستراتيجية مجموعة الحركات والخطط التي يقوم بها اللاعب.
		٥ يسعى اللاعب دوماً إلى إفلاس اللاعب الآخر مهما كانت مكاسبه.
		٦ الحصيلة النهائية للعبة هي مجموع المبالغ التي يحصل عليها كل من اللاعبين.
		٧ تكمن المعضلة الرئيسية في مأزق السجين بعدم التواصل بين السجينين.
		٨ تصنف الألعاب حسب توفر المعلومات بمعلومات كاملة ومعلومات منقوصة.
		٩ في نظرية الألعاب، لا يمكن للاعبين التعاون بينهم بمعنى لا يوجد ألعاب تعاونية.
		١٠ يُقصد بلعبة بمجموع صفري إذا كان مجموع مكاسب اللاعبين يساوي الصفر.
		١١ يُقصد بتوازن ناش أن أي من اللاعبين لن يستفيد شيئاً بتغيير استراتيجيته مع محافظة الآخرين على نفس استراتيجياتهم.
		١٢ توازن ناش هو الرد الأفضل لكل من اللاعبين على اللاعبين الآخرين.
		١٣ هناك دوماً في أية لعبة توازن ناش وحيد.
		١٤ الاستراتيجية المهيمنة هي الاستراتيجية التي تؤدي إلى تعظيم مكاسب اللاعب بغض النظر عن خيارات اللاعبين الآخرين.
		١٥ في كل لعبة هناك دوماً استراتيجية مهيمنة واحدة على الأقل.
		١٦ في حال وجود استراتيجيات مهيمنة، نحذف الاستراتيجيات المهيمن عليها من خيارات اللاعب.
		١٧ نحصل على التوازن المستقر في نموذج Cournot بتقاطع توابع الرد الأفضل لجميع الشركات المتنافسة.
		١٨ يركز نموذج Cournot على حساب السعر، في حين يركز نموذج Bertrand على حساب الكمية المثلى في حالة التوازن.
		١٩ حصيلة المنافسة في نموذج Bertrand تؤدي إلى سعر توازن يساوي التكلفة الواحدة للمنتج المتنافس عليه.
		٢٠ يُقصد باستراتيجية مختلطة أن اللاعب ينوع خياراته بشكل عشوائي.

- ٢١ الاستراتيجية المختلطة ليست إلا مجموعة من الاستراتيجيات الصافية باحتمالات محددة.
- ٢٢ غالباً ما يتم المحاكمة في الاستراتيجية المختلطة على أساس المنفعة المتوقعة.
- ٢٣ كل لعبة هي لعبة جزئية.
- ٢٤ الاستقراء التراجعي هو إجرائية محاكمة بشكل معاكس للزمن.
- ٢٥ يتميز نموذج Stackelberg بأن الشركات تتناوب على اتخاذ القرارات.

٢) أسئلة خيارات متعددة Multiple Choices

- ١- يمكن النظر إلى نظرية الألعاب على أنها:
- (أ) مجموعة من أدوات التنبؤ بحصيلة تفاعل مجموعة من الأطراف.
- (ب) دراسة مشكلات عدة متخذي قرارات وليس واحداً.
- (ج) مجموعة أدوات لفهم والتعامل مع ظاهرة التفاعل بين عدة متخذي قرارات.
- (د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة.
- ٢- أهم مكونات اللعبة ما يلي:
- (أ) أطراف اللعبة أي المتنافسون
- (ب) قواعد اللعبة
- (ج) مصفوفة المكاسب
- (د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة
- ٣- في معرض التمييز بين الاستراتيجية والخطة والحركة:
- (أ) الاستراتيجية تشمل الحركات والخطط
- (ب) الخطة تشمل الاستراتيجيات والحركات
- (ج) الحركة تشمل الاستراتيجيات والخطط
- (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٤- في معرض التمييز بين المكاسب وحصيلة اللعبة:
- (أ) المكاسب هي حصيلة اللعبة نفسها ولا فرق بينهما.
- (ب) الحصيلة هي ما تتوصل إليه اللعبة، والمكاسب هي قيم الإيرادات لكل لاعب.
- (ج) المكاسب هي حصيلة اللاعبين.
- (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة.
- ٥- في معرض تصنيف الألعاب حسب تزامن حركات اللعب، نجد:
- (أ) لعبة بمعلومات كاملة وأخرى بمعلومات منقوصة
- (ب) لعبة ساكنة وأخرى ديناميكية
- (ج) لعبة فردية وأخرى جماعية
- (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة
- ٦- في معرض تصنيف الألعاب حسب التعاون بين اللاعبين:
- (أ) لعبة تعاونية
- (ب) لعبة غير تعاونية
- (ج) لعبة خليط بين الحالتين
- (د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

٧- يُقصد بتوازن ناش ما يلي:

- أ) تركيبة من الاستراتيجيات حيث استراتيجية كل لاعب هي الرد الأفضل على استراتيجيات الآخرين.
- ب) تركيبة من الاستراتيجيات المثلى لكل للاعب بغض النظر عن الآخرين.
- ج) تابع المكاسب لكل اللاعبين.
- د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة.

٨- في كل لعبة منتهية لها الشكل البسيط، تنص نظرية ناش على:

- أ) عدم وجود توازن للعبة
- ب) بالضرورة نجد على الأقل توازيين لكل من اللاعبين
- ج) وجود توازن واحد على الأقل
- د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة

٩- تُستخدم توابع الرد الأفضل بشكل خاص في الحالات الآتية:

- أ) عدد الخيارات كبيراً
- ب) توابع المكاسب مستمرة
- ج) وجود أكثر من لاعبين اثنين
- د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

١٠- نقول عن استراتيجية بأنها استراتيجية مهيمنة كلياً لأحد اللاعبين إذا كانت:

- أ) الرد الأفضل حسب استراتيجيات اللاعبين الآخرين.
- ب) تعظم المنفعة المتوقعة لمكاسب اللاعب بغض النظر عن خيارات اللاعبين الآخرين.
- ج) مكاسب اللاعب أكبر من مكاسب اللاعبين الآخرين.
- د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة.

١١- يساعد وجود الاستراتيجيات المهيمنة على:

- أ) تخفيف الحسابات ومستوى تعقيد اللعبة
- ب) تسهيل اختيار الاستراتيجيات للاعبين
- ج) الوصول للحل الأفضل بسرعة إن وجد
- د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

١٢- في نموذج كورنو *Cournot*، تتنافس الشركات على:

- أ) الكميات الواجب بيعها وتقرر كل منها بشكل تسلسلي/متناوب.
- ب) الكميات والأسعار في السوق وتقرر كل منها بشكل مستقل.
- ج) الكميات الواجب بيعها وتقرر كل منها بشكل مستقل ومتزامن.
- د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة.

١٣- في نموذج بيرتران *Bertrand*، تتنافس الشركات على:

- أ) الأسعار الواجب بيعها وتقرر كل منها بشكل تسلسلي/متناوب.
- ب) الكميات والأسعار في السوق وتقرر كل منها بشكل مستقل.
- ج) الأسعار الواجب بيعها وتقرر كل منها بشكل مستقل ومتزامن.
- د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة.

١٤- يُقصد بالاستراتيجية المختلطة *Mixed Strategy* ما يلي:

- (أ) تسلسل أو تناوب استراتيجيات اللاعبين.
- (ب) كل لاعب يمكنه تغيير خياراته بشكل عشوائي.
- (ج) خليط بين حركات اللاعب وحركات اللاعبين الآخرين بشكل عشوائي.
- (د) جميع الأجوبة السابقة خاطئة.

١٥- من أهم مبررات اللاعب اللجوء إلى الاستراتيجية المختلطة *Mixed Strategy* ما يلي:

- (أ) أن يصعب اللاعب على الآخرين توقع حركاته.
- (ب) أن اللاعب لا يرى فرقاً بين الاستراتيجيات الصافية.
- (ج) جهل تام للاعب بحركات اللاعبين الآخرين.
- (د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة.

١٦- يشمل الشكل الموسع للعبة *Extensive Form* العناصر الآتية:

- (أ) ترتيب حركات اللاعبين
- (ب) مكاسب كل من اللاعبين
- (ج) مجموعة خيارات كل من اللاعبين
- (د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

١٧- اللعبة الجزئية *Subgame* هي شكل موسع من الألعاب حيث:

- (أ) تبدأ بعقدة قرار وتشكل مجموعة مستقلة.
- (ب) تتضمن جميع عقد اللاعبين من العقدة المعنية إلى نهاية اللعبة.
- (ج) لا تقتطع أية مجموعات من المعلومات منها.
- (د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة.

١٨- من أهم الصعوبات العملية التي تواجه تطبيق نماذج نظرية الألعاب ما يلي:

- (أ) التقييم والتقدير التقريبي للمكاسب
- (ب) استخدام توابع القيمة المتوقعة
- (ج) طبيعة الخيارات الوصفية التي يصعب تكميمها
- (د) جميع الأجوبة السابقة صحيحة

(٣) أسئلة ١ قضايا للمناقشة

السؤال (١) مفاهيم أساسية.

اشرح بإيجاز ما هو المقصود بكل من المفاهيم الآتية: اللعبة *Game*، الحركة *Action*، الاستراتيجية *Strategy*، تابع المكاسب *Payoffs Function*، حصيلة اللعبة *Outcome*،

السؤال (٢) توازن ناش لمأزق السجين.

لدينا الجدول الآتي حول عدد سنوات السجن لكل من المتهمين في لعبة مأزق السجين، والمطلوب إيجاد توازن ناش في هذه الحالة.

المتهم الثاني			
اعتراف	صمت		
(٠، ١٠-)	(٢-، ٢-)	صمت	المتهم الأول
(٥-، ٥-)	(١٠-، ٠)	اعتراف	

السؤال (٣) الاستراتيجية المهيمنة *Dominated Strategy*.

- (١) ما المقصود بالاستراتيجية المهيمنة؟
 (٢) لدينا الجدول الآتي حول مكاسب لاعبين اثنين، أوجد الاستراتيجيات المهيمنة كلياً، والمهيمنة فقط.

خيارات اللاعب الثاني

Z	Y	X		
(١، ١٠)	(٥، ٨)	(١٠، ١)	A	خيارات اللاعب الأول
(٥، ٤)	(١٠، ١٠)	(٨، ٥)	B	
(٤، ٥)	(٦، ٥)	(٢، ٢)	C	

السؤال (٤) نماذج كورنو، بيرتران، وستاغليبرغ.

اختر أحد النماذج الآتية وشرح بالتفصيل كيفية الحصول على التوازن من أجل شركتين اثنتين فقط:

نموذج *Cournot*، أو نموذج *Bertrand*، أو نموذج *Stackelberg*.

السؤال (٥) صعوبات تطبيق نماذج نظرية الألعاب.

اشرح بإيجاز أهم الصعوبات التي تعيق تطبيق أو تطوير نماذج نظرية الألعاب.

المراجع References

المراجع باللغة العربية

١. ايفرام، توربان. (٢٠٠١). نظم دعم الإدارة، نظم دعم القرارات ونظم الخبرة. دار المريخ، الرياض، السعودية، (ترجمة سرور علي سرور).
٢. البلداوي، عبد الحميد. (٢٠٠٨). الأساليب الكمية التطبيقية في إدارة الأعمال - المؤلف العلمي الثلاثي: الإدارة، بحوث العمليات، الإحصاء. دار وائل للنشر، عمان الأردن.
٣. البياتي، فائز غازي & جواد، كاظم أحمد. (٢٠١٠). الترتيب الداخلي - دراسة تطبيقية في شركة الصناعات الخفيفة. مجلة الإدارة والاقتصاد، العدد الخامس والثمانون، ص. ١٨٦-٢٠٦، العراق.
٤. الحسين، محمد & مشرقي، حسن. (٢٠٠١). إدارة الإنتاج: عمليات ودخل كمي. منشورات جامعة حلب، سورية.
٥. الحملاوي، محمد رشاد. (١٩٩٣). إدارة الأزمات: تجارب محلية وعالمية. دار أبو المجد، القاهرة، مصر.
٦. الحميدي، نجم عبدالله & السامرائي، سلوى أمين & العبيد، عبد الرحمن. (٢٠٠٥). نظم المعلومات الإدارية - مدخل معاصر. دار وائل للنشر، عمان، الأردن.
٧. الخضير، محسن أحمد. (١٩٩٧). إدارة الأزمات. مكتبة مدبولي، القاهرة، مصر.
٨. الزوبعي، عبيد & حسين، عمر & يونس، عادل. (٢٠١٢). تطبيقات البرمجة الخطية في نماذج النقل. *Journal of Sciences and Technology*, vol. 13, December/2012, pp.54-65.
٩. الكاشف، محمد محمود & عبد المنعم، عاطف. (٢٠٠٨). تقييم وإدارة المخاطر. مركز تطوير الدراسات العليا والبحوث، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، مصر.
١٠. السالمي، علاء عبد الرزاق محمد. (٢٠٠٥). نظم دعم القرارات. الطبعة الأولى، دار وائل للنشر، عمان، الأردن.
١١. الشماع، سمر. (٢٠٠٧). القرارات المالية الاستراتيجية في استئجار الموجودات طويلة الأجل. مجلة الإدارة والاقتصاد، العدد السابع والستون، العراق.
١٢. العتوم، عدنان يوسف & الجراح عبد الناصر & بشارة موفق. (٢٠٠٧). تنمية مهارات التفكير - نماذج نظرية وتطبيقات عملية. الطبعة الأولى، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان، الأردن.
١٣. الفاضل، عبد الرزاق & عواد، منذر & الجندي، ياسر. (٢٠٠٤). الرياضيات الاقتصادية والإدارية. منشورات جامعة دمشق، سورية.
١٤. المنصور، كاسر. (٢٠٠٥). الأساليب الكمية في اتخاذ القرارات. دار الحامد للنشر، عمان، الأردن.
١٥. المنظمة العربية للتنمية الإدارية. (٢٠٠٧). تأثير نظم دعم اتخاذ القرار DSS على تحسين أداء الإدارة الحكومية.

- جامعة الدول العربية، القاهرة، مصر.
١٦. النجدي، أحمد & عبد الهادي، منى & راشد، علي. (٢٠٠٣). تدريس العلوم في العالم المعاصر - طرق واساليب واستراتيجيات حديثة في تدريس العلوم. دار الفكر العربي، القاهرة، مصر.
١٧. اليامور، علي حازم. (٢٠٠٩). استخدام نموذج البرمجة الخطية في تحديد المزيج الإنتاجي الأمثل الذي يعظم الأرباح في ظل نظرية القيود. المؤتمر العلمي الثاني للرياضيات-الإحصاء والمعلوماتية، ٦-٧ كانون الأول ٢٠٠٩، جامعة الموصل، العراق.
١٨. أدونيس. (١٩٩٦). الأعمال الشعرية الكاملة. دار المدى للثقافة والنشر، دمشق، سورية.
١٩. أيوب، ناديا. (١٩٨٩). نظرية القرارات الإدارية. مطبعة طربين، دمشق.
٢٠. بونيه، آلان. (١٩٩٣). الذكاء الصناعي - واقعه ومستقبله. عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت. (ترجمة علي صبري فرغلي).
٢١. بقجه جي، صباح الدين. (١٩٩٨). بحوث العمليات. المركز العربي للتعبير، دمشق، سورية.
٢٢. بقله، سهير. (٢٠١٢). مساهمة نظم دعم القرار في تحسين الفعالية الإدارية - دراسة حالة عملية في مجموعة الشاعر للكيموايات. جامعة دمشق، كلية الاقتصاد، (رسالة دكتوراه غير منشور).
٢٣. بوبر، كارل (١٩٩٤). الحياة بأسرها حلول لمشاكل. العنوان الأصلي: *Carl, Alles Leben ist Probmlösen*, Popper. ترجمة بهاء درويش، الناشر منشأة المعارف بالإسكندرية، جلال حزي وشركاه، مصر.
٢٤. بوبر، كارل (٢٠٠٦). منطق البحث العلمي. العنوان الأصلي: *Carl Popper, Logik der Forschung*. ترجمة محمد البغدادي، المنظمة العربية للترجمة.
٢٥. ثابت، همسة معن محمد. (٢٠١٢). دراسة مقارنة بين الخوارزمية الجينية واللكو في حل بعض مسائل نظرية الألعاب. المجلة العراقية للعلوم الإحصائية (٢٢)، ص ١٣٦-١٤٨.
٢٦. حبيب، مجدي عبد الكريم. (١٩٩٧). سيكولوجية صنع القرار. مكتبة النهضة المصرية، القاهرة، مصر.
٢٧. حبيش، علي & عبدالوهاب، حافظ شمس الدين. (٢٠١٥). التفكير العلمي وصناعة المعرفة. هيئة الكتاب، مكتبة الأسرة، سلسلة الثقافة العلمية. مصر.
٢٨. حجاج، علي حسين؛ هنا، عطية محمود. (١٩٨٦). نظريات التعليم. دراسة مقارنة - الجزء الثاني. سلسلة عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت
٢٩. رمضان، أنيسة & رشيد، بومدين. (٢٠١١). البرمجة الخطية بالأهداف كأداة مساعدة على اتخاذ القرار. المجلة الجزائرية للعلوم والسياسات الاقتصادية، العدد ٢، ٢٠١١، ص. ١٧٣-١٨٨.
٣٠. زهران، جمال علي. (٢٠١٠). الإطار النظري لصنع القرار السياسي (رؤية استراتيجية لصنع القرار التتموي في مصر). قسم العلوم السياسية - جامعة قناة السويس.
٣١. سالم، فؤاد الشيخ. (١٩٨٢). أساليب بحوث العمليات في الإدارة. المنظمة العربية للعلوم الإدارية، عمان، الأردن.

٣٢. سالم، فؤاد الشيخ & حسن، فالح محمد. (١٩٨٣). الأساليب الكمية في اتخاذ القرارات. المنظمة العربية للعلوم الإدارية، عمان، الأردن.
٣٣. سعيد، سهيلة عبدالله. (٢٠٠٧). الجديد في الأساليب الكمية وبحوث العمليات. دار الحامد، عمان، الأردن.
٣٤. سويسبي، هواربي. (٢٠٠٧). أهمية تقييم المؤسسات في اتخاذ قرارات الاستثمار المالي. مجلة الباحث، العدد ٥. الجزائر.
٣٥. شمس الدين، شمس الدين. (٢٠٠٥). مدخل في نظرية القرارات "تحليل المشكلات واتخاذ القرارات الإدارية". مركز تطوير الإدارة والإنتاجية، وزارة الصناعة، دمشق، سورية.
٣٦. شنايدر، جاري. (٢٠٠٨). التجارة الإلكترونية. دار المريخ للنشر، الرياض، السعودية. (ترجمة سرور علي).
٣٧. شياد، فيصل. (٢٠١٤). تحليل متعدد المعايير لاختيار الاستثمارات. دار مجدلاوي للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.
٣٨. صالح، خلود. (٢٠١٤). نمذجة قرار شراء المستهلك للخدمات المصرفية. المعهد العالي لإدارة الأعمال، دمشق، (رسالة دكتوراه غير منشور).
٣٩. طعمة، أمل. (٢٠٠٦). اتخاذ القرار والسلوك القيادي. دار ديبونو للنشر والتوزيع. عمان، الأردن.
٤٠. طلبة، عبد الله. (١٩٨٩). مبادئ القانون الإداري، ج ٢، جامعة دمشق.
٤١. عامر، أيمن. (٢٠٠٣). الحل الإبداعي للمشكلات بين الوعي والأسلوب. مكتبة الدار العربية للكتاب، القاهرة، مصر.
٤٢. عبد الحي، وليد. (٢٠١٢). دور مراكز الأبحاث في صناعة القرار السياسي الأردني ١٩٨٩-٢٠١٠. معهد عصام فارس للسياسات العامة والشؤون الدولية الجامعة الأمريكية في بيروت، لبنان.
٤٣. عبد الرزاق أبو شعر. (٢٠١٢). النماذج الاقتصادية للتنبؤ مع التطبيق على الاقتصاد السوري. جامعة دمشق، كلية الاقتصاد (رسالة دكتوراه غير منشور).
٤٤. عبود، طلال. (١٩٩٧). مفهوم نظم دعم القرارات. مجلة المعلومات، حزيران ١٩٩٧، دمشق.
٤٥. عبود، طلال. (١٩٩٩). طريقة جديدة لتقويم العاملين في المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا. دمشق، سورية، (غير منشور).
٤٦. عبود، طلال. (٢٠٠٠). تكنولوجيا المعلومات وأثارها الاقتصادية والتنظيمية. ندوة التنمية ومجتمع المعلوماتية، الجمعية العلمية السورية للمعلوماتية، حلب - ٢١-٢٣ تشرين الأول ٢٠٠٠.
٤٧. عبود، طلال. (٢٠٠١). دور تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في الإصلاح الإداري. الملتقى العربي الأوروبي حول استراتيجيات الإدارة العربية في ظل المتغيرات الدولية. دمشق - قصر الأمويين للمؤتمرات ١٩-٢١ نيسان ٢٠٠١.
٤٨. عبود، طلال؛ علي، حسين. (١٩٩٨). الدراسات والبحوث التسويقية. دار الرضا للنشر، دمشق.
٤٩. عبود، طلال. (٢٠١٤). نظرية القرارات. نوبة تدريسية لطلاب المعهد العالي لإدارة الأعمال (غير منشور).

- دمشق.
٥٠. علي، حسين. (٢٠٠١). الإبداع في حل المشكلات. دار الرضا للنشر، دمشق، سورية.
٥١. علي، مؤيد عبد الحسين. (١٩٩٩). نمذجة القرارات الإدارية. دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.
٥٢. غانم، عدنان؛ الجاعوني، فريد خليل. (٢٠١١). استخدام تقنية الانحدار اللوجستي ثنائي الاستجابة في دراسة أهم المحددات الاقتصادية والاجتماعية لكفاية دخل الأسرة. مجلة جامعة دمشق للعلوم الاقتصادية والقانونية، المجلد ٢٧، العدد الأول
٥٣. غدير، حبيب. (٢٠١٤). استخدام النماذج الرياضية في دراسة العوامل المؤثرة في تخطيط القوى العاملة في سورية. جامعة تشرين، كلية الاقتصاد (رسالة دكتوراه).
٥٤. كبية، محمد. (١٩٩٠). نظريات القرارات الإدارية. المطبوعات الجامعية، جامعة حلب، سورية.
٥٥. كنعان، نواف. (١٩٨٥). اتخاذ القرارات الإدارية (بين النظرية والتطبيق). مطابع الفرزدق، الرياض.
٥٦. كولو، أديب. (١٩٩٨). بحوث العمليات: التقنيات الكمية في الإدارة. مطبعة طربين، دمشق.
٥٧. مركز الكاشف للدراسات الاستراتيجية. (٢٠٠٥). تأثير مراكز الأبحاث الاستراتيجية على صناعة القرار في الولايات المتحدة الأمريكية، آذار ٢٠٠٥. www.alkashif.org.
٥٨. مصطفى، علي. (٢٠٠٦). نظم المعلومات وإدارة المؤسسات. دار الرضا للنشر، دمشق، سورية.
٥٩. منصور، كاسر. (٢٠٠٦). الأساليب الكمية في اتخاذ القرارات الإدارية. دار الحامد للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.
٦٠. موران، إدغار. (٢٠٠٤). الفكر والمستقبل: مدخل إلى الفكر المركب. ترجمة أحمد القصور ومنير الحجوجي، دار توبقال للنشر، الدار البيضاء، المغرب. العنوان الأصلي *Introduction a la Pensée Complexe*، الناشر *ESF Editeurs* (١٩٩١).
٦١. ناصوري، أحمد. (٢٠٠٥). دراسة تحليلية لعملية صنع القرار السياسي. مجلة جامعة دمشق للعلوم الاقتصادية والقانونية، المجلد ٢١، العدد الأول، ٢٠٠٥.
٦٢. نجيب، حسين & الرفاعي، غالب. (٢٠٠٦). تحليل ونمذجة البيانات باستخدام الحاسوب: تطبيق شامل للحزمة SPSS. الأهلية للنشر والتوزيع، الأردن، عمان.
٦٣. ياسين، سعد غالب. (٢٠٠٦). نظم مساندة القرارات. الطبعة الأولى، دار المناهج للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.
٦٤. ياسين، سعد غالب. (٢٠٠٩). تحليل وتصميم نظم المعلومات. دار المناهج للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.

المراجع باللغة الأجنبية

1. Aboud, T. (1996). Développement d'un Système Interactif d'Aide à la Décision. Thèse de doctorat, Université Paris-Dauphine.
2. Abrams, J.B. (2001). Quantitative Business Valuation. Irwin Library of Investment and Finance.
3. Allais, M. (1953). Le Comportement de l'Homme Rationnel devant le Risque: Critique des Postulats et Axiomes de l'Ecole Américaine. *Econometrica*, vol. 21, p. 503-546.
4. Allenby, G.M. & Bakken, D.G. & Rossi, P. E. (2004). How Bayesian methods have changed the face of Marketing Research. *Marketing Research*, Summer 2004.
5. Alter, S. (1980). Decision Support Systems: Current Practice and Continuing Challenges. Reading, Mass.: Addison-Wesley Pub.
6. Arrow, K.J. (1974). The Use of Unbounded Utility Functions in Expected-Utility Maximization : Response. *Quarterly Journal of Economics* 88 (1), pp.136-138.
7. Arrow, K.J. (1986). Social Choice and Multicriterion Decision Making. MIT Press, Cambridge Ma.
8. Arrow, K.J & Debreu, G. (1954). Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy. *Econometrica*, vol. 22, No. 3, pp. 265-290, Jul.1954.
9. Arrow, K.J. (1953). Social Choice and Individual Values. Wiley, New-York.
10. Asemi, A., & Zavareh, A.A. (2011). The Role of Management Information System (MIS) and Decision Support System (DSS) for Manager's Decision Making Process. *International Journal of Business and Management* Vol. 6, No. 7; July 2011
11. Averweg, U.R.F. (2012). Decision-Making Support Systems: Theory & Practice. Bookboon.com.
12. Baillageon, G. (1996). Programmation Linéaire Appliqué Outil D'Aide à la Décision. Ed. SMG, Canada.
13. Bell, R. M. & Cover, T.M. (1988). Game-Theoretic Optimal Portfolios. *Management Science* 34, pp.724-733.
14. Belton, V. & Gear, T. (1985 a). On a Shortcoming of Saaty's Method of Analytic Hierarchies. *Omega*, Vol. 11 (3), pp.228–230.
15. Belton, V. & Gear, T. (1985 b). The Legitimacy of Rank Reversal – a Comment. *Omega*, Vol. 11 (3), pp.143–144.
16. Ben-Akiva, M., & McFadden, D., & Garling, T., & Gopinath, D., Walker, J., & Bolduc, D., & Borsch-Supan, A., & Delquie, Ph., & Larichev, O., & Morikawa, T., & Plydoopoulo, A., & Rao, V. (1999). Extended Framework for Modeling Choice Behavior. *Marketing Letters* 10:3, pp.187-203, Kluwer Academic Publishers, Manufactured in the Netherlands.
17. Berisha-Namani, M. (2010). The Role of Information Systems in Management Decision Making: A Theoretical Approach. *Information Management*, No. 12, pp. 109-115.
18. Bernoulli, D. (1738). Exposition of a new theory on the measurement of risk. (Translated in *Econometrica*, 5 (22), pp.23–36, 1954).

19. Botchkarev, A. & Andru, P. (2011). A Return on Investment as a Metric for Evaluating Information Systems: Taxonomy and Application. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, Vol. 6, pp.245-269.
20. Bouyssou, D., Marchant, Th., Pirlot, M, Tsoukias, A., & Vincke, Ph. (2006). Evaluation and Decision Models with Multiple Criteria Stepping Stones for the Analyst. LAMSADE, University Paris-Dauphine, France.
21. Caplin, A. & Leahy, J. (2001). Psychological Expected Utility Theory and Anticipatory Feelings. *The Quarterly Journal of Economics*, February 2001. pp. 55-79.
22. Camerer, C. (2005). Three cheers (psychological, theoretical, empirical) for loss aversion. *Journal of Marketing Research*, 42, 129–133.
23. Chelst, K. (1998). Can't See the Forest because of the Decision Trees: A Critique of Decision Analysis in Survey Texts. *INTERFACES* 28: 2 March-April 1998, pp.80-98.
24. Chrzan, Keith. (2009). A Lexicographic Choice Model Offers Benefits for Brand Tracking Research Decisions. *Marketing Research*, Summer 2009.
25. Condorcet, J.-M., Marquis de. (1785). Essai sur l'Application de l'Analyse à la Probabilité des Décisions Rendues à la Pluralité des Voix. Imprimerie Royale, Paris.
26. Cook, G.L. (1993). An Empirical Investigation of Information Search Strategies with Implication for DSS Design. *Decision Sciences*, vol. 24, N°3, May-June 1993, pp. 683-697.
27. Copeland A.H. (1951). A Reasonable Social Welfare Function. Seminar on Mathematics in Social Sciences, University of Michigan, 1951.
28. Corder, G.W. & Foreman, D.I. (2014). Nonparametric Statistics: A Step-by-Step Approach. Wiley, New York.
29. Craig, F.R. & Tversky, A. (1995). Ambiguity Aversion and Comparative Ignorance. *Quarterly Journal of Economics* 110 (3), pp.585-603.
30. Crozier, M., Friendberg, E. (1977). Le Pouvoir Comme Fondement de l'Action Organisée. Paris, Seuil ed. 1977.
31. Dantzig, G.B. (1951a). Maximization of a Linear Function of Variables Subject to Linear Inequalities. in T.C. Koopmans (ed.), *Activity Analysis of Production and Allocation*, John Wiley & Sons, New York, 339– 347.
32. Dantzig, G.B. (1951b). Application of the Simplex Method to the Transportation Problem. in T.C. Koopmans (ed.), *Activity Analysis of Production and Allocation*, John Wiley & Sons, New York, 359–373.
33. Darell, H. & Geiss, I. (1954). How to Lie with Statistics. WW Norton & Company, Inc. New York.
34. David L. O. (1998). Philosophy and Multiple Criteria Decision Analysis. Working Draft, Texas A&M University.
35. Dawes, J. (2008). Do Data Characteristics Change According to the number of scale points used? An experiment using 5-point, 7-point and 10-point scales. *International Journal of Market Research*, Vol. 50 (1), pp.61–77.
36. Denis, D.J. (2000). The Origine of Correlation and Regression: Francis Galton or Auguste Bravais and the Error Theorists? 61st Annual Convention of the Canadian Psychological Association, Ottawa, Canada, June 2000.
37. Dyer, J.S. (1990). Remarks on the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, Vol. 36, pp.249–258.

38. Dyer, J.S. (1990). A Clarification of "Remarks on the Analytic Hierarchy Process". *Management Science*, Vol. 36, pp.274–275.
39. Dixit, A. & Skeath S. (2004). Games of Strategy. 2nd Edition, Norton.
40. Dodge, Y. (2006.) The Oxford Dictionary of Statistical Terms. OUP.
41. Downey, E. H. (1910). The Futility of Marginal Utility. *Journal of Political Economy* 18 (4): 253–268.
42. Downs, A. (1957). An Economic Theory of Democracy. New York, Harper.
43. Druzdzel, M. J. & Flynn R. R. (1999). Decision Support Systems. *Encyclopedia of library and information science*, Allen Kent (ed.), Marcel Dekker, Inc., 1999. <http://www.sis.pitt.edu/dsl>
44. Dubois, D. & Prade, H. (1987). Théorie des Possibilités. Ed. Masson Paris, 1987.
45. Elsborg, D. (1961). Risk, Ambiguity, and the Savage Axioms. *Quarterly Journal of Economics*, 75, (4), pp.643-669.
46. Fantino, E. (1998). Behavior Analysis and Decision Making. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 69, pp.355-364.
47. Ford, L.R. Jr. & Fulkerson, D.R. (1956). Maximal Flow Through a Network. *Canadian Journal of Mathematics*, 8. pp.399-404.
48. Ford, L.R. Jr. & Fulkerson, D.R. (1962). Flows in Networks. Princeton University Press, Princeton, NJ.
49. Foulds, L. (2000). The Future of OR: Decision Support Systems and Information Technology. Department of Management Systems, University of Waikato, New Zealand. Lfoulds@waikato.ac.nz.
50. Fritz, W. (1997). Intelligent Systems and their Societies. E-book, walt@anice.net.ar.
51. Gatta, S.R. (1999). Decision Tree Analysis and Risk Modeling To Appraise Investments on Major Oil Field Projects. Presented at the Middle East Oil Show and Conference, Bahrain, 20-23 February 1999.
52. Geoffrion, Dyer, Feinberg (1972). An Interactive Approach for Multi-Criterion Optimization, with Application to the Operation of an Academic Department. *Management Science*, Vol. 19, No. 4, Application Series, Part 1, pp.357-368.
53. Gibbons, R. (1992). Game Theory for Applied Economists. Princeton University Press, Princeton, N-J.
54. Gilbride, T. & Allenby, G. (2004). A Choice Model with Conjunctive, Disjunctive, and Compensatory Screening Rules. *Marketing Science*, 23(3), pp.391-406.
55. Gujarati, D.N. (2003). Basic Econometrics. International edition, 4th ed. McGraw-Hill Higher Education.
56. Hammond, J. S. & Keeny, R. L. & Raiffa, H. (1998). The Hidden Traps in Decision Making. *Harvard Business Review*, September-October 1998.
57. Hayden, B.Y. & Platt, M.L. (2009). The Mean, the Median, and the St. Petersburg Paradox. *Judgment and Decision Making*, Vol. 4, No. 4, pp.356-272.
58. Haywood Jr., O.G. (1954). Military Decision and Game Theory. *Journal of the Operations Research Society of America*, vol. 2, No. 4, pp.365-385.
59. Hillier, F.S. & Liererman, G.J. (2005). Introduction to Operations Research. McGraw-Hill, Boston MA, 8th Ed. (international).

60. Holsapple, C.W., & Whinston, A. B. (1996). Decision Support Systems: A Knowledge-Based Approach. St. Paul: West Publishing.
61. Hoogenboom, G et al. (2003). DSSAT V.4: A Decision Support System for Agrotechnology Transfer. International Consortium for Agricultural Systems Applications, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
62. Kahneman, D. & Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometric* 47 (2).
63. Kahneman, D. & Tversky, A. (1992). Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty* 5 (2), pp.297-323.
64. Keen, P. G. W. (1980). Decision support systems: a research perspective. *Decision support systems: issues and Challenges*. G. Fick and R. H. Sprague. Oxford; New York, Pergamon Press.
65. Keeny, R. L. & Raiffa, H. (1976). Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs. John Wiley, New York.
66. Keeny R.L. & Nair K. (1976). Evaluating Potential Nuclear Power Plant Sites in the Pacific Northwest Using Decision Analysis. IIASA Professional Paper,76-1.
67. Konar, Amit. (2000). Artificial Intelligence and Soft Computing – Behavioral and Cognitive Modeling of the Human Brain. CRC Press LLC, India.
68. Kotler, Ph., & Armstrong, G., & Saunders, J., & Wong V. (1999). Principles of Marketing. Second European Edition. Prentice Hall Inc.
69. Klein & Methlie. (1992). Expert System: a Decision Support Approach with Application in Management and Finance. Addison-Wesley publishers ltd, New-York, 1992.
70. Konstantinos P. & al. (1997). Decision Making through Use of Interoperable Simulation Software. *Proceedings of the Building Simulation '97 Fifth International IBPSA Conference, vol. II, Sept. 8-10 1997, Prague, Czech Republic*.
71. Kuhn, H. W., editor. (1994). Nobel seminar: the work of John Nash in game theory. With contributions by J. F. Nash, J. C. Harsanyi, R. Selten, J. W. Weibull, E. van Damme, and P. Hammerstein. Les Prix Nobel 1994.
72. Kuhne, Th. (2005). What is a Model? Dagstuhl Seminar Proceedings 04101. <http://drops.dagstuhl.de/opus/volltexte/2005/23>.
73. Kunihiro, B.& Shibata, R. & Sibuya, M. (2004). Partial Correlation and Conditional Correlation as Measures of Conditional Independence. *Australian & New Zealand Journal of Statistics*, Vol. 46, No. 4, pp.657–664.
74. Lauriere, J.L. (1986). Resolution de Problèmes par l'Homme et la Machine. Eyrolles. France.
75. Lehrer, K., & Wagner, C. (1985). Intransitive Indifference: The Semi-Order Problem. *Synthese*, Vol. 65, No. 2, *Action Theory* (Nov. 1985), pp. 249-256. Eds. Springer.
76. Le-Moigne, Jean-Louis. (1977). La Théorie du Système Général: Théorie de la Modélisation. PUF, France.
77. Likert, R. (1932). A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, No.140.
78. Loomes, G. & Sugden, R. (1982). Regret theory: An alternative theory of rational choice under uncertainty. *Economic Journal*, 92(4), 805–24.

79. Luce, R. D. (1956). Semiorders and a Theory of Utility Discrimination. *Econometrica*, April 1956, v. 24, pp. 178-191.
80. Lunenberg, F.C. (2010). Models for Decision Making. Focus on College, Universities, and Schools, Vol. 4, No. 1.
81. Males, R.M. (2002). Beyond Expected Value: Making Decisions under Risk and Uncertainty. Report Submitted to U.S. Army corps of Engineers, Institute for Water Resources, Alexandria, VA 22315.
82. Manzini, P. & Mariotti, M. (2012). Choice by Lexicographic Semiorders. *Theoretical Economics* 7, pp.1-23.
83. Miller, G.A. (1956). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information. *Psychological Review*, Vol. 63 (2), pp.81-97.
84. Mintzberg, H. & Westley, F. (2001). Decision Making: It's Not What You Think. MIT Sloan Management Review, Spring 2001, pp. 89-93.
85. Myerson, R. & Weber, R.J. (1993). A Theory of Voting Equilibria. *American Political Science Review*, Vol 87, No. 1. pp.102-114.
86. Nasar, S. (1998). A Beautiful Mind. New York: Simon & Schuster.
87. Nash, Jr., J. F. (1950a). The Bargaining Problem. *Econometrica*, vol. 18, pp.155-162.
88. Nash, Jr., J. F. (1950b). Equilibrium Points in n-person Games. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.* vol. 36, pp.48-49.
89. Nash, Jr., J. F. (1951). Non-Cooperative Games. *Annals of Mathematics* 54, pp.289-295.
90. Nash, Jr., J. F. (1953). Two-person Cooperative Games. *Econometrica* vol. 21, pp.128-140.
91. Newll, F. & Simon, H. (1972). Human Problem Solving. Englewood Chiffs, N.Y., Prentice-Hall, U.S.A.
92. Neumann V. J., & Morgenstern, O. (1944). Theory of Games and Economic Behavior. Princeton University Press.
93. Neyman, J. & Pearson, E. (1933). On the Problem of the Most Efficient Tests of Statistical Hypotheses. *Philosophical Transactions of the Royal Society: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 231, pp.694–706, 289–337.
94. Oser, R.L. & Gualtieri & al. (1999). Training Team Problem Solving Skills: an Event-based Approach. *Computers in Human Behavior* 15 (1999) pp. 441-462.
95. Osborne, M.J. & Rubinstein, A. (1994). An Course in Game Theory. MIT Press, Cambridge, MA.
96. Osborne, M.J. (2004). An Introduction to Game Theory. Oxford University Press.
97. Pearl, J. & Tan, S. (1994). Qualitative Decision Theory. *Proceedings 12th National Conference on Artificial Intelligence, AAAI'94*, pp. 928-932.
98. Pearson, K. (1900). On the Criterion that a Given System of Deviations from the Probable in the Case of a Correlated System of Variables is such that it Can be Reasonably Supposed to Have Arisen from Random Sampling. *Philosophical Magazine Series 5* 50 (302), pp.157–175.
99. Peignot, J. & Peneranda, A. & Amabile, S. & Marcel, G. (2013). Strategic Decision Support Systems for Local Government: A Performance Management Issue? *International Business Research*, Vol. 6, No. 2, pp.92-100.

100. Petty, R. E. & Cacioppo, J.T. (1981). Attitudes and Persuasion: Classic and Contemporary Approaches, Dubuque, Iowa: William C. Brown Company Publishers.
101. Pearson, K. (1895). Notes on Regression and Inheritance in the Case of Two Parents. *Proceedings of the Royal Society of London*, 58, pp.240-242.
102. Plous, S. (1993). The Nuclear Arms Race: Prisoner's Dilemma or Perceptual Dilemma? *Journal of Peace Research*, Vol. 30, No. 2, pp.163-179.
103. Pomerol, J.Ch. & Barba-Romero, S. (2000). Multicriterion Decision in Management: Principles and Practice. Springer.
104. Pomerol, J.Ch. & Barba-Romero, S. (1993). Choix Multicritère dans l'Entreprise: Principes et Applications. Hermès, Paris.
105. PMI-PMBOK (2013). A Guide to the Project Management Body of Knowledge. 5th ed. Project Management Institute. www.pmi.org.
106. Quinlan, J. R. (1987). Simplifying Decision Trees. *International Journal of Man-Machine Studies* 27 (3): 221.
107. Razin, L.G. (2004). It Takes Two : An Explanation for the Democratic Peace. *Journal of the European Economic Association*, vol. 2.
108. Renn, A. O. (2002). A New Approach to Risk Evaluation and Management Risk-Based, Precaution-Based, and Discourse-Based Strategies. *Risk Analysis*, Vol. 22, No. 6.
109. Roberts, F.S. (1985). Measurement Theory with Applications to Decision Making, Utility, and the Social Sciences. Cambridge University Press, Section : Mathematics and the Social Sciences.
110. Roy, B. (1968). Classement et Choix en Présence de Points de Vue Multiples (la Methode ELECTRE). *RIRO* 8, 57-75.
111. Roy, B. & Rui-Figueira J. & Grego, S. & Slowinski, R. (2013). An Overview of ELECTRE Methods and their Recent Extensions. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, Vol. 20, pp. 61-85.
112. Roy B. (1996). Multicriteria Methodology for Decision Aiding. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
113. Roy, B. & Bouyssou, D. (1993). Aide Multicritère à la Décision: Méthodes et Cas. Economica, France.
114. Roy, B. (1991). The Outranking Approach and the Foundations of ELECTRE Methods. *Theory and Decision* 31: 49-73, 1991. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
115. Roy, B. (1985). Méthodologie Multicritère d'Aide à la Décision. Economica, Paris, France.
116. Rud, O.P. (2001). Modeling Data for Marketing, Risk, and Customer Relationship Management. John Wiley & Sons, Inc.
117. Sargent Th. (1993). Bounded rationality in macroeconomics. Oxford, Clarendon Press.
118. Saaty, T.L. (1994). Highlights and Critical Points in the Theory and Application of the Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, Vol. 74, pp.426-447.
119. Saaty T.L. (1980). The Analytical Hierarchy Process. Mc-Graw Hill eds, NY.

120. Savage, L. J. (1954). The Foundations of Statistics. New York, Wiley.
121. Simon, A. R. & Shaffer, S. L. (2001). Data Warehousing and Business Intelligence for e-Commerce. Morgan Kaufmann.
122. Simon, H.A. (1983). Reason in Human Affairs. Basil Blackwell, Oxford.
123. Simon H.A. (1978). Rational Decision -Making in Business Organizations. Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
124. Simon, H.A. (1977). The New Science of Management Decision. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
125. Simon H.A. (1972). Theories of Bounded Rationality (ch. 8). C.B. McGuire & Roy Radnor (eds.), Decision and Organization. North-Holland Publishing Company.
126. Simon H.A. (1957). Models of Man, New York, Wiley & Sons.
127. Simon, H.A. (1956). Rational Choice and the Structure of the Environment. Psychological Review, vol. 63, pp. 129-138.
128. Small, D. (1993). The Dissemination Project. FSL in Review Fiscal Year 1992, Ed. N. Fullerton, pp. 5-7.
129. Smith, M. (1974). The Theory of Games and the Evolution of Animals Conflicts. Journal of Theoretical Biology, vol. 47, pp.209-221.
130. Sprague, R.H. & Watson, H.J. (1996). Decision Support for Management. Upper Saddle River: Prentice-Hall.
131. Sprague R.H. & Carlson, J.D. (1982). Building Effective DSS. Prentice-Hall, INC. New-Yrok.
132. Stanton, J.M. (2001). Galton, Pearson, and the Peas: A Brief History of Linear Regression for Statistics Instructors. Journal of Statistics Education, vol. 9, No. 3 (2001).
133. Stauber, B. R. & Douty, H.M. & Fazar, W. & Jordan, R.H. William Weinfeld & Manvel, A. D.(1959). Federal Statistical Activities. The American Statistician 13(2), pp. 9-12 (Apr., 1959).
134. Stigler, G.J. (1950). The Development of Utility Theory, I and II. Journal of Political Economy, issues 3 and 4.
135. Stigler, G.J. (1972). The Adoption of Marginal Utility Theory. History of Political Economy.
136. Stigler, S.M. (1989). Francis Galton's Account of the Invention of Correlation. Statistical Science, Vol. 4, No.2, pp.73-86.
137. Sun Tzu. (500 B.C.). The Art of the War. Allandale Online Publishing, Leicester, England. Published 2000. Translated from the Chinese By LIONEL GILES, M.A. (1910)
138. Sylvan, D.A. & Thorson, S.J. (1992). Ontologies, Problem Representation, and the Cuban Missile Crisis. Journal of Conflict Resolution, Vol. 36, No.4. pp.709-732.
139. Taha, H.A. (2011). Operations Research: An Introduction. Prentice-Hall, 9th. Edition 2011.
140. Taylor, F. (1911). Principales of Scientific Management. New York & London, Hrapers & Brothers.
141. Tirole, J. (1988). The Theory of Industrial Organization. MIT Press.

142. Tirole, J. & Fudenberg, D. (1991). Game Theory. MIT Press.
143. Trachtenberg, M. (1985). The Influence of Nuclear Weapons in the Cuban Missile Crisis. *International Security*, Vol. 10, Issue 1, pp.137-163.
144. Tremoliere, R. (1971). Algorithmes pour la Resolution de Problemes Poses sous la Forme Min-Max. Cas non Lineaire, Report No. 6909, IRIA, Rocquencourt, France.
145. Triantaphyllou, E. (2001). Two New Cases of Rank Reversals when the AHP and Some of its Additive Variants are Used that do not Occur with the Multiplicative AHP. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, vol. 10, pp.11-25.
146. Triantaphyllou, E. & Mann, S.H. (1989). An Examination of the Effectiveness of Multi-Dimensional Decision Making Methods: A Decision Making Paradox. *International Journal of Decision Support Systems* (5), pp.303-312.
147. Tuffery, S. (2011). Data Mining and Statistics for Decision Making. Wiley Series in Computational Statistics. John Wiley & Sons, Ltd., Publication.
148. Turban, E. & Aronson, J. E. (2001). Decision Support Systems and Intelligent Systems. Prentice Hall.
149. Turban, E. (1995). Decision Support and Expert Systems: Management Support Systems. Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall.
150. Tversky, A. (1972). Elimination by Aspects: A Theory of Choice. *Psychological Review* 79 (4), pp.281–299.
151. Walpole, R.E. & Myers, R. H. & Myers, S.L. & Ye, K. (2012). Probability & Statistics for Engineers & Scientists. 9th Ed. Prentice Hall, Pearson Education, N-Y.
152. Wang, Y-M. & Elhag, T. (2006). An Approach to Avoiding Rank Reversal in AHP. *Decision Support Systems*, 42, pp.1474-1480.
153. Warne, R.L. & Ramos, T. & Ritter, N. (2012). Statistical Methods Used in Gifted Education Journals, 2006-2010. *Gifted Child Quarterly* 56 (30), pp.134-149.
154. Wisziewska-Matyszek, A. (2006). Stock Market as a Dynamic Game with Continuum of Players. Institute of Applied Mathematics and Mechanics, Warsaw University.
155. Wisniewski, Mik. (2009). Quantitative Methods for Decision Makers. Prentice Hall, Pearson Education Limited, England.
156. Wu, J. (2000). Business Intelligence: What is Business Intelligence? URL: http://www.dmreview.com/article_sub.cfm?articleId=1924
157. Zadeh L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information Control*, No. 8, pp. 338-353.
158. Zandbergen, P. & Petersen, F. (1995). The Role of Scientific Information in Policy and Decision Making. *The Lower Farsar Basin in Transition : A symposium and workshop*. May 4, 1995. Kwatlen College, Surrey, BC, Canada.
159. Zimmermann, H.J. (1993). Fuzzy Sets, Decision Making and Expert System. Kluwer Academic Publications, U.S.A.

مواقع إلكترونية ودوريات علمية

- مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار في مصر: www.idsc.gov.eg.
- المكتب المركزي للإحصاء في سورية: www.cbssyr.sy.
- مخبر LAMSADE – جامعة باريس التاسعة: www.lamsade.dauphine.fr.
- معهد INFORMS (Institute for Operations Research and the Management Sciences): www.informs.org.
- الاتحاد الدولي لجمعيات بحوث العمليات (International Federation of Operational Research) IFORS (Societies): ifors.org.
- المؤسسة القومية للعلوم في الولايات المتحدة (National Science Foundation) NSF (National Science Foundation) Division of Social and Economic Sciences, Decision, Risk and Management Sciences: www.nsf.gov.
- معهد علوم القرار Decision Sciences Institute: www.decisionsciences.org.
- الجمعية الدولية لصناعة القرار متعدد المعايير (International Society of Multiple Criteria Decision Making) MCDM: www.mcdmsociety.org.
- جمعية صناعة القرار والحكم (Society for Judgment and Decision Making) SJDM: www.sjdm.org.

بعض الدوريات المهمة بمواضيع علوم القرار باللغة العربية

البلد	عنوان الدورية
الأردن	دراسات – علوم إدارية
الكويت	المجلة العربية للعلوم الإدارية
لبنان	المجلة العربية للعلوم الاقتصادية والإدارية
الجزائر	أبحاث اقتصادية وإدارية
السعودية	الإدارة العامة
مصر	مجلة البحوث التجارية المعاصرة – جامعة سوهاج
سورية	مجلة بحوث جامعة حلب – سلسلة العلوم الاقتصادية
سورية	مجلة جامعة دمشق – العلوم الاقتصادية والقانونية
سورية	مجلة جامعة تشرين – سلسلة العلوم الاقتصادية والقانونية
السعودية	مجلة جامعة الملك سعود – العلوم الإدارية
العراق	مجلة الاقتصاد والإدارة – جامعة المستنصرية
مصر	مجلة القانون والاقتصاد – جامعة القاهرة

بعض الدوريات المتخصصة في مواضيع علوم القرار باللغات الأجنبية

البلد	عنوان الدورية
-------	---------------

<i>Egypt</i>	<i>Advances in Decision Sciences</i>
<i>United States</i>	<i>Advances in Operations Research</i>
<i>United States</i>	<i>Annals of Applied Statistics</i>
<i>Netherlands</i>	<i>Annals of Operations Research</i>
<i>United States</i>	<i>Decision Analysis</i>
<i>Canada</i>	<i>Decision Science Letters</i>
<i>United Kingdom</i>	<i>Decision Sciences</i>
<i>Netherlands</i>	<i>Decision Support Systems</i>
<i>United States</i>	<i>Econometrica</i>
<i>United Kingdom</i>	<i>Enterprise Information Systems</i>
<i>Netherlands</i>	<i>European Journal of Operational Research</i>
<i>Switzerland</i>	<i>Games</i>
<i>Netherlands</i>	<i>Group Decision and Negotiation</i>
<i>United States</i>	<i>Information Sciences</i>
<i>United States</i>	<i>Information Systems Research</i>
<i>United States</i>	<i>Interfaces</i>
<i>Germany</i>	<i>International Journal of Game Theory</i>
<i>Switzerland</i>	<i>International Journal of Information and Decision Sciences</i>
<i>United Kingdom</i>	<i>International Journal of Management and Decision Making</i>
<i>United Kingdom</i>	<i>International Journal of Multicriteria Decision Making</i>
<i>United Kingdom</i>	<i>International Journal of Operational Research</i>
<i>United Kingdom</i>	<i>International Journal of Risk Assessment and Management</i>
<i>Denmark</i>	<i>International Transactions in Operational Research</i>
<i>United States</i>	<i>Journal of Applied Statistics</i>
<i>United Kingdom</i>	<i>Journal of Behavioral Decision Making</i>
<i>United Kingdom</i>	<i>Journal of Choice Modelling</i>
<i>United States</i>	<i>Journal of Management Information Systems</i>
<i>United Kingdom</i>	<i>Journal of Multi-Criteria Decision Analysis</i>
<i>Netherlands</i>	<i>Journal of Operations Management</i>
<i>United States</i>	<i>Journal of the American Statistical Association</i>
<i>United Kingdom</i>	<i>Journal of the Operational Research Society</i>
<i>United States</i>	<i>Judgment and Decision Making</i>
<i>Netherlands</i>	<i>Knowledge-Based Systems</i>
<i>United Kingdom</i>	<i>Management Decision</i>
<i>United States</i>	<i>Management Science</i>
<i>United Kingdom</i>	<i>Managerial and Decision Economics</i>
<i>United States</i>	<i>MIS Quarterly: Management Information Systems</i>
<i>Netherlands</i>	<i>Omega</i>
<i>United States</i>	<i>Operations Management Research</i>
<i>United States</i>	<i>Operations Research</i>

<i>Netherlands</i>	<i>Operations Research Letters</i>
<i>United States</i>	<i>Operations Research/ Computer Science Interfaces Series</i>
<i>United Kingdom</i>	<i>Optimization</i>
<i>United States</i>	<i>Organizational Research Methods</i>
<i>United States</i>	<i>Risk and Decision Analysis</i>
<i>United States</i>	<i>Statistical Science</i>
<i>Netherlands</i>	<i>Theory and Decision</i>

الملاحق Annexes

[A] ملحق رياضي

(A-1) مجموعات الأعداد

الأعداد الطبيعية: ١، ٢، ٣، ... ∞ القيم الموجبة.

الأعداد الصحيحة: الأعداد الطبيعية السالبة والموجبة -∞، ...، -٢، -١، ٠، ١، ٢، ... ∞

الأعداد الكسرية: $\frac{a}{b}$ حيث a ، b أعداد صحيحة.

الأعداد الحقيقية: جميع الأعداد بين $-\infty$ و $+\infty$ ، بين كل عددين هناك عدد ثالث. وتمثل على شكل مستقيم موجه (محور) من $-\infty$ إلى $+\infty$.

(A-2) التتابع من الدرجة الأولى

هو كثير حدود من الشكل $F(x) = ax + b$ ، حيث a ، b أعداد ثابتة حقيقية و a غير معدوم، ويكون الخط البياني للتابع على شكل خط مستقيم. يُدعى الثابت a بميل التابع ويُمثل ظل الزاوية التي يصنعها الخط البياني مع محور السينات. إشارة كثير الحدود $F(x)$ تعني تحديد قيمة المتحول x التي تجعل $F(x)$ سالب أو موجب.

(A-3) كثيرات الحدود من الدرجة الثانية

له الشكل $F(x) = ax^2 + bx + c$ ، حيث a, b, c أعداد حقيقية و a غير معدوم، يمثل معادلة من الدرجة الثانية.

دراسة إشارة $F(x)$:

(١) إيجاد جذور المعادلة $F(x) = 0$ (إن وجدت).

(٢) دراسة إشارة المقدار $F(x)$ بين الجذرين، وخارج الجذرين.

(٣) وضع جدول مساعد لتغيرات قيم x وقيم كثير الحدود $F(x)$ وجذور المعادلة.

نعدم معادلة كثير الحدود: $ax^2 + bx + c = 0$ $F(x) = 0$

نحسب المميز $\Delta = b^2 - 4ac$ ، هناك ثلاث حالات ممكنة:

أ. $\Delta > 0$ للمعادلة جذران حقيقيان، $x_1 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}$ $x_2 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a}$

ب. $\Delta = 0$ للمعادلة جذر مضاعف، $x_0 = -\frac{b}{2a}$ وتكون إشارة $F(x)$ قبل وبعد الجذر موافقة لإشارة a .

ت. $\Delta < 0$ ليس للمعادلة جذور، وتكون إشارته موافقة لإشارة a .

x	$-\infty$	x_1	x_2	$+\infty$	
إشارة $F(x)$	موافق لإشارة a	0	مخالف لإشارة a	0	موافق لإشارة a

إذا كان لكثير الحدود من الدرجة الثانية $F(x) = ax^2 + bx + c$ جذران x_1 و x_2 فإننا نستطيع كتابته

$$\text{على شكل جداء: } F(x) = a(x-x_1)(x-x_2).$$

هناك طرق أخرى لكتابة كثير الحدود على شكل جداء، منها:

(أ) إخراج عامل مشترك.

(ب) المطابقات الشهيرة:

$$(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

$$(a-b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$$

$$a^2 - b^2 = (a+b)(a-b)$$

(ج) التحليل المباشر، إذا كان لدينا كثير حدود من الشكل $x^2 + bx + c$ نبحث عن عددين مجموعهما b وجداؤهما c .

(A-4) المتراجحات

المتراجحة هي كل مقارنة بين a, b حقيقيين $(a, b \in \mathbb{R})$: $a \geq b$ أو $a \leq b$

خواص المتراجحات، ليكن لدينا المتراجحة $a > b$ فإن:

(١) إضافة عدد حقيقي $c \in \mathbb{R}$ إلى طرفي المتراجحة لا يغير اتجاه المتراجحة $a+c > b+c$

(٢) الضرب بعدد موجب تماماً $c \in \mathbb{R}^{+*}$ لا يغير اتجاه المتراجحة $ac > bc$

(٣) الضرب بعدد سالب تماماً $c \in \mathbb{R}^{-*}$ يغير اتجاه المتراجحة $ac < bc$

(٤) إن قلب العددين a, b حيث a, b لهما نفس الإشارة يغير اتجاه المتراجحة $\frac{1}{a} < \frac{1}{b}$.

(٥) جمع المتراجحات، بفرض $a, b, c, d \in \mathbb{R}$: $a > b$ و $c > d$ $\Leftrightarrow a+c > b+d$

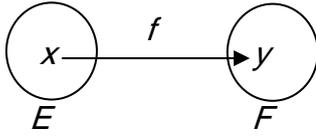
(٦) ضرب المتراجحات، بفرض $a, b, c, d \in \mathbb{R}^{+*}$ أعداد موجبة $a > b$ و $c > d$ $\Leftrightarrow ac > bd$

إن حل متراجحة يعني إيجاد قيم x التي تحقق المتراجحة.

(A-5) المتتاليات العددية

التطبيق هو علاقة f تربط بين عنصر x من مجموعة E وعنصر y من مجموعة F ، نسمي E

المنطلق ونسمي F المستقر. نرسم للتطبيق بالشكل:



$$f: E \rightarrow F$$

$$x \rightarrow y = f(x)$$

المتتالية هي تطبيق منطلقه مجموعة الأعداد الطبيعية N ومستقره الحقيقية \mathcal{R} أو أية مجموعة جزئية منها، وندعو u_n الحد العام للمتتالية من المرتبة n .

$$u: N \rightarrow \mathcal{R}$$

$$n \rightarrow u(n) = u_n$$

يمكن التعبير عن المتتالية بعلاقة تدرجية، حيث نحسب الحد العام للمتتالية u_n بدلالة الحد الذي يسبقه u_{n-1} .

المتتالية الحسابية: نقول عن متتالية u_n أنها حسابية إذا أمكن استنتاج أي حد من حدودها من الحد الذي يسبقه بإضافة ثابت. ونكتبها بالشكل $u_{n+1} = u_n + r$ حيث r ثابت المتتالية الحسابية ونسميه أساس المتتالية u_n . يكتب الحد العام للمتتالية الحسابية بالشكل $u_n = u_0 + nr$ حيث u_0 الحد الأول و r أساس المتتالية.

المتتالية الهندسية: نقول عن متتالية u_n أنها هندسية إذا أمكن استنتاج أي حد من حدودها من الحد الذي يسبقه بالضرب بثابت. نكتبها بالشكل $u_{n+1} = u_n \cdot q$ حيث q ثابت المتتالية الهندسية ونسميه أساس المتتالية u_n . يكتب الحد العام للمتتالية الهندسية بالشكل $u_n = u_0(q)^n$ حيث u_0 الحد الأول و q أساس المتتالية.

المتتالية المتزايدة والمتناقصة:

نقول عن متتالية u_n أنها متزايدة إذا تحقق: $\forall n \in N, u_{n+1} > u_n$

نقول عن متتالية u_n أنها متناقصة إذا تحقق: $\forall n \in N, u_{n+1} < u_n$

١. كل متتالية حسابية أساسها موجب تكون متزايدة.
٢. كل متتالية حسابية أساسها سالب تكون متناقصة.
٣. كل متتالية هندسية أساسها موجب وأكبر من الواحد تكون متزايدة.
٤. كل متتالية هندسية أساسها موجب وأصغر من الواحد تكون متناقصة.
٥. كل متتالية هندسية أساسها سالب تكون غير متزايدة وغير متناقصة.

نهاية متتالية هو دراسة سلوك المتتالية عندما تسعى n إلى اللانهاية، أو إلى قيمة محددة. ونقول عن متتالية أنها تسعى نحو l عندما تسعى n إلى اللانهاية إذا أمكن إيجاد عدد طبيعي $p \in N$ وذلك من أجل كل عدد حقيقي α بحيث يتحقق ما يلي:

$$\forall \alpha \in \mathcal{R}, \exists p \in N, \forall n > p, |u_n - l| < \alpha$$

نهاية بعض المتتاليات الشهيرة:

$$u_n = \frac{1}{n}, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} u_n = 0$$

$$u_n = \frac{1}{n^2}, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} u_n = 0$$

$$u_n = \frac{1}{n^3}, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} u_n = 0$$

$$u_n = \frac{1}{\sqrt{n}}, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} u_n = 0$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} na^n = 0 ; 0 < a < 1$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n = e$$

$$u_n = n, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} u_n = \infty$$

$$u_n = n^2, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} u_n = \infty$$

$$u_n = n^3, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} u_n = \infty$$

$$u_n = \sqrt{n}, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} u_n = \infty$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{n}\right)^n = 1$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} a^n = 0 ; 0 < a < 1$$

العمليات على النهايات:

بفرض $\lim_{n \rightarrow \infty} u_n = l$ و $\lim_{n \rightarrow \infty} v_n = l'$ فإن:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (u_n \cdot v_n) = l \cdot l'$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{u_n}{v_n}\right) = \frac{l}{l'} \quad (l' \neq 0)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (u_n + v_n) = l + l'$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (u_n - v_n) = l - l'$$

(A-6) التوابع العددية

التابع هو كل تطبيق f منطلقه \mathcal{R} أو مجموعة جزئية منها (نرمز لها I)، ومستقره \mathcal{R} .

نرمز له بالشكل $f: I \rightarrow \mathcal{R}$ حيث $y=f(x)$ تدعى قاعدة ربط التابع.

مجموعة التعريف D_f : مجموعة المنطلق I التي يأخذ فيها المتحول x قيمه.

المستقيمات المقاربة، ليكن l الخط البياني للتابع العددي $y=f(x)$ والمرسوم في جملة متعامدة

نظامية OXY . يوجد ثلاثة أنواع من المقاربات للخط البياني للتابع f .

١. مستقيم مقارب يوازي Ox إذا: $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} f(x) = a$ فإن $y=a$ مستقيم مقارب يوازي Ox .

٢. مستقيم مقارب يوازي Oy إذا: $\lim_{x \rightarrow b} f(x) = \pm\infty$ فإن $x=b$ مستقيم مقارب يوازي Oy .

٣. مستقيم مقارب مائل إذا: $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} f(x) = \pm\infty$ فإنه توجد إمكانية وجود مقارب مائل D .

للبحث عن المستقيمات المقاربة بشكل عام، نحدد مجموعة التعريف، ونكتبها على شكل مجالات، ثم

نبحث عن النهايات عند أطراف المجالات.

الحد الأعلى لتابع (إن وجد) هو العنصر الأكبر الأصغري على مجموعة مستقره الفعلي. M حد أعلى

للتابع $f(x)$ $\Leftrightarrow \forall x \in D_f, f(x) \leq M$

الحد الأدنى للتابع (إن وجد) هو العنصر الأصغر الأعظمي على مجموعة مستقره الفعلي.

m حد أدنى للتابع $f(x)$ $\Leftrightarrow \forall x \in D_f, f(x) \geq m$

دراسة تحولات التوابع العددية:

$$f: D_f \rightarrow \mathbb{R}$$

ليكن f تابع حقيقي $x \rightarrow y = f(x)$

نقول عن f أنه مستمر عند النقطة x_0 إذا تحقق الشرطان:

$$\lim_{x \rightarrow x_0} f(x) = f(x_0) \quad \text{و} \quad x_0 \in D_f$$

نقول عن f أنه قابل للاشتقاق عند النقطة x_0 إذا تحقق الشرطان الآتيان:

$$\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} \quad (\neq \infty) \quad \text{وموجودة} \quad x_0 \in D_f$$

نسمي النهاية السابقة قيمة التابع المشتق عند النقطة x_0 . ونرمز لها بالرمز $f'(x_0)$.

$$f': D_{f'} \subseteq D_f \rightarrow \mathbb{R}$$

نسميه التابع المشتق f' : $x \rightarrow f'(x)$

العمليات على المشتقات: ليكن f, g تابعين حقيقيين وليكن f', g' مشتقي التابعين، فإن:

$$(f + g)' = f' + g'$$

$$(f - g)' = f' - g'$$

$$(f \cdot g)' = f'g + g'f$$

$$\left(\frac{f}{g}\right)' = \frac{f'g - g'f}{g^2} \quad (g \neq 0)$$

مشتقات التوابع الأساسية

التابع الثابت $f(x) = K \in \mathbb{R} \Rightarrow f'(x) = 0$

$$f(x) = x \Rightarrow f'(x) = 1$$

التابع الصحيح من الدرجة الأولى $f(x) = ax \Rightarrow f'(x) = a$

$$f(x) = ax + b \Rightarrow f'(x) = a$$

$$f(x) = x^2 \Rightarrow f'(x) = 2x$$

التابع الصحيح من الدرجة الثانية $f(x) = ax^2 \Rightarrow f'(x) = 2ax$

$$f(x) = ax^2 + bx \Rightarrow f'(x) = 2ax + b$$

التابع الصحيح من الدرجة n : $f(x) = x^n \Rightarrow f'(x) = nx^{n-1}$

$$f(x) = \sqrt{x} \Rightarrow f'(x) = \frac{1}{2\sqrt{x}}$$

$$f(x) = \sqrt{ax} \Rightarrow f'(x) = \frac{a}{2\sqrt{ax}}$$

$$f(x) = \sqrt{ax+b} \Rightarrow f'(x) = \frac{a}{2\sqrt{ax+b}}$$

$$f(x) = \sqrt{h(x)} \Rightarrow f'(x) = \frac{h'(x)}{2\sqrt{h(x)}}$$

تابع الجذر:

تزايد وتناقص تابع، والنهايات، ليكن $f(x)$ تابع مستمر وقابل للاشتقاق على مجال ما من مجموعة تعريفه:

نقول عن $f(x)$ أنه متزايد على هذا المجال إذا كان $f'(x)$ موجباً على هذا المجال.

نقول عن $f(x)$ أنه متناقص على هذا المجال إذا كان $f'(x)$ سالباً على هذا المجال.

القيم الموضعية (النهايات الحدية) لتابع، ليكن $f(x)$ تابع مستمر وقابل للاشتقاق على مجال ما من مجموعة تعريفه.

نقول أن للتابع $f(x)$ قيمة موضعية عند النقطة x_0 من هذه المجال إذا كان $f'(x_0)=0$.

نقول عن القيمة الموضعية أنها عظمى إذا غير $f'(x)$ إشارته من الموجب إلى السالب عند x_0 .

نقول عن القيمة الموضعية أنها صغرى إذا غير $f'(x)$ إشارته من السالب إلى الموجب عند النقطة x_0 .

دراسة تحولات تابع عددي ورسم خطه البياني، نتبع الخطوات الآتية:

١. نحدد مجموعة تعريفه، ونكتبها على شكل مجالات.

٢. نوجد نهايات التابع عند أطراف المجالات، ونحدد المستقيمات المقاربة.

٣. نوجد مشتق التابع، ومجموعة تعريفه، ثم ندرس إشارته لتحديد مجالات تزايد وتناقص التابع.

٤. ننظم جدول بالنتائج السابقة، نحدد من خلاله الحدين الأعلى والأدنى (إن وجدوا) والقيم الموضعية

العظمى والصغرى (إن وجدت).

٥. إيجاد بعض النقاط المساعدة مثل نقاط التقاطع مع المحورين.

٦. رسم الخط البياني للتابع.

(B) العلاقات الثنائية Binary Relation

ليكن لدينا مجموعة A تحوي عدداً منتهياً من العناصر: $A = \{a, b, c, \dots\}$.

نعرف علاقة ثنائية S من أجل أي زوج من العناصر a و b على الجداء $A \times A$: $a S b$.

ليكن لدينا علاقتان S و T معرفتان على نفس المجموعة A :

✓ الاحتواء Inclusion: $S \subseteq T$ iff $a S b \Rightarrow a T b \quad \forall a, b \in A$

✓ الاجتماع $a(S \cup T)b$ iff aSb or aTb : union
 ✓ التقاطع $a(S \cap T)b$ iff aSb and aTb : Intersection

أهم خصائص العلاقات الثنائية:

✓ انعكاسية $Reflexive$ $\forall a \in A : aSa$ ونكتب إذا كانت غير انعكاسية $a\bar{S}a$
 ✓ متناظرة $Symmetric$ $\forall a, b \in A : aSb \Rightarrow bSa$
 ✓ متعدية $Transitive$ $\forall a, b, c \in A : aSb, bSc \Rightarrow aSc$
 ✓ تامة $Complete$ $\forall a, b \in A : aSb$ or bSa

بعض العلاقات الثنائية الشهيرة:

✓ علاقة التكافؤ $Equivalence$: هي علاقة ثنائية انعكاسية، متناظرة، ومتعدية.
 ✓ ترتيب الجزئي $Partial Order$: انعكاسية، غير متناظرة، ومتعدية.
 ✓ ترتيب شبه تام $Preorder$: انعكاسية، ومتعدية.

[B] ملحق المصطلحات

الصفحة	الفقرة	المصطلح باللغة الإنكليزية	المصطلح باللغة العربية
301	9-7	Model Selection	اختيار النموذج
473	13-3-1	Mixed Strategy	استراتيجية مختلطة
464	13-2-3	Dominated Strategy	استراتيجية مهيمنة
313	10-2-2	Conditional Probability	الاحتمال الشرطي
347	10-5-2	Statistical Test	الاختبار الإحصائي
325	10-3-3	Correlation	الارتباط
450	13-1-1	Strategy	الاستراتيجية
478	13-4-1	Backward Induction	الاستقراء التراجعي
307	10-1-2	Decisional Statistics	الإحصاء القراري
307	10-1-2	Descriptive Statistics	الإحصاء الوصفي
179	6-1	Likelihood	الأرجحية
82	3-3-1	Alternative	البديل
141	5-3	Linear Programming	البرمجة الخطية
129	5-1	Mathematical Programming	البرمجة الرياضية
137	5-2	Optimization	التأويج
334	10-4	Statistical Estimation	التقدير الإحصائي
392	11-7-1	Concordance	التوافق
189	6-7	Conjunctive and Disjunctive	الحذف والإضافة
450	13-1-1	Action	الحركة
185	6-5	Pros and Cons	الحسنات والمساوئ
450	13-1-1	Outcome	الحصيلة
45	2-2-2	Neutrality	الحيادية
460	13-2-2	Best Response	الرد الأفضل
210	6-11-2	Return On Investment	العائد على الاستثمار
58	2-5-1	Bounded Rationality	العقلانية المحدودة
187	6-6	Lexicographic	القاموسية
205	6-11-1	Net Present Value	القيمة الحالية الصافية
190	6-8	Expected Value	القيمة المتوقعة
190	6-8-1	Expected Value without Information	القيمة المتوقعة بدون معلومات
192	6-8-2	Expected Value of the Perfect Information	القيمة المتوقعة للمعلومات الأكيدة
190	6-8-1	Expected Value with Perfect Information	القيمة المتوقعة مع معلومات أكيدة
450	13-1-1	Player	اللاعب
450	13-1-1	Game	اللعبة

الصفحة	الفقرة	المصطلح باللغة الإنكليزية	المصطلح باللغة العربية
160	5-5-1	Critical Path	المسار الحرج
44	2-2-1	Decision Aid	المساعدة على اتخاذ القرار

24	1-4-1	<i>Problem</i>	المشكلة
393	11-7-2	<i>Discordance</i>	المعارضة
85	3-4-1	<i>Criterion</i>	المعيار
86	3-4-2	<i>Measure</i>	المقياس
450	13-1-1	<i>Payoffs</i>	المكاسب
260	8-3-2	<i>Marginal Utility</i>	المنفعة الهامشية
46	2-2-2	<i>Objectivity</i>	الموضوعية
184	6-2	<i>Regret – MaxiMax</i>	الندم على الفرص الضائعة
323	10-3-2	<i>Central Tendency</i>	النزعة المركزية
53	2-4-1	<i>Modeling</i>	النمذجة
181	6-2	<i>MaxiMin</i>	النموذج التشاؤمي
182	6-3	<i>MaxiMax</i>	النموذج التفاؤلي
119	4-4	<i>Aggregation Procedure</i>	إجرائية البحث عن الحل
199	6-10	<i>Analytical Hierarchy Process</i>	إجرائية التحليل الهرمي
112	4-3	<i>Decision Problematic</i>	إشكالية القرار
50	2-3-1	<i>System Problematic</i>	إشكالية النظم
374	11-2	<i>Pareto Optimal</i>	أمثلية باريتو
91	3-5	<i>Criteria Importance</i>	أهمية المعايير
257	8-3	<i>Utility Function</i>	تابع المنفعة
296	9-6-2	<i>Rank Reversal</i>	تغير الترتيب
29	1-5	<i>Risk Evaluation</i>	تقدير المخاطر
89	3-4-3	<i>Performance</i>	تقييم البديل
298	9-6-4	<i>Ellsberg Paradox</i>	تناقض إلسبرغ
296	9-6-3	<i>Allais Paradox</i>	تناقض ألي
299	9-6-5	<i>Bernouilli Paradox</i>	تناقض برنوللي
458	13-2-1	<i>Nash Equilibrium</i>	توازن ناش
152	5-4-1	<i>Simplex Algorithm</i>	خوارزمية
416	12-1-3	<i>Business Intelligence</i>	ذكاء الأعمال
75	3-1-1	<i>Decision Process</i>	سيرورة القرار
223	7-1-1	<i>Decision Tree</i>	شجرة القرار
2	1-1-1	<i>Multiple Criteria Decision Making</i>	صناعة القرار متعدد المعايير
165	5-5-2	<i>PERT Method</i>	طريقة بيرت
385	11-5	<i>Preference Thresholds</i>	عتبات التفضيل
382	11-4	<i>Outranking Relation</i>	علاقة الأولوية

الصفحة	الفقرة	المصطلح باللغة الإنكليزية	المصطلح باللغة العربية
107	11-4	<i>Preference Relation</i>	علاقة التفضيل
255	8-2-4	<i>Independence Assymption</i>	فرضية الاستقلال
254	8-2-3	<i>Continuity Assymption</i>	فرضية الاستمرارية
253	8-2-2	<i>Transitivity Assymption</i>	فرضية التعدي

253	8-2-2	<i>Complete Ranking Assymption</i>	فرضية الوضوح التام
426	12-3-1	<i>Data Base</i>	قاعدة بيانات
427	12-3-2	<i>Models Base</i>	قاعدة نماذج
314	10-2-3	<i>Distribution Law</i>	قانون التوزيع
469	13-2-5	<i>Bertrand Model</i>	لعبة برتراند
478	13-4-1	<i>Subgame</i>	لعبة جزئية
484	13-4-4	<i>Stackelberg Model</i>	لعبة ستاغلبيرغ
465	13-2-4	<i>Cournot Model</i>	لعبة كورنو
453	13-2-2	<i>Prisoner's Dilemma</i>	مأزق السجين
211	6-11-3	<i>Pay Back Period</i>	مدة استرداد رأس المال
79	3-2	<i>Decision Problem</i>	مسألة القرار
42	2-1-3	<i>Assymption of the Optimality</i>	مسلمة الأمثلية
41	2-1-1	<i>Assymption of First Order Reality</i>	مسلمة الحقيقة من الدرجة الأولى
42	2-1-2	<i>Assymption of the Decision Maker</i>	مسلمة متخذ القرار
421	12-2-1	<i>Unstructured Problem</i>	مشكلة غير مهيكلة
421	12-2-1	<i>Structured Problem</i>	مشكلة مهيكلة
285	9-2	<i>Preferences Mesure</i>	مقياس التفضيل
323	10-3-2	<i>Dispersion Indicators</i>	مؤشرات التبعثر
251	8-1	<i>Utility Theory</i>	نظرية المنفعة
229	7-2	<i>Bayes Theorem</i>	نظرية بايز
425	12-4	<i>Executive Support Systems</i>	نظم الدعم التنفيذية
411	12-1	<i>Decision Support System</i>	نظم دعم القرار
433	12-5	<i>Group DSS</i>	نظم دعم القرار الجماعية
291	9-5	<i>Incomplete Information</i>	نقص المعلومات
378	11-3-2	<i>Borda</i>	نموذج بوردا
380	11-3-4	<i>Copeland</i>	نموذج كوبلاند
380	11-3-3	<i>Condorcet</i>	نموذج كوندورسيه
392	11-7	<i>ELECTRE-III</i>	نموذج
105	4-1-1	<i>Preferences Model</i>	نموذج التفضيلات
61	2-5-2	<i>Simon Model</i>	نموذج سايمون
429	12-3-3	<i>Interfaces</i>	واجهات التخاطب

[C] : ملحق أجوبة أسئلة صح/خطأ والخيارات المتعددة

أجوبة الأسئلة (صح/خطأ): الفصل الأول حتى الرابع

الفصل الرابع	الفصل الثالث	الفصل الثاني	الفصل الأول
خ ١	ص ١	ص ١	خ ١
ص ٢	خ ٢	ص ٢	ص ٢
ص ٣	ص ٣	ص ٣	خ ٣
ص ٤	ص ٤	خ ٤	ص ٤
خ ٥	خ ٥	ص ٥	ص ٥
ص ٦	خ ٦	خ ٦	خ ٦
ص ٧	ص ٧	خ ٧	ص ٧
خ ٨	خ ٨	خ ٨	خ ٨
ص ٩	ص ٩	ص ٩	خ ٩
خ ١٠	ص ١٠	ص ١٠	ص ١٠
خ ١١	خ ١١	ص ١١	ص ١١
ص ١٢	ص ١٢	خ ١٢	خ ١٢
ص ١٣	ص ١٣	ص ١٣	ص ١٣
ص ١٤	خ ١٤	ص ١٤	ص ١٤
خ ١٥	خ ١٥	ص ١٥	خ ١٥
ص ١٦	ص ١٦	خ ١٦	خ ١٦
خ ١٧	خ ١٧	خ ١٧	ص ١٧
خ ١٨	ص ١٨	ص ١٨	ص ١٨
ص ١٩	خ ١٩	ص ١٩	خ ١٩
خ ٢٠	ص ٢٠	ص ٢٠	ص ٢٠
خ ٢١		ص ٢١	
ص ٢٢		ص ٢٢	
		خ ٢٣	

أجوبة الأسئلة (صح/خطأ): الفصل الخامس حتى الثامن

الفصل الثامن	الفصل السابع	الفصل السادس	الفصل الخامس
ص ١	ص ١	ص ١	ص ١
ص ٢	ص ٢	خ ٢	ص ٢
ص ٣	خ ٣	ص ٣	ص ٣
خ ٤	خ ٤	خ ٤	خ ٤
ص ٥	ص ٥	ص ٥	خ ٥
ص ٦	خ ٦	خ ٦	ص ٦
ص ٧	ص ٧	ص ٧	خ ٧
خ ٨	خ ٨	خ ٨	خ ٨
خ ٩	ص ٩	ص ٩	ص ٩
ص ١٠	ص ١٠	خ ١٠	ص ١٠
خ ١١	ص ١١	ص ١١	ص ١١
ص ١٢	خ ١٢	خ ١٢	خ ١٢
خ ١٣	خ ١٣	ص ١٣	ص ١٣
ص ١٤	ص ١٤	ص ١٤	ص ١٤
ص ١٥	ص ١٥	خ ١٥	ص ١٥
خ ١٦	خ ١٦	ص ١٦	خ ١٦
ص ١٧	ص ١٧	ص ١٧	ص ١٧
خ ١٨	خ ١٨	خ ١٨	ص ١٨
	ص ١٩	ص ١٩	خ ١٩
	ص ٢٠	ص ٢٠	ص ٢٠
		ص ٢١	خ ٢١
		ص ٢٢	ص ٢٢
		ص ٢٣	ص ٢٣
		ص ٢٤	خ ٢٤
		ص ٢٥	ص ٢٥
			ص ٢٦
			ص ٢٧
			ص ٢٨
			ص ٢٩
			ص ٣٠
			ص ٣١
			خ ٣٢
			ص ٣٣

أجوبة الأسئلة (صح/خطأ): الفصل العاشر حتى الثالث عشر

الثالث عشر	الثاني عشر	الحادي عشر	الفصل العاشر
ص ١	خ ١	ص ١	ص ١
ص ٢	ص ٢	خ ٢	خ ٢
خ ٣	ص ٣	ص ٣	ص ٣
ص ٤	ص ٤	خ ٤	خ ٤
خ ٥	ص ٥	ص ٥	ص ٥
خ ٦	خ ٦	ص ٦	ص ٦
ص ٧	خ ٧	ص ٧	ص ٧
ص ٨	ص ٨	خ ٨	خ ٨
خ ٩	ص ٩	خ ٩	ص ٩
ص ١٠	خ ١٠	خ ١٠	خ ١٠
ص ١١	ص ١١	خ ١١	ص ١١
ص ١٢	ص ١٢	ص ١٢	خ ١٢
خ ١٣	ص ١٣	ص ١٣	ص ١٣
ص ١٤	ص ١٤	خ ١٤	ص ١٤
خ ١٥	ص ١٥	ص ١٥	ص ١٥
ص ١٦	خ ١٦	ص ١٦	خ ١٦
ص ١٧	خ ١٧	خ ١٧	خ ١٧
خ ١٨	ص ١٨	ص ١٨	ص ١٨
ص ١٩	ص ١٩	ص ١٩	ص ١٩
ص ٢٠	ص ٢٠	ص ٢٠	ص ٢٠
ص ٢١	ص ٢١	ص ٢١	خ ٢١
ص ٢٢	خ ٢٢	خ ٢٢	خ ٢٢
ص ٢٣	ص ٢٣	خ ٢٣	ص ٢٣
ص ٢٤	خ ٢٤	خ ٢٤	ص ٢٤
ص ٢٥	ص ٢٥	خ ٢٥	ص ٢٥
			ص ٢٦

أجوبة أسئلة الخيارات المتعددة: الفصل الأول وحتى الثامن

الفصل الرابع	الفصل الثالث	الفصل الثاني	الفصل الأول
د ١	د ١	د ١	د ١
أ ٢	أ ٢	د ٢	د ٢
ج ٣	ج ٣	أ ٣	أ ٣
ج ٤	ب.ب ٤	ج ٤	ج ٤
د ٥	أ ٥	د ٥	د ٥
أ ٦	د ٦	د ٦	
ج ٧	ج ٧	أ ٧	الفصل الخامس
أ ٨	د ٨	ج ٨	ج ١
ب.ب ٩	ج ٩	ب.ب ٩	د ٢
ج ١٠	أ ١٠	ج ١٠	د ٣
د ١١	أ ١١		ب.ب ٤
أ ١٢	ب.ب ١٢	الفصل السادس	أ ٥
أ ١٣	أ ١٣	ج ١	ب.ب ٦
ج ١٤	ج ١٤	ب.ب ٢	أ ٧
أ ١٥	ب.ب ١٥	ب.ب ٣	ب.ب ٨
	ب.ب ١٦	أ ٤	أ ٩
	د ١٧	أ ٥	أ ١٠
الفصل الثامن	الفصل السابع	ج ٦	ج ١١
د ١	أ ١	ب.ب ٧	أ ١٢
ب.ب ٢	ج ٢	ج ٨	ج ١٣
أ ٣	د ٣	د ٩	ب.ب ١٤
ب.ب ٤	ب.ب ٤	أ ١٠	أ ١٥
ج ٥	أ ٥	أ ١١	ج ١٦
ب.ب ٦	أ ٦	ب.ب ١٢	ج ١٧
أ ٧	ب.ب ٧	أ ١٣	ج ١٨
أ ٨	أ ٨	ج ١٤	ج ١٩
ب.ب ٩	ب.ب ٩	ج ١٥	د ٢٠
أ ١٠	ج ١٠	د ١٦	ب.ب ٢١
ب.ب ١١	ج ١١		ج ٢٢
أ ١٢	ج ١٢		ج ٢٣
د ١٣	أ ١٣		أ ٢٤
	ج ١٤		
	ج ١٥		

أجوبة أسئلة الخيارات المتعددة: العاشر وحتى الثالث عشر

الثالث عشر	الثاني عشر	الحادي عشر	الفصل العاشر
د ١	د ١	ب ١	د ١
د ٢	أ ٢	د ٢	د ٢
أ ٣	ج ٣	أ ٣	د ٣
ب ٤	ب ٤	د ٤	أ ٤
ب ٥	د ٥	أ ٥	ج ٥

د	٦	د	٦	د	٦	أ	٦
أ	٧	د	٧	أ	٧	أ	٧
ج	٨	د	٨	ب	٨	ب	٨
د	٩	أ	٩	ج	٩	ب	٩
ب	١٠	د	١٠	د	١٠	أ	١٠
د	١١	ب	١١	د	١١	ج	١١
ج	١٢	أ	١٢	أ	١٢	ب	١٢
ج	١٣	د	١٣	ب	١٣	أ	١٣
ب	١٤	د	١٤	ج	١٤	ب	١٤
د	١٥	د	١٥	د	١٥	أ	١٥
د	١٦			د	١٦	د	١٦
د	١٧			د	١٧	أ	١٧
د	١٨					أ	١٨
						د	١٩
						د	٢٠
						د	٢١
						أ	٢٢
						ب	٢٣
						أ	٢٤
						ب	٢٥
						ج	٢٦
						أ	٢٧
						د	٢٨

تم بعونه تعالى ...