الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research

جامعة الجزائر3
كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية
وعلوم التسيير
قسم العلوم التجارية

University of Algiers3
Faculty of Economic Sciences, Commercial Sciences
and Management Sciences
Department of Commercial Sciences

مطبوعة بعنوان:

محاضرات في الأساليب الكمية في التسويق

مطبوعة موجهة لطلبة السنة الثالثة ليسانس تخصص تسويق

من اعداد: د. سليماني نورة

السنة الجامعية: 2023-2024

فهرس المحتويات

فهرس المحتويات

المحتوى	الصفحة
مقدمة	**04**
المحور الأول: مقدمة حول تطبيقات الأساليب الكمية	**06**
أولا: مفهوم الأساليب الكمية	**07**
ثانيا: نشأة وتطور الأساليب الكمية	**07**
ثالثا: خطوات تطبيق الأساليب الكمية	**08**
رابعا: أنواع الأساليب الكمية	**09**
المحور الثاني: أسلوب البرمجة الخطية (صياغة البرنامج الخطي للمشكلة التسويقية)	**10**
أولا: مفهوم البرمجة الخطية	**11**
ثانيا: استخدامات البرمجة الخطية في مجال التسويق	**12**
ثالثا: صياغة (بناء) نموذج البرمجة الخطية	**12**
المحور الثالث: تطبيق أسلوب شجرة القرار في مجال التسويق	**23**
أولا: مفهوم شجرة القرار	**24**
ثانيا: عناصر اتخاذ القرار في أسلوب شجرة القرار	**25**
ثالثا: خطوات رسم شجرة القرار	**25**
رابعا: الهيكل العام لشجرة القرار (التمثيل البياني لشجرة القرار)	**26**
خامسا: أنواع شجرة القرار	**27**

سادسا: تحليل شجرة القرار	**28**
المحور الرابع: تحليل الصراع في السوق (نظرية الالعاب "المباريات")	**35**
أولا: مفهوم نظرية الألعاب (المباريات)	**36**
ثانيا: الفرضيات التي تقوم عليها نظرية الالعاب	**37**
ثالثا: المصطلحات المستخدمة في نظرية الألعاب	**37**
رابعا: المباراة الثنائية الصفرية	**38**
خامسا: الحل بقاعدة او مبدأ السيطرة (الهيمنة)	**47**
سادسا: الحل بطريقة المباريات الفرعية	**48**
المحور الخامس: الأساليب الكمية في تخطيط مسارات البيع والتوزيع	**52**
أولا: التطور التاريخي لنماذج النقل المختلفة	**53**
ثانيا: الإطار العام لمشكلة النقل	**53**
ثالثا: صياغة النموذج الرياضي لمشكلة النقل (الصيغة الرياضية)	**55**
رابعا: المراحل الأساسية لحل مشكلة النقل	**56**
خامسا: ايجاد الحل الأولي الأساسي	**57**
سادسا: إيجاد الحل الأمثل (اختبار الحل الأولي الأساسي)	**62**
سابعا: الحالات الخاصة في مشكل النقل	**72**
المحور السادس: التخطيط لبرنامج تسويقي "CPM" (تحليل شبكة الاعمال)	**77**
أولا: مجالات استخدام شبكات الاعمال ومزاياها	**78**
ثانيا: المفاهيم والمصطلحات الأساسية المتعلقة بشبكات الاعمال	**79**

ثالثا: شروط اعداد شبكة الاعمال	**81**
رابعا: الأخطاء التي يجب تجنبها عند اعداد شبكة الاعمال	**81**
خامسا: رسم شبكة الاعمال	**83**
سادسا: طريقة المسار الحرج (CPM)	**88**
الخاتمة	**96**
قائمة المراجع	**98**
قائمة الاشكال	**103**

مقدمة

نتيجة للتغيرات التي شهدها العالم خلال الالفية الثالثة من صور ونماذج مختلفة من صيغ العمل الإداري، والصراع من اجل السيطرة والهيمنة على مختلف المجالات، هذا فضلا عن العولمة وما جاءت به بين طياتها من تغيرات جذرية في كل الميادين.

هذا المنطلق، ازدادت الحاجة الى اعتماد أساليب علمية متطورة لترشيد القرار الإداري، لكي ينسجم مع ما هو مطروح من تحديات، إضافة الى بروز ضرورة ملحة لتنمية مهارات المسيرين والمدراء في مختلف المستويات الإدارية، بالاتجاهات الحديثة والممارسات المعتمدة على تملك مهارات علوم الإدارة عامة وعلم التسويق خاصة، والأساليب الكمية التي تساعد على الاعتماد على المعلومات الكمية القابلة للقياس والمدعمة للحقائق الت تستفيد من قوة النماذج الإحصائية والرياضية في التحليل دون تحيز في التوصل الى القرار الأمثل.

وعليه سنحاول من خلال هذه المطبوعة "محاضرات في الأساليب الكمية في التسويق" تسليط الضوء على اهم الأساليب الكمية المساعدة في اتخاذ القرارات التسويقية، حيث تضمنت هذه المطبوعة مجموعة من المحاور، تم تقديمها وعرضها بطريقة ملائمة تتناسب مع طلبة قسم التسويق، حيث استعرضنا في البداية المفاهيم الأساسية المتعلقة بالأساليب الكمية في الإدارة ، وبعدها تم التطرق الى اهم الأساليب الكمية المعتمدة في إدارة التسويق بشكل خاص وهي: أسلوب البرمجة الخطية، أسلوب شجرة القرار، نظرية الألعاب، أسلوب النقل والتوزيع، شبكات الاعمال، بالإضافة الى تقديم مجموعة من الأمثلة والتطبيقات في كل محور لتسهيل عملية الفهم بالنسبة للطلبة.

المحور الأول:

مقدمة حول تطبيقات الأساليب الكمية

تعتبر الأساليب الكمية من التوجهات الحديثة للإدارة، للمساعدة في اتخاذ القرارات بمختلف أنواعها، فنتيجة للتغيرات التي يعرفها العالم الاقتصادي الناتج عن التطور التكنولوجي والمعلوماتي، أصبح من الضروري على المؤسسات تغيير نمط التسيير وإعادة النظر في كيفية اتخاذ القرارات، بطريقة مبنية على أسس علمية واضحة وصحيحة.

أولا: مفهوم الأساليب الكمية

تدخل اغلب الأساليب الكمية ضمن اختصاص بحوث العمليات المعتمدة على العقلانية في اتخاذ القرارات من خلال البحث عن الحل الأمثل لمشكلة معينة. وقد عرفها Morse & Kimball على انها "تطبيق الطريقة العلمية بتوفير الأساس الكمي الذي يمكن الإدارة من اتخاذ القرارات".[1]

وتعرف الأساليب الكمية ايضا على انها "مجموعة الطرق والصيغ والنماذج العلمية التي تساعد في حل المشكلات على أساس عقلاني".[2]، كما تعرف على انها "مجموعة من الطرق والأساليب التي تساعد في اتخاذ القرارات في مجالات متنوعة، بهدف تحقيق الاستخدام الأمثل للموارد سواء على نطاق الدولة او المنظمة، تفاديا لضياع الإمكانيات من جهة وتحقيق اقصى عائد ممكن من الاستثمارات من جهة أخرى".[3]

انطلاقا مما سبق يمكن القول ان الأساليب الكمية هي أسلوب رياضي يتم من خلاله معالجة المشاكل الاقتصادية، الإدارية، التسويقية والمالية، بالاعتماد على الموارد المتاحة من البيانات والأدوات الطرق التي تستخدم من قبل متخذي القرار لمعالجة المشاكل. وهو اتجاه علمي يهدف الى تفسير مفاهيم ومشاكل الإدارة من خلال النماذج الرياضية والأساليب الكمية المختلفة، من اجل تحديد حلول معينة للمشاكل التي تواجه المؤسسة او لترشيد القرارات المختلفة.

ثانيا: نشأة وتطور الأساليب الكمية

ترجع البدايات الأولى لأساليب الكمية الى الحرب العالمية الثانية، بحيث استعملت من طرف الإدارة العسكرية البريطانية، بهدف الاستخدام الأمثل والفعال للموارد الحربية المحدودة من اجل الحصول على نتائج إيجابية، وبعد النجاح الذي حققته في الجانب العسكري، وبعد انتهاء الحرب ظهرت الرغبة في اعتماد هذا الأسلوب خارج الاستخدامات العسكرية، خاصة مع التوجه الصناعي الكبير والزيادة في حجم وتعقيد المنظمات وزيادة المنافسة أدى الى ظهور مشكلات متعلقة بتوزيع الموارد المحدودة والمهمة في ميدان الصناعة والإنتاج الاقتصادي وهذا ما

[1] – حامد سعد نور الشمرتي، بحوث العمليات – مفهوما وتطبيقا –، الطبعة الأولى، دار الذاكرة للنشر، العراق، 2010، ص2.

[2] – نجم عبود نجم، "مدخل للأساليب الكمية مع تطبيق باستخدام ميكروسوفت اكسل، الوراق للنشر والتوزيع، الأردن، 2008، ص19.

[3] – عبد الحميد عبد الحميد البلداوي، الأساليب الكمية التطبيقية في إدارة الاعمال، دار وائل للنشر والتوزيع، الأردن، 2008، ص4.

اقنع معظم المتخصصين في معالجة المشكلات الإدارية، بأن الأساليب الكمية هي التوجه الملائم للتعامل مع مشاكل الادارة في المؤسسات المختلفة.

لا ان بداية ظهور هذه الأساليب في الفكر الإداري واعتماده كمنهج من مناهج المستخدمة في اتخاذ القرارات وحل المشاكل يرتبط مع المحاولات التي بذلها رواد الإدارة العلمية في بداية القرن العشرين، عندما قدم فردريك تايلور (F.Taylor) كتابه "الإدارة العلمية" والذي دعى فيه الى ضرورة تطبيق واستخدام الأسلوب العلمي في الإدارة وتطبيقه، الذي يركز على جمع الحقائق وتحليلها للوصول الى تفسير للطواهر التي تراد تعليلها.[1]

ثالثا: خطوات تطبيق الأساليب الكمية

تعد عملية اتخاذ القرارات جوهر العملية الإدارية بشكل عام، وتتمحور المراحل الأساسية في اتخاذ القرار باستخدام الأساليب الكمية فيما يلي:[2]

– **تحديد طبيعة المشكلة أو الهدف المراد تحقيقه:** تعتبر تحديد المشكلة بمثابة الطريق الذي يجب أن يسير عليه متخذ القرار، إذ يتعين على متخذ القرار أن يضبط كل جوانب المشكلة ويفهمها فهما جيدا.

– **بناء النموذج الرياضي:** بعد الانتهاء من تحديد المشكلة موضوع القرار وبيان العلاقات المتداخلة فيها، يتم وضع المشكلة بصيغة نماذج رياضية تمثل مكونات المشكلة المراد حلها، وتشمل على متباينة الهدف المطلوب تحقيقه، ومتباينات القيود اللازمة للمشكلة التي تحكم الإدارة في اتخاذ القرار.

– **حل النموذج:** بعد صياغة النموذج الرياضي، يتم حله، لاستخراج النتائج الأولية، وتحديد كونه حلا امثلا ام لا، وإذا لم يكن كذلك، فالأمر يتطلب تطويره حتى الوصول الى الحل الأمثل، لأنه المحقق للأهداف المقترحة.

– **تطبيق واعتماد النتائج:** بعد الوصول الى الحل الأمثل، يوضع هذا الحل موضع التطبيق، من خلال مجموعة من الإجراءات والتعليمات التي يقدمها متخذ القرار للتقيد بها مراعيا توفر المهارات والمستلزمات الضرورية، ثم متابعة التنفيذ، للتأكد من ان القرار المتخذ هو فعلا الحل الأمثل للمشكلة.

والجدير بالذكر، ان هذه المراحل تتم وفق توفر شرطين أساسيين هما:[3]

- محدودية الموارد.
- تعدد البدائل.

---

[1] – نفس المرجع السابق، ص1

[2] – أكرم محمد عرفان المعتدي، الأساليب الكمية في اتخاذ القرارات الإدارية، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، 2004، ص14.

[3] – عبد الحميد عبد الحميد البلداوي، مرجع سبق ذكره، ص4.

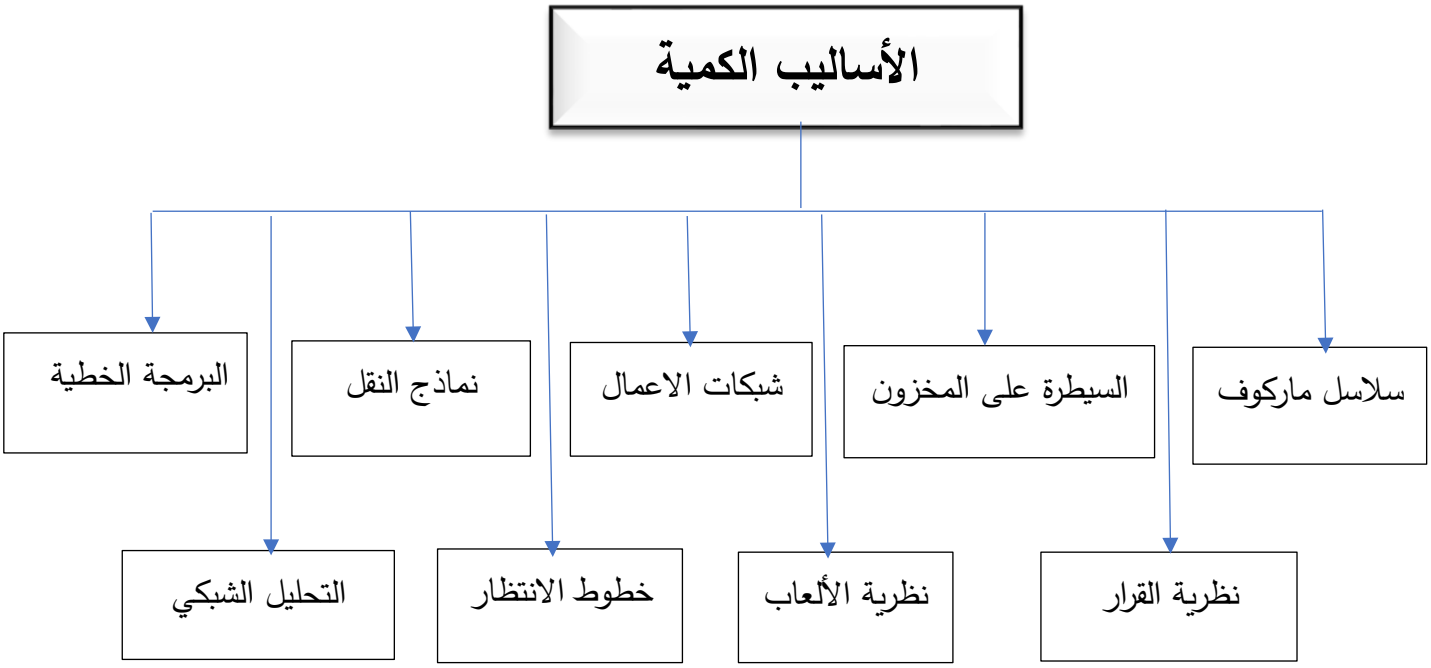
رابعا: أنواع الأساليب الكمية:

تستخدم متخذ القرار في المؤسسة أسلوب واحد او أكثر، من الأساليب الكمية، وذلك حسب المشكلة المدروسة، وكذا حسب النشاط الصناعي او الخدمي التي تمارسه المؤسسة، ومن اهم الأساليب الكمية الأكثر استخداما نذكر:

- البرمجة الخطية
- نماذج النقل
- شبكات الاعمال
- السيطرة على المخزون
- سلاسل ماركوف
- خطوط الانتظار
- نظرية الألعاب
- نظرية القرار
- التحليل الشبكي

ويمثل المخطط التالي النماذج المستخدمة في الأساليب الكمية وهي:

الشكل رقم (1): أنواع الأساليب الكمية



المصدر: من اعداد الباحثة بالاعتماد على مجموعة من المراجع

المحور الثاني:

أسلوب البرمجة الخطية (صياغة البرنامج الخطي للمشكلة التسويقية)

مع كبر حجم المؤسسات وتوسعها في مجالات مختلفة، ظهر الكثير من المتغيرات والمشاكل التي تؤثر على عملية اتخاذ القرارات السليمة، الامر الذي يتطلب ضرورة البحث عن أسلوب جديد يساعد على اتخاذ القرارات الحرجة. وتعد البرمجة الخطية أحد الأساليب العلمية الحديثة لبحوث العمليات التي تساعد على اتخاذ القرار الأمثل.

أولا: مفهوم البرمجة الخطية

تعرف البرمجة الخطية على أنها "أسلوب رياضي يهتم بتخصيص الموارد المتاحة بشكل أمثل على الاستخدامات المختلفة، بهدف تعظيم الأرباح أو تدنية التكاليف".[1]

ويمكن ان تعرف أيضا على انها "أسلوب رياضي لتوزيع مجموعة من الموارد والامكانيات المحدودة على عدد من الحاجيات المتنافية على هذه الموارد، ضمن مجوعة من القيود والعوامل الثابتة، بحيث يحقق هذا التوزيع أفضل نتيجة ممكنة، أي الاستغلال الأمثل للموارد".[2]

ومن خلال التعريفين السابقين يمكن القول ان البرمجة الخطية هي الأسلوب الرياضي الذي يبحث عن أفضل الطرق لاستخدام الموارد المتاحة، عن طريق تحويل المشكلة المدروسة الى علاقات رياضية خطية، وتهدف الى دراسة البدائل والامكانيات المتاحة وتحليلها، ثم البحث عن أفضل بديل الذي يحقق أعظم ربح او تخفيض التكاليف.

وفي هذا السياق، لاستخدام البرمجة الخطية ينبغي توفر شروط معين، من أهمها:[3]

- تحديد المشكلة تحديدا رياضيا دقيقا بمتغيرات القرار، التي تكون معاملاتها على شكل ثوابت ومعلومة مسبقاً.
- لتحقيق غرض أو هدف البرمجة الخطية في دالة الهدف، يجب مراعاة الموارد المتاحة للمؤسسة أي عدم تجاوزها، وتظهر هذه الخاصية على شكل مجموعة قيود في صورة علاقات رياضية خطية بمتغيرات القرار، وعلاقة كل منها على شكل متباينة غالبا (أو مساواة) للتأكيد على عدم تجاوز الكميات المتاحة من الموارد.

[1] – جلال إبراهيم العبد، استخدام الأساليب الكمية في اتخاذ القرارات الإدارية، دار الجامعة الجديدة، الإسكندرية، مصر، 20014، ص 44.

[2] – عبد الرسول عبد الرزاق الموسوي، المدخل لبحوث العمليات، دار وائل للنشر والتوزيع، الأردن، 2001.

[3] – عبد الرحمن بن محمد أبو عمه، محمد أحمد العش، البرمجة الخطية، مطبعة جامعة الملك سعود، الطبعة الأولى، المملكة العربية السعودية، 1990، ص 16. بتصرف

- تتعلق كل من العلاقات الرياضية الخطية ومتغيرات القرار في المسألة المدروسة ببعضها البعض بشكل وثيق، حيث أن أي تغيير من زيادة أو نقصان لأحد هذه المتغيرات يؤثر على مجموع المتغيرات من خلال تغيير بعضها أو كلها.
- إتباع شرط عدم سلبية المتغيرات القرار، ويساعد هذا الشرط على تحديد منطقة الحلول المقبولة ثم إيجاد الحل الأمثل.

ثانيا: استخدامات البرمجة الخطية في مجال التسويق

تستخدم البرمجة الخطية في جميع مجالات الإدارة والاقتصاد، التي تبحث عن الأمثلة في استغلال الموارد، والتي تهدف الى تعظيم الارباح او الى تدنية التكاليف، حيث تطبق البرمجة الخطية في تخطيط الإنتاج، توزيع الاستثمارات، تنظيم طاقات الموارد البشرية والاستخدام الأمثل للقوى العاملة حسب المؤهلات ....الخ.

اما في مجال التسويق فتساعد البرمجة الخطية في اتخاذ القرارات المتعلقة بالعملية التسويقية أهمها:

- **النقل:** تتركز المشكلة في كيفية نقل المنتجات من مصادر بها عروض مثل المخازن، المناجم أو المزارع، إلى جهات استخدام لها طلبات مثل المصانع، مراكز التسويق او المستهلك، بحيث يتم اختيار مسارات النقل التي تحقق أعلى كفاءة توزيعية تواجه كل الطلبات بأكبر أرباح او باقل تكاليف نقل ممكنة.[1]

- **توزيع ميزانية الترويج:** حيث يكون الهدف توزيع ميزانية الترويج المحدودة بين وسائل الترويجية المختلفة من الإعلان، تنشيط المبيعات، البيع الشخصي ....الخ، بحيث تكون فعالية الترويج مرتفعة إلى أقصى حد، وتحقيق الأهداف المرجوة من العملية الترويجية.

ثالثا: صياغة (بناء) نموذج البرمجة الخطية

ان الهدف الأساسي من استخدام نموذج البرمجة الخطية هو حل مشكلة ما تواجه الإدارة، ولذلك يتم الاستعانة بالبرمجة الخطية، وهنا يستلزم نقل المشكلة من حالتها الأولية (الحالة الانشائية والمتمثلة في السرد الكلامي لتفاصيل المشكلة) الى حالة المعادلات والمتباينات المعبرة عن المشكلة قيد الدراسة.

ويتكون البرنامج الخطي من العناصر التالية:

[1] – ابراهيم موسى عبد الفتاح، مقدمة في بحوث العمليات، نماذج وتطبيقات، المكتبة العلمية للنشر، مصر، 2006، ص8.

1- دالة الهدف:

تبين هذه الدالة، الهدف المراد تحقيقه، ويكون عادة الوصول الى اعظم ربح (Max) او ادنى تكلفة (Min)، ويرمز لها بالرمز Z.

وتأخذ دالة الهدف الشكل التالي:

$$\underset{Min}{\overset{Max}{Z}} = \sum_{J=1}^{I=n} c_j x_j$$

$$Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n$$

حيث:

- تعبر x_1 ، x_2 ... x_n عن متغيرات المشكلة (وحدات متنجة، وحدات مباعة، كمية منقولة ...).
- ترمز c_1، c_2، ... c_n الى الربح المحقق او التكلفة المراد تخفيضها (بالوحدة الواحدة).

2- القيود (المتاحات):

تشير القيود عادة الى المتاحات من الموارد، وهي محددات المشكلة التي لا يمكن تجاوزها، والتي تؤدي إلى تحقيق الهدف، فقد تكون القيود ممثلة بالمواد الأولية أو العدد المطلوب من القوى العاملة أو ساعات العمل أو غيرها.

وتأخذ القيود الشكل العام التالي:

في حالة التدنية:

$$\begin{cases} a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1n} X_n \geq b_1 \\ a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2n} X_n \geq b_2 \\ \\ a_{n1} X_1 + a_{n2} X_2 + \dots + a_{nn} X_n \geq b_n \end{cases}$$

في حالة التعظيم:

$$\begin{cases} a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1n} X_n \leq b_1 \\ a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2n} X_n \leq b_2 \\ \\ a_{n1} X_1 + a_{n2} X_2 + \dots + a_{nn} X_n \leq b_n \end{cases}$$

حيث:

a_{ij}: هي استعمالات الموارد للحصول على وحدة واحدة من المتغير X_j .

B_i: المتاحات المتوفرة لدى المؤسسة، وهي تبين الحد الأعلى الذي يمكن استخدامه.

ملاحظة: في البرنامج الخطي تكون القيود عبارة عن متراجحات ($\leq$ او $\geq$)، و لكن في بعض المسائل يمكن ان تحتوي على معادلات (=).

3- شرط عدم السلبية:

أي ان جميع المتغيرات قيد الدراسة لا يمكن ان تكون سالبة، بل موجبة او معدومة، لان ذلك ليس له معنى في الواقع. و بالتالي يمكن التعبير عن شرط عدم السلبية كما يلي:

$$x_1 \text{ ، } x_2 \dots x_n \geq 0$$

مثال رقم (1-2): صياغة نموذج البرمجة الخطية في حالة التعظيم (Max)

تقوم مؤسسة لصناعة السيارات بإنتاج وتسويق نموذجين من السيارات، النموذج الفاخر للعائلات والنموذج الثاني للأشغال الشاقة. تحقق المؤسسة أرباحا مباشرة على النوع الأول قدرها 600 ون، و300 ون على النوع الثاني.

يتطلب انتاج الوحدة الواحدة من النوع الأول 30 ساعة في خط التجميع و10 ساعات في خط التشطيب وساعتين في مركز الفحص، بينما النوع الثاني يحتاج الى 12 ساعة في خط التجميع و8 ساعات في خط التشطيب و4 ساعات في مركز الفحص.

تبلغ طاقة خط التجميع 6000 ساعة في الفترة الإنتاجية، بينما تبلغ طاقة خط التشطيب 2600 ساعة، اما طاقة مركز الفحص فتبلغ 1000 ساعة.

المطلوب: ما هو البرنامج الخطي المعبر عن تشكيلة الإنتاج المثالية التي تحقق أكبر حصيلة من الأرباح؟

حل المثال رقم (1-2):

1- تحديد المتغيرات:

x_1 : عدد السيارات المنتجة من النوع الأول.

x_2 : عدد السيارات المنتجة من النوع الثاني.

2- صياغة دالة الهدف:

$$\mathbf{Max\ Z = 600\ x_1 + 300\ x_2}$$

3- صياغة القيود:

قيد التجميع	$30\ x_1 + 12\ x_2 \leq 600$
قيد التشطيب	$10\ x_1 + 8\ x_2 \leq 2600$
قيد الفحص	$2\ x_1 + 4\ x_2 \leq 1000$
شرط عدم سلبية المتغيرات	$x_1 \geq 0$
	$x_2 \geq 0$

*جدول مساعد للحل:

	خط التجميع	خط التشطيب	مركز الفحص	الربح
X_1	30	10	2	600
X_2	12	8	4	300
المتاحات	600	2600	1000	

مثال رقم (2-2): صياغة نموذج البرمجة الخطية في حالة التدنية (Min)

الاحتياجات الأسبوعية من الحديد لثلاث مصانع من ايليزي، عين صالح وادرار هي على التوالي 400، 500 و300 طن. تزود أسبوعيا هذه المصانع ب 500 طن من الحديد يتم نقلها من ميناء الجزائر، وب 700 طن من الحديد يتم نقلها من ميناء وهران.

بعد القيام بالدراسات تبين ان تكاليف النقل من الموانئ الى المصانع موضحة في الجدول التالي:

الميناء	ايليزي	عين صالح	ادرار
الجزائر	700	600	1000
وهران	800	900	700

المطلوب: اكتب البرنامج الخطي المرتبط بخطة النقل.

حل المثال رقم (2-2):

1- تحديد المتغيرات:

x_{11} : كمية الحديد المنقولة من الجزائر الى ايليزي

x_{12}: كمية الحديد المنقولة من الجزائر الى عين صالح

x_{13}: كمية الحديد المنقولة من الجزائر الى ادرار

x_{21}: كمية الحديد المنقولة من وهران الى ايليزي

x_{22}: كمية الحديد المنقولة من وهران الى عين صالح

X_{23}: كمية الحديد المنقولة من وهران الى ادرار

2- صياغة دالة الهدف:

$$\mathbf{Min\ Z = 700\ x_{11}+600\ x_{12}+1000\ x_{13}+800\ x_{21}+900\ x_{22}+700\ x_{23}}$$

3- صياغة القيود:

قيود العرض

$$\begin{cases} x_{11}+ x_{12} + x_{13} = 500 \\ x_{21} + x_{22}+ x_{23} = 700 \end{cases}$$

قيود الطلب

$$\begin{cases} x_{11}+ x_{21} = 400 \\ x_{12} + x_{22}= 500 \\ x_{13} + x_{23}= 300 \end{cases}$$

شرط عدم السلبية $x_{11}\geq 0$, $x_{12}\geq 0$, $x_{13}\geq 0$, $x_{21}\geq 0$, $x_{22}\geq 0$, $x_{23}\geq 0$

مثال رقم (3-2):

تنتج مؤسسة الفتح ثلاث منتجات P_1، P_2، P_3 استعمالا للأجزاء A و B، بحيث ان وحدة واحدة من P_1 تتطلب وحدتين من A ووحدة من B، ووحدة واحدة من P_2 تتطلب 3 وحدات من A ووحدة من B، كما ان وحدة واحدة من P_3 تتطلب 3 وحدات من B فقط.

يحتاج انتاج A و B للمواد الأولية M_1 و M_2 بالنسب التالية: وحدة واحدة من A تتطلب 1 كغ من M_1 و 3 كغ من M_2، ووحدة واحدة من B تتطلب 3 كغ من M_1 و 1 كغ من M_2. للمؤسسة مخزون بكمية 4000 كغ من M_1 و6000 كغ من M_2. وتتم عملية الانتاج في ورشتين بحيث: يشتغل في الورشة الأولى 10 عمال لمدة 8 ساعات في اليوم و30 يوم في الشهر، ويشتغل في الورشة الثانية 20 عامل لمدة 8 ساعات في اليوم و30 يوم في الشهر.

يحتاج المنتج P_1 الى 20% من وحدة النشاط (عدد العمال) في الورشة الأولى و20% من وحدة النشاط في الورشة الثانية، و يحتاج المنتج P_2 الى 50% من وحدة النشاط في الورشة الأولى و10% من وحدة النشاط في الورشة الثانية، كما يحتاج المنتج P_3 الى 10% من وحدة النشاط في الورشة الأولى و15% من وحدة النشاط في الورشة الثانية.

متطلبات السوق بالنسبة للمنتجات الثلاثة هي كالتالي: 200 وحدة بالنسبة للمنتج الأول شهريا، 100 وحدة بالنسبة للمنتج الثاني شهريا و500 وحدة بالنسبة للمنتج الثالث شهريا.

مبيعات المؤسسة كالتالي: 500 دينار بالنسبة للمنتج الأول، 700 دينار للمنتج للمنتج الثاني و800 دينار للمنتج الثالث.

تقدر التكاليف الاجمالية ب 200 دينار للمنتج الأول، 200 دينار للمنتج الثاني و300 دينار للمنتج الثالث.

المطلوب: كتابة البرنامج الخطي المناسب لهذه المشكلة.

حل التمرين رقم (3-2):

1- تحديد المتغيرات:

x_1 : عدد الوحدات المنتجة من P_1 شهريا.

x_2 : عدد الوحدات المنتجة من P_2 شهريا.

X_3: عدد الوحدات المنتجة من P_3 شهريا.

2- صياغة دالة الهدف:

$$\mathbf{Max\ Z = (500 - 200)\ x_1 + (700 - 200)\ x_2 + (800 - 300)\ x_3}$$

$$\mathbf{Max\ Z = 300\ x_1 + 500\ x_2 + 500\ x_3}$$

3 - صياغة القيود:

	A	B
P_1	2	1
P_2	3	1
P_3	0	3

$P_1 = 2A + B$

$P_2 = 3A + B$

$P_3 = 3\ B$

	M_1	M_2
A	1	3
B	3	1
	4000	6000

$A = M_1 + 3M_2$

$B = 3M_1 + M_2$

$P_1 = 2(M_1 + 3M_2) + 3M_1 + M_2$

$P_1 = 5M_1 + 7M_2$

$P_2= 3(M_1 + 3M_2) + 3M_1 + M_2$

$P_2= 6M_1 +10\ M_2$

$P_3= 3(M_1 + 3M_2)$

$P_3= 9M_1 + 3M_2$

من خلال كل ما سبق يمكن استخلاص الجدول التالي الذي يبين العلاقة بين المنتجات النهائية والمواد الأولية.

	M_1	M_2
P_1	5	7
P_2	6	10
P_3	9	3
كمية المخزون	4000	6000

ومنه تكون القيود على الشكل التالي:

$$\begin{cases} 5X_1+ 6x_2 +9\ x_3 \leq 4000 \\ 7X_1+ 10x_2 +3\ x_3 \leq 6000 \end{cases}$$

الورشات:

	الورشة 1	الورشة 2
P_1	2 100/(10 X20)	4 100/(20X20)
P_2	5 100/(10X50)	2 100/(20X10)
P_3	1 100/(10X10)	3 100/(20X15)
الطاقة العمالية	2400 (10.8.30)	4800 (20.8.30)

ومنه تكون القيود على الشكل التالي:

$$\begin{cases} 2X_1+ 5x_2 + x_3 \leq 2400 \\ 4X_1+ 2x_2 +3\ x_3 \leq 4800 \end{cases}$$

قيود متطلبات السوق:

$$\begin{cases} x_1 \geq 200 \\ x_2 \geq 100 \\ X_3 \geq 500 \end{cases}$$

قيود عدم سلبية المتغيرات:

$$\begin{cases} x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \\ X_3 \geq 0 \end{cases}$$

ومنه يكون البرنامج الخطي الكلي كما يلي:

$$\textbf{Max Z} = \mathbf{300\ x_1 + 500\ x_2 + 500\ x_3}$$

$$\begin{cases} 5X_1 + 6x_2 + 9\ x_3 \leq 4000 \\ 7X_1 + 10x_2 + 3\ x_3 \leq 6000 \\ 2X_1 + 5x_2 + x_3 \leq 2400 \\ 4X_1 + 2x_2 + 3\ x_3 \leq 4800 \\ x_1 \geq 200 \\ x_2 \geq 100 \\ X_3 \geq 500 \\ x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \\ X_3 \geq 0 \end{cases}$$

مثال رقم (4-2):

نريد استغلال منطقة فلاحية، حيث هناك إمكانية زراعة منتجين هما التمر والقمح، والجدول التالي يلخص معطيات هذه الزراعة لكل هكتار.

البيان	التمر	القمح
المردودية بالقنطار في الهكتار الواحد	75	25
سعر بيع القنطار	60 دج	60 دج
تكاليف الاستغلال للهكتار	3500 دج	300 دج
اليد العاملة الضرورية (عدد العمال)	1	2
الماء الضروري للسقي (م^3 في السنة)	14000	6000

إذا علمت ان المتاحات لمختلف عناصر الإنتاج هي كالتالي:

الأرض 900 هكتار، اليد العاملة 1200 عامل، الماء 1400000 م^3 / السنة.

المطلوب: تحديد المساحة المخصصة لكل زراعة، علما بان هذه المنطقة منحت لتعاونية هدفها تعظيم الربح.

حل التمرين رقم (4-2):

1- تحديد المتغيرات:

x_1 : المساحة المخصصة لزراعة التمر.

x_2 : المساحة المخصصة لزراعة القمح.

2 - **صياغة دالة الهدف:**

الربح = سعر البيع – التكاليف

ربح (التمر) = (75 x 60) – 3500 = 1000

ربح (القمح) = (25 x 60) – 300 = 1200

$$\mathbf{Max\ Z = 1000\ x_1 + 1200\ x_2}$$

3- صياغة القيود:

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \leq 100 \\ x_1 + 2x_2 \leq 1200 \\ 14000x_1 + 16000x_2 \leq 14000000 \\ x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0 \end{cases}$$

المحور الثالث:

تطبيق أسلوب شجرة القرار في مجال التسويق

تعد عملية اتخاذ القرار من الوظائف الرئيسية في الإدارة بصفة عامة والإدارة التسويقية على وجه الخصوص، وغالبا ما تكون هذه العملية صعبة، لأنها تعتمد على تحليل البدائل والخيارات الممكنة، للتنبؤ وتقديم حلول لمشاكل مستقبلية، في ظروف المخاطرة وعدم التأكد. ويعتبر أسلوب شجرة القرار من الأساليب الرياضية القوية التي تساعد في اتخاذ القرار الأمثل، وتستخدم في تحليل العديد من المشكلات التسويقية مثل طرح منتج جديد، دخول سوق جديدة، التوسع في الأسواق، الترويج، الأسعار...الخ.

أولا: مفهوم شجرة القرار

يمثل أسلوب شجرة القرار في هيئة شجرة، على اعتبار ان عملية اتخاذ القرار تتفرع وتتشعب في اكثر من اتجاه، كما هو الحل بالنسبة لتشعب اغصان الشجرة. فشجرة القرار هي أداة مساعدة في عرض وتحليل المشاكل التي تحتاج لاتخاذ قرار واحد من بين مجموعة من البدائل الممكنة في ظروف المخاطرة.

ويمكن تعريف شجرة القرار على انها "تمثيل بياني لعملية صنع القرار لحل مشاكل متعلقة باختيار أعظم ربح يمكن تحقيقه او اقل تكلفة يمكن تحملها، وتعرض فيه الاستراتيجيات وحالات الطبيعة والعوائد بشكل يسهل مراحل اتخاذ القرار الأمثل".[1]

وتعرف أيضا على انها "أسلوب كمي تصويري وبياني للعناصر والعلاقات التي تتكون منها المشكلة، وذلك في ظل ظروف المخاطرة المختلفة لحالات الطبيعة، مع تحديد المواقف التي تواجه متخذ القرار، واحتمال تحقيق كل موقف".[2]

ومن خلال هذه التعاريف يمكن القول ان لأسلوب شجرة القرار أهمية كبيرة في اتخاذ القرارات ويوفر العديد من المزايا منها:[3]

- يمكن التعبير عن البدائل المعقدة بسرعة وبشكل واضح، ويمكن بسهولة التعديل في شجرة القرار كلما توافرت المعلومات الجديدة.
- يمكن مقارنة البدائل حتى من دون استكمال المعلومات من حيث المخاطر والقيمة المحتملة.

[1] – نجم عبود نجم، مدخل الى الأساليب الكمية "النماذج المؤكدة"، دار الوراق للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، 2023، ص141.

[2] – عبد السلام عبد اللاوي، محاضرات في اقتصاديات صنع القرار، مطبوعة جامعية، جامعة الجيلالي نونعامة خميس مليانة، الجزائر، 2020/ 2021، ص31.

[3] – بن زخروفة بوعلام، عطية العربي، دور شجرة القرار في تحسين القرارات التسويقية "دراسة حالة شركة الاصنامية الخاصة بتصنيع وتسويق المشروبات الغازية، لسنة 2015، مجلة العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية، العدد 17، الجزائر ، 2017، ص473.

- يمكن استخدام أسلوب شجرة القرار بالتزامن مع الأساليب الأخرى للإدارة واتخاذ القرارات.
- يعالج المشاكل ضمن رؤية مستقبلية طويلة ومتوسطة الاجل.

ثانيا: عناصر اتخاذ القرار في أسلوب شجرة القرار

حسب نظرية القرار، تقوم عملية اتخاذ القرار على العناصر التالية:

*البدائل: هي الخيارات المقدمة لحل المشكلة قيد الدراسة.

*حالات الطبيعة: هي مجموع الاحداث التي تؤثر على المشكلة المطروحة، وليس لمتخذ القرار سلطة او تأثير عليها، كحالة الاقتصاد الوطني، القرارات الحكومية، حالة السوق، حالة الطلب ...الخ.

*الاحتمالات: يتم تحديد نسب احتمالية لحدوث كل حالة من حالات الطبيعة مع مراعاة ان تكون مجموع هذه القيم الاحتمالية مساوية للواحد (100%) لكل بديل.

*النتائج (العائد): وتعبر عن قيمة الربح او التكلفة المتوقعة لكل بديل مرتبط لكل حالة من الحالات.

ثالثا: خطوات رسم شجرة القرار

عند رسم شجرة القرار نبدأ من اليسار الى اليمين، وذلك باتباع الخطوات التالية:[1]

- تحديد المشكلة ووضع عقدة القرار.
- تحديد البدائل المتاحة وحالات الطبيعة الخاصة بها.
- ترتيب هذه البدائل والحالات الطبيعة حسب تعاقبها الزمني المنطقي.
- تحديد احتمالات حدوث حالات الطبيعة.
- تحديد النتيجة المتوقعة لكل فرع من فروع الاحداث وكتابتها عند نهاية الفرع.
- تحديد البديل الأمثل الذي يحقق أعظم ربح أو أدنى تكلفة.

[1] – بن جلول خالد، مطبوعة بيداغوجية في نظرية اتخاذ القرار، مطبوعة جامعية، جامعة 08 ماي 1945 قالمة، الجزائر 2018 /2019، ص53.

رابعا: الهيكل العام لشجرة القرار (التمثيل البياني لشجرة القرار)

تتكون شجرة القرار من العناصر التالية:[1]

***عقدة القرار**: وهي تمثل النقطة التي عندها يجب ان يتخذ القرار، باختيار أحد البدائل المتاحة، ويرمز لها بمربع.

***عقدة الحدث (الفرصة)**: وهي النقطة التي تظهر فيها الفرص او حالات الطبيعة التي تواجه كل بديل من البدائل المتاحة، ويرمز لها بدائرة.

***فروع القرار**: هي عبارة عن مستقيمات او خطوط تنبثق من عقدة القرار، حيث يمثل كل خط بديل معين من مجموعة البدائل الممكنة.

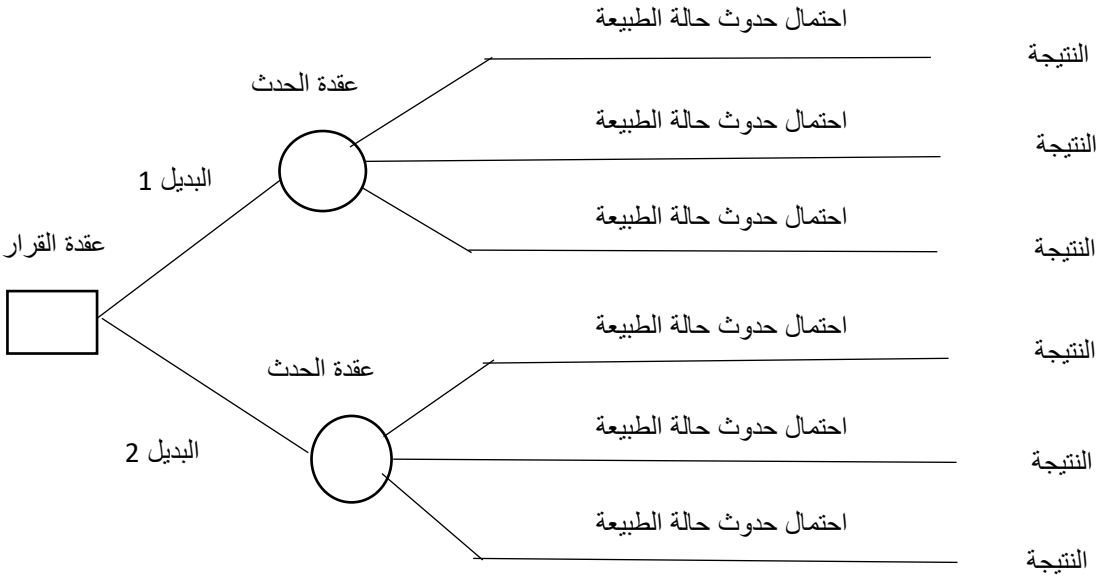
***فروع الاحداث**: هي عبارة عن خطوط تنبثق من عقدة الحدث، وتدون عليه حالات الطبيعة التي يمثلها مع احتمال وقوعها.

***العائد**: هي القيم التي نتحصل عليها عند تبني بديل معين، وتوضع في نهاية الفروع الخاصة بكل حالة طبيعة.

والشكل الموالي يوضح الهيكل العام لشجرة القرار.

[1] – نجم عبود نجم، مرجع سبق ذكره، ص141.

الشكل رقم (2): الهيكل العام لشجرة القرار



المصدر: بن جلول خالد، مطبوعة بيداغوجية في نظرية اتخاذ القرار، مطبوعة جامعية، جامعة 08 ماي 1945 قالمة، الجزائر 2018 /2019، ص53.

خامسا: أنواع شجرة القرار

تبدأ شجرة القرار بعقدة قرار واحدة، ولكن يمكن ان تشمل في فروعها على عقد قرار أخرى، لذا نميز بين نوعين من شجرة القرار هي:[1]

1- شجرة القرار وحيدة القرار: هي الشجرة التي تتضمن نقطة قرار واحدة فقط أكثر من نقطة للأحداث محتملة ويتم اتخاذ القرار في مرحلة واحدة، وهي تعتبر ساكنة عبر الزمن ويتم المفاضلة بين البدائل المختلفة على أساس معيار أفضل قيمة متوقعة.

2- شجرة القرار ذات القرارات المتتابعة: وهي التي تتضمن عدة نقاط قرار، حيث تشمل على اتخاذ سلسلة من القرارات المتعاقبة ويتم المفاضلة على أساس أفضل قيمة متوقعة.

[1] - بن جلول خالد، مرجع سبق ذكره، ص53.

سادسا: تحليل شجرة القرار

بعد الانتهاء من رسم شجرة القرار، نقوم بتحليل هذه الشجرة ولكن بالاتجاه المعاكس، أي من اليمين الى اليسار، وذلك باتباع الخطوات التالية:

1- حساب القيمة المالية (النقدية) المتوقعة (EMV): وهي الإيرادات او التكاليف لكل بديل، حيث:

$$\mathbf{EMV}= \sum_{i=1}^{n} ei\ P(ei)$$

ei: نتيجة حدوث حالة الطبيعة

P(ei): احتمال حدوث حالة الطبيعة

i: عدد حالات الطبيعة

ملاحظة: في حالة وجود تكاليف مرتبطة بالبديل، لابد من طرح قيمتها من القيمة المالية المتوقعة، من اجل الحصول على صافي القيمة المالية المتوقعة، ويتم وضع هذه القيم بجانب او فوق العقدة المرتبطة بها.

2- المقارنة بين هذه القيم واختيار أفضلها، والتي تكون أكبر قيمة في حالة دراسة الأرباح واقل قيمة في حال دراسة التكاليف، ويتم وضع هذه القيمة بجانب عقدة القرار.

3- عند وجود اكثر من نقطة قرار في شجرة القرا، فأننا نقوم بتطبيق نفس الخطوتين السابقين لاتخاذ القرار المناسب، ومن ثم نستخدم نتائج هذه القرارات للاستمرار والتوصل الى القرار النهائي، ونستثني البدائل غير المناسبة، ويتم تمثيل ذلك على الشجرة بوضع خطين متوازيين (//) على الفرع المرتبط بالبديل المرفوض.

مثال رقم (1-3):

تسعى مؤسسة Z التجارية الى تسويق منتج جديد خلال السنة القادمة في أحد السوقين التاليين:

الوحدة (دج)	سوق1: الشرق الجزائري	سوق 2: الغرب الجزائري
المبيعات المتوقعة	2100	1680
التكاليف الثابتة	63000	58000
التكاليف المتغيرة للوحدة	25	20

إذا علمت انه يمكن بيع الوحدة الواحدة في كل سوق اما:

بسعر 80دج بنسبة حدوث 0.34.

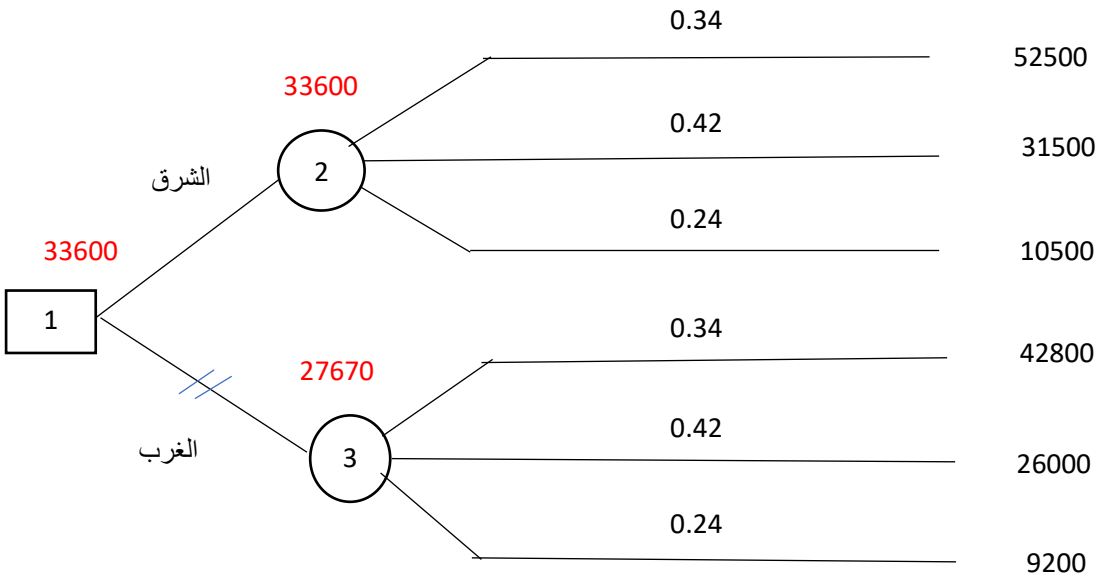
او بسعر 70دج بنسبة حدوث 0.42.

او بسعر 60 دج بنسبة حدوث 0.24.

المطلوب: ارسم شجرة القرار، وحدد القرار المناسب.

حل المثال رقم (1-3):

*رسم شجرة القرار:



*تحديد القرار المناسب:

الربح المتوقع = (الكمية x السعر) – (تكاليف ثابتة + تكاليف متغيرة x الكمية)

الربح (1) = (2400x80) – (63000+ (25x2100)) = 52500

الربح (2) = (2100x70) – (63000 + (25x2100)) = 31500

ويتم حساب كل الأرباح المتوقعة بنفس الطريقة.

– حساب القيمة النقدية المتوقعة:

EMV(2) = (52500x0.34) + (31500x0.42) + (10500x0.24) = 33600

EMV(3) = (42800x0.34) + (26000x0.42) + (9200x0.24) = 27670

D(1) = Max (EMV(2), EMV(3)) = EMV(2)

D(1) = 33600

*اتخاذ القرار: اختيار سوق الشرق الجزائري الذي يحقق عائد قدره 33600 دج.

مثال رقم (2–3):

يفكر مدير التسويق في إحدى المؤسسات في طرح منتج جديد في السوق من بين المنتجين (P1 أو P2)، بعد الدراسة ظهر أن هناك منافسة يمكن أن يواجهها المنتج الجديد، ومن المتوقع أن يكون نمو المنتج الجديد إما سريعا أو محدودا، وأن النتائج يمكن أن تكون في الفترة الأولى كالأتي:

الوحدة: مليون دج	حالات الطبيعة	
	نمو سريع	نمو محدود
الاحتمال	0.65	0.35
الارباح المتوقعة ل P1	210	70
الارباح المتوقعة ل P2	200	60

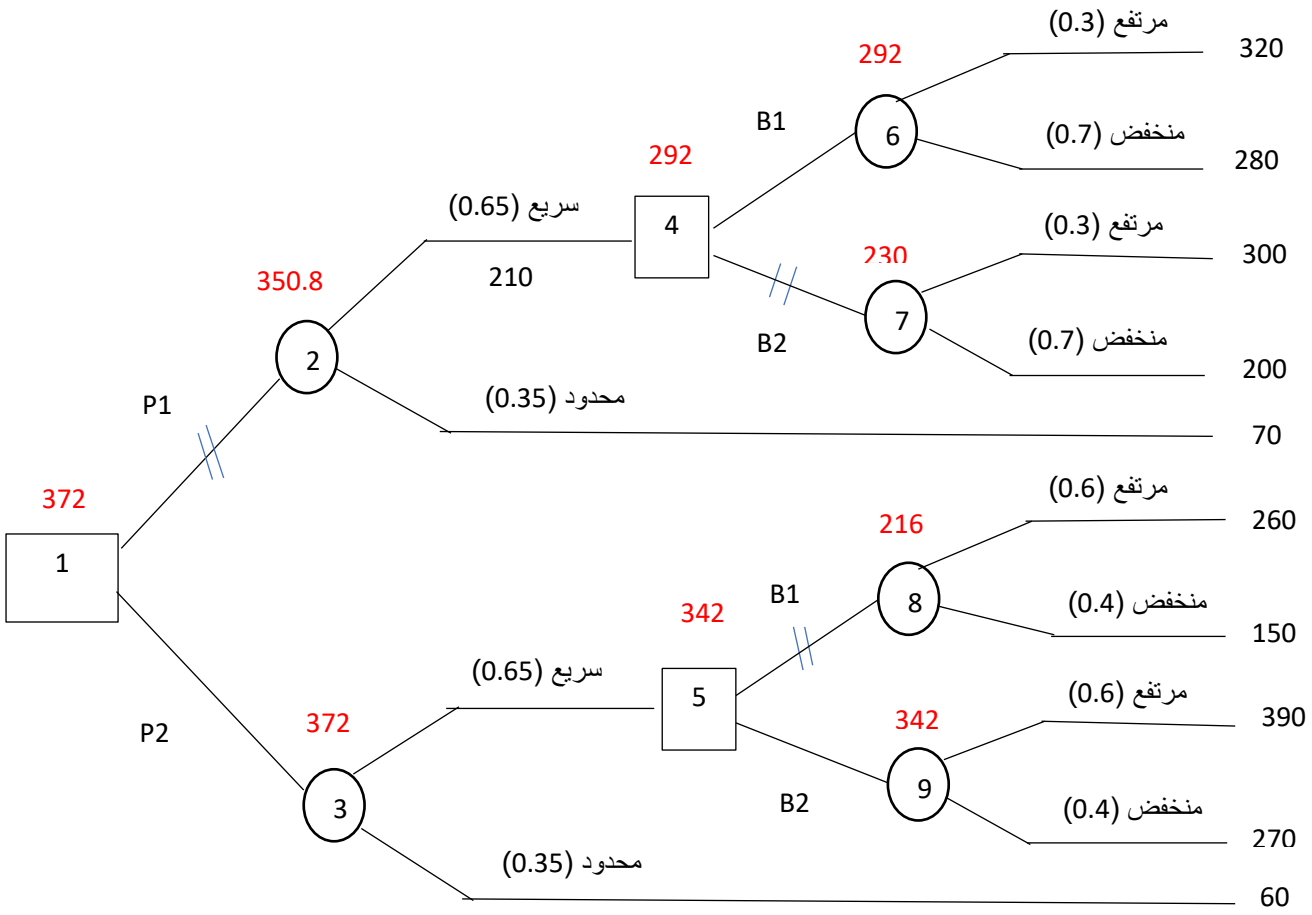
كما أقر مدير التسويق بإمكانية التوسع في حالة النمو السريع بتبني احد البديلين (B1 : العمل على تغطية كل الطلب الداخلي أوB2 : التصدير) و الاعتماد على البديل الذي يمكن أن يعطي عوائد اكبر، ومن المتوقع أن تكون النتائج كما يلي:

الوحدة : مليون دج	المنتج P1		المنتج P2	
	طلب مرتفع	طلب منخفض	طلب مرتفع	طلب منخفض
الاحتمال	0.3	0.7	0.6	0.4
العوائد المتوقعة لB1	320	280	260	150
العوائد المتوقعة لB2	300	200	390	270

المطلوب: تحديد القرار الأمثل باستخدام أسلوب شجرة القرار.

حل المثال رقم (2-3):

*رسم شجرة القرار:



*حساب القيمة النقدية المتوقعة:

EMV(6) = (320x0.3) + (280x0.7) = 292

EMV(7) = (300x0.3) + (200x0.7) = 230

D(4) = 292

EMV(8) = (260x0.6) + (150x0.4) = 216

EMV(9) = (390x0.6) + (270x0.4) = 342

D(5) = 342

EMV(2) = ((210+ 292)x0.65) + (70x0.35) = 350.8

EMV(3) =((342+ 200)x0.65) + (60x0.35) = 372

D(1) = 372

*القرار الأمثل هو طرح المنتج الجديد P2، مع التوسع في البديل B2 (التصدير).

مثال رقم (3-3):

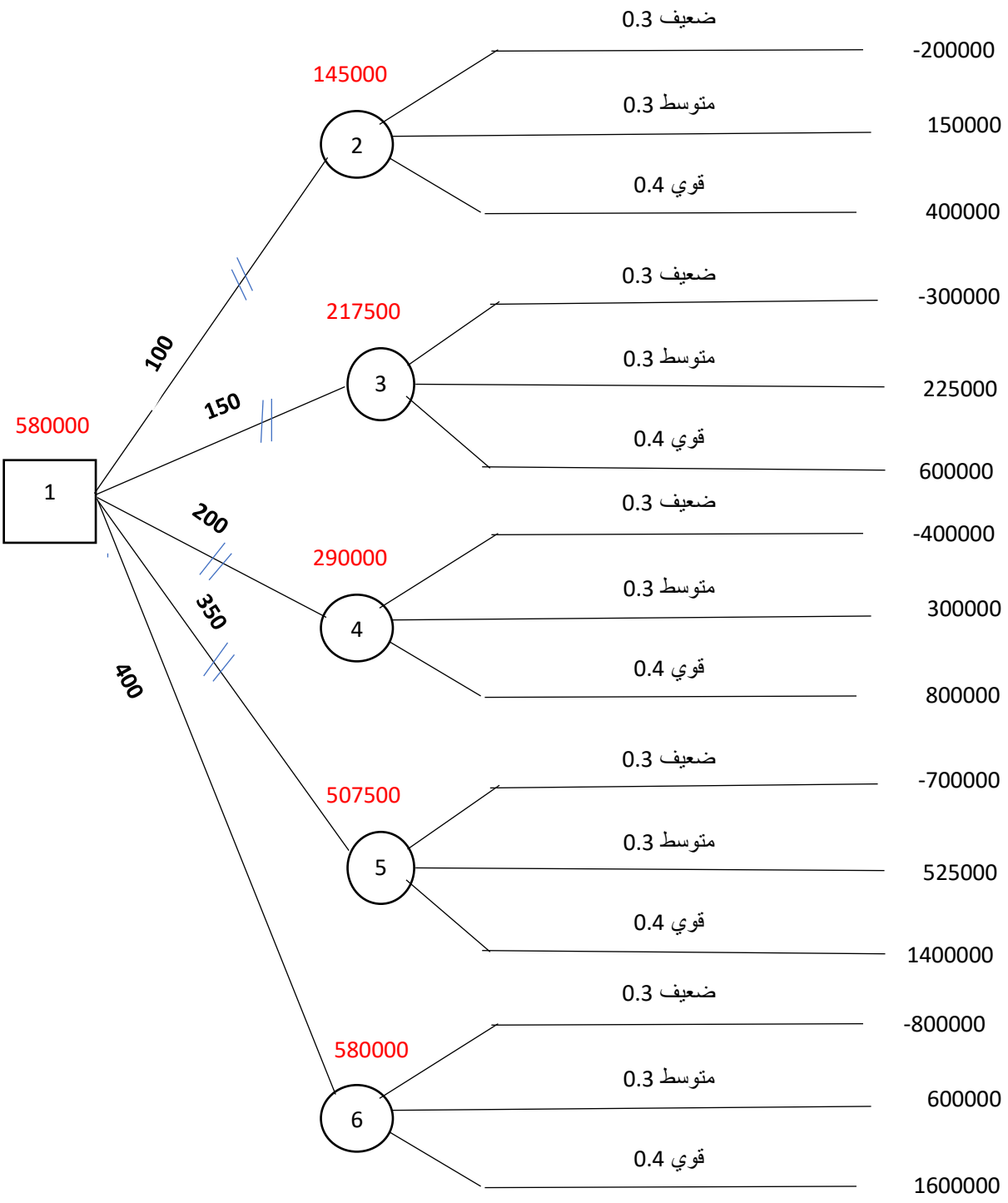
تريد مؤسسة مختصة في صناعة السيارات ان تأخذ قرارا يخص كمية السيارات التي سوف تسوقها الى الخارج، من بين خمس كميات وهي 100، 150، 200، 350، 400 سيارة. ولم يكن معروفا لدى المؤسسة المستوى الدقيق الذي سيكون عليه الاقبال على شراء السيارات في السوق الخارجية. ولكن في كل الأحوال هذا الاقبال له ثلاث حالات ممكنة وهي: ضعيف، متوسط وقوي. فاذا كان الاقبال ضعيفا فالمؤسسة سوف تخسر 2000 دج عن كل سيارة، وان كان الاقبال متوسطا فسوف تربح المؤسسة 1500 دج عن كل سيارة، اما اذا كان الاقبال قويا فسوف تربح المؤسسة 4000 دج عن كل سيارة.

الاحتمالات كي يكون الاقبال ضعيفا او متوسطا او قويا هي على التوالي 0.3، 0.3، 0.4.

المطلوب: ما هو القرار الأنسب للمؤسسة باستخدام أسلوب شجرة القرار.

حل المثال رقم (3):

*رسم شجرة القرار:


580000
1
100
150
200
350
400
145000
2
217500
3
290000
4
507500
5
580000
6
ضعيف 0.3
متوسط 0.3
قوي 0.4
-200000
150000
400000
-300000
225000
600000
-400000
300000
800000
-700000
525000
1400000
-800000
600000
1600000

*حساب القيمة النقدية المتوقعة:

EMV(2) = −6000 + 45000 + 120000 = 145000

EMV(3) = −90000 + 67500 + 240000 = 217500

EMV(4) = −180000 + 135000 + 480000 = 290000

EMV(5) = −210000 + 157500 + 560000 = 507500

EMV(6) = −240000 + 180000 + 640000= 580000

D(1) = 580000

*القرار الأمثل هو تسويق الى الخارج 400 سيارة.

المحور الرابع:

تحليل الصراع في السوق (نظرية الالعاب "المباريات")

تعد نظرية الالعاب والتي تسمى أيضا نظرية المباريات من أكثر أساليب بحوث العمليات الملائمة لدراسة مواقف المنافسة والصراع، وهي الحالة التي يواجه فيها متخذ القرار منافس يؤثر بقراراته على اعمال متخذ القرار، وتتميز تلك الحالة بأن كل منافس يحاول تحقيق أقصى فائدة له، التي تتعارض مع مصلحة المنافس الاخر.

وقد تطورت نظرية الألعاب بشكل كبير بفضل أبحاث العالم Von Neuman (فون نيومان) في عام 1928، حيث برهن من خلال تحليلاته أسس نظرية الألعاب وكيفية اتخاذ القرارات. الا ان ابحاثه لم تنشر الا سنة 1944 بالاشتراك مع العالم Oskar Morganstern (اوسكار مورجنسترن)، على شكل كتاب سمي "نظرية الألعاب والسلوك الاقتصادي"Theory of Games and Economic Behavior".

أولا: مفهوم نظرية الألعاب (المباريات)

ان كلمة مباراة تعني حالة الصراع بين شخصين او أكثر، حيث يكون لدى متسابق، لاعب او مشارك بعض السيطرة على نتيجة الصراع وليس كلها.

فنظرية الألعاب هي تحليل رياضي لحالات تضارب المصالح، بغرض الإشارة الى أفضل الخيارات الممكنة لاتخاذ الاستراتيجيات المناسبة، في ظل الظروف المعطاة والتي تؤدي الى الحصول على النتيجة المرغوبة[1].

وتعبر نظرية الألعاب عن مشاركة طرف مع طرف اخر في لعبة استراتيجية، وبالتالي تتأثر العوائد والقواعد بسبب سلوكات المنافس الاخر، وعلى سبيل المثال، من الواضح ان لعبة الشطرنج هي لعبة استراتيجية الربح او الهزيمة او التعادل، لان اللاعب هنا يعتمد كثيرا على الخيارات التكتيكية الخاصة بالمنافسين.[2]

وبشكل اوضح يمكن القول ان نظرية الألعاب هي أداة رياضية تساهم بشكل كفء وفعال في حل المشكلات التي تواجه متخذ القرار، عند قيامه بالبحث عن الاستراتيجية المثلى، في ضوء أسس وقواعد منافسة معروفة مسبقا.

وتجدر الإشارة الى انه سيتم استخدام كلمة "لاعب" او "لاعبين" لتدل عن وجود طرفين متنافسين لهما مصالح متعارضة، فقد يكون المقصود باللاعبين شركتين متنافستين، يطلق على كل شركة لاعب، كما قد يقصد بها دولتين لهما مصالح متعارضة، وهكذا بالنسبة لبقية الحالات ذات المصالح المتعارضة لطرفين مختلفين ويحاول كل طرف من الأطراف إيجاد الاستراتيجية التي من شانها ان تحسن وضعه.

[1] – حياة صغور، نظرية الألعاب الاستراتيجية، مجلة الدراسات العليا، العدد 12، دمشق، سوريا، ص30.

[2] – Thierry Pénard, La Théorie des Jeux Et Les Outils D'analyse Des Comportements Stratégique, Université de Rennes 1, CRE, 2004, p 2

ثانيا: الفرضيات التي تقوم عليها نظرية الالعاب

يقوم نموذج نظرية الألعاب على مجموعة من الافتراضات او شروط تحكم المباراة وهي:[1]

- عدد اللاعبين يكون محدود ولا يمكن ان يكون اقل من اثنين.
- يهدف كل طرف الى تعظيم العائد او تقليل الخسارة الخاصة به.
- قرارات جميع اللاعبين تتخذ في الوقت نفسه.
- نفترض ان يعمل اللاعبين في المباراة بعقلانية، ويحكمهم المنطق في تصرفهم.
- كل طرف من أطراف المباراة يتخذ قراره باستقلالية، وبدون اتصال مباشر مع الطرف الاخر.
- لكل لاعب عدد محدود من البدائل المتاحة التي يختار بينها.
- معرفة كل طرف من الأطراف بكل المعلومات ذات العلاقة بالمباراة (معرفة كل طرف بالاستراتيجيات المتاحة للطرف الاخر، وكذا النتائج والعوائد).

ثالثا: المصطلحات المستخدمة في نظرية الألعاب

هناك مجموعة من المفاهيم او المصطلحات متعلقة بنظرية المباريات او الألعاب وهي:[2]

1- اللاعبون: وهم الأطراف الذين يلعبون المباراة، وقد يكون اللعب شخص طبيعي، كما يمكن ان يكون ذات صفة معنوية.

2- المباراة: وهي سلسلة من الخيارات التي تقود الى اتخاذ القرار ونهاية المباراة.

3- الاستراتيجية: هي مجموعة من الخطط والخطوات التي يتم من خلالها تحقيق اهداف جهة معينة في تعظيم أرباحها أو تدنية خسائرها.

4- مصفوفة الدفع (العائد): هي المصفوفة او الجدول الذي يبين المدفوعات التي يجب على اللاعب الخاسر دفعها الى اللاعب الرابح في نهاية المباراة.

5- عائد الاستراتيجية: يمثل النتائج المترتبة عن اتباع استراتيجية معينة، ويشار الى الربح بعدد موجب والى الخسارة بعدد سالب.

---

[1] – حامد سعد الشمرتي، مرجع سبق ذكره، ص378.

[2] – قويدر بورقبة، محاضرات في نظرية اتخاذ القرار، جامعة زيان عاشور الجلفة، الجزائر، 2019/2018، ص103.

رابعا: المباراة الثنائية الصفرية

المباراة الثنائية الصفرية هي مباراة بين لاعبين فقط، والتي يكون فيها عوائد اللاعبين في نهاية المباراة يساوي الصفر، أي ما يربحه اللاعب الأول يخسره اللاعب الثاني. ويتم حل المباراة الثنائية الصفرية باتباع احدى الاستراتيجيتين التاليتين.

1- الاستراتيجية الخالصة او الوحيدة (المطلقة):

في هذه الحالة كل لاعب يجب ان يستخدم استراتيجية واحدة طول الوقت، للوصول الى هدف المباراة الأمثل، ولذلك سميت بالاستراتيجية الوحيدة. ولحل مسائل من هذا النوع، نلجأ الى البحث عما يسمى بنقطة التعادل (نقطة التوازن)، والتي تمثل قيمة المبارة.[1]

مثال رقم (1-4):

بهدف جذب المستهلكين الى نوع معين من العطور النسائية، تتنافس شركتان هما A وB، وكل شركة في اعلاناتها بإمكانها أولا: استخدام التلفاز، وثانيا: استخدام الصحف المحلية، وقد كانت مصفوفة العائد على النحو التالي:

		اللاعب Y (الشركة B)	
		التلفاز Y_1	الصحف Y_2
اللاعب X (الشركة A)	التلفاز X_1	3	0
	الصحف X_2	3	1

المطلوب: تحديد الفائز في المباراة، قيمة المباراة والاستراتيجية المثلى لكل لاعب (شركة).

حل المثال رقم (1-4):

نفترض ان اللاعب الذي يريد ان يبدا اللعب هو اللاعب X، وان الأرقام الموجبة هي ربح له وخسارة للاعب Y، والعكس صحيح.

من خلال معطيات الجدول، نلاحظ انه اذا لعب اللاعب X الاستراتيجية الأولى (X_1) (استخدام التلفاز)، ولعب اللاعب Y الاستراتيجية الأولى (Y_1)، فانه سيربح 3 وحدة نقدية وبالمقابل سيخسر اللاعب Y 3 وحدة نقدية. اما اذا لعب اللاعب X الاستراتيجية الاولى (X_1)، ولعب اللاعب Y الاستراتيجية الثانية (Y_2)، فان اللاعب X لن

[1] – حامد سعد الشمرتي، مرجع سبق ذكره، ص381.

يربح شيء لان القيمة تساوي 0، لذا فانه من المنطقي انه اللاعب Y يريد تدنية الخسارة الى اقل ما يمكن، فانه سيلعب الاستراتيجية (Y_2).

وفي حال لعب اللاعب X الاستراتيجية (X_2) واللاعب Y سيلعب الاستراتيجية (Y_1)، في هذه الحالة سيخسر هذا الأخير 3 وحدات لصالح اللاعب X، اما اذا لعب اللاعب Y الاستراتيجية (Y_2)، ففي هذه الحالة سيخسر وحدة واحدة.

ولغرض استخراج نقطة التعادل (الاستقرار) نتبع الخطوات التالية:[1]

- نستخرج اقل قيمة في كل صف من صفوف المصفوفة.
- نستخرج اكبر قيمة في كل عمود من أعمدة المصفوفة.
- نحدد اكبر قيمة من القيم المستخرجة من الصفوف.
- نحدد اقل قيمة من القيم المستخرجة من الاعمدة.
- اذا تساوت القيمتين المستخرجتين، فهذا يعني وجود نقطة استقرار.

		اللاعب Y (الشركة B)		
		التلفاز Y_1	الصحف Y_2	Maximin
اللاعب X (الشركة A)	التلفاز X_1	3	0	0
	الصحف X_2	3	1	1
Minimax		3	1	

نلاحظ ان: Maximin = Minimax = 1

هناك رقم مشترك، هذا يعني انه توجد نقطة تعادل، وان المباراة ذات استراتيجية وحيدة وخالصة، يلتزمها اللاعب طيلة فترة المباراة.

*قيمة المباراة (V) هي 1 لصالح اللاعب X (الشركة A).

[1] – قويدر بورقبة، مرجع سبق ذكره، ص111.

بما ان قيمة المباراة V = 1، وهي قيمة موجبة، فهذا يعني ان اللاعب B يخسر قيمة نقدية واحدة ويدفعها للاعب A. اذا الفائز في المباراة هو اللاعبX.

*الاستراتيجية المثلى للشركة A هي الاستراتيجية X_2 (الإعلان في الصحف)، والاستراتيجية المثلى للشركة B هي Y_2 (الإعلان في الصحف).

مثال رقم (2-4):

اشترك اللاعبان A و B في مباراة معينة، اللاعب A لديه ثلاثة استراتيجيات وهي: X_1 ، X_2 ، X_3 واللاعب B لديه استراتيجيتين وهي: Y_1 ، Y_2، وكان العائد كالتالي:

استراتيجيات اللاعب A		استراتيجيات اللاعب B	
		Y_1	Y_2
	X_1	-3	3
	X_2	-2	4
	X_3	2	3

المطلوب: اوجد الإستراتيجية المثلى لكل لاعب وقيمة المباراة والفائز فيها.

حل المثال رقم (2-4):

استراتيجيات اللاعب A		استراتيجيات اللاعب B		
		Y_1	Y_2	Maximin
	X_1	-3	3	-3
	X_2	-2	4	-2
	X_3	2	3	2
	Minimax	2	4	

بما انه توجد نقطة تعادل Maximin = Minimax = 2 ، أي على كل لاعب اتباع استراتيجية واحدة فقط للوصول الى هدف المباراة او اللعبة.

*الاستراتيجية المثلى للاعب A هي الاستراتيجية X_3.

*الاستراتيجية المثلى للاعب B هي الاستراتيجية Y_1.

*قيمة المباراة هي: **V = 2**

*الفائز في المباراة هو اللاعب A لان قيمة المباراة موجبة (أي على اللاعب B يخسر 2 وحدة نقدية لصالح اللاعب A).

2- الاستراتيجية المختلطة

المباراة لا يمكن ان تكون في جميع الحالات مستقرة (وجود نقطة تعادل)، واستخدام استراتيجية واحدة لكل لاعب طول فترة المباراة، اذ يمكن ان لا تتوفر المباراة على نقطة استقرار، مما يدعو كلا اللاعبين الى تطوير خليط من الاستراتيجيات التي من شانها الوصول الى الحل الأمثل.[1]

ان عدم تساوي القيمتين Maximin وMinimax، يؤدي الى كون المباراة غير مستقلة، وعلى كل لاعب تغيير الاستراتيجية بين فترة وأخرى، وهنا يجب معرفة احتمال استخدام كل استراتيجية من الاستراتيجيات الممكنة.

ويمكن حل المباراة في حالة الاستراتيجيات المختلطة باستخدام عدة طرق، تختلف باختلاف حجم مصفوفة الدفع، وهي:

- الطريقة الجبرية.
- الطريقة الحسابية.
- طريقة الرسم البياني.
- طريقة البرمجة الخطية.

وتجدر الإشارة الى اننا سنتطرق الى اهم هذه الطرق وهي الطريقة الجبرية والطريقة الحسابية.

[1] – حسين محمود الجنابي، الاحدث في بحوث العمليات، الطبعة الأولى، دار الحامد للنشر والتوزيع، عمان ، الأردن، 2010، ص238.

أ- الطريقة الجبرية:

تستخدم هذه الطريقة في حالة عدم وجود نقطة تعادل، وبشرط ان تكون المباراة بين لاعبين فقط وكل لاعب له استراتيجيتين فقط، أي ان هذه الطريقة تطبق على مصفوفة الدفع من الحجم 2 X 2.

عندما لا يمكن الحصول على نقطة التعادل، على اللاعب A خلط الاستراتيجيتين باحتمال X_1 للاستراتيجية الأولى و $x_2 = 1 - x_1$ بالنسبة للاستراتيجية الثانية، كما ان وقت المباراة سيقسم الى جزئين، وقت مخصص للاستراتيجية الأولى والوقت المتبقي يخصص للاستراتيجية الثانية.

ونفس الشيء بالنسبة للاعب B.

مثال رقم (3-4):

إليك مصفوفة العوائد التالية لإحدى المباريات بين اللاعبين A و B:

		اللاعب B	
		Y_1	Y_2
اللاعب A	X_1	-3	7
	X_2	6	1

المطلوب: بالاعتماد على الطريقة الجبرية، اوجد قيمة المباراة والاستراتيجيات المثلى التي يجب أن يتبعها اللاعبان A و B، وكذا الفائز في المباراة.

حل المثال رقم (3-4):

		اللاعب B		
		Y_1	Y_2 $1-Y_2$	Maximin
اللاعب A	X_1	-3	7	-3
	X_2 $1-X_1$	6	1	1
	Minimax	6	7	

***إيجاد نقطة التعادل:**

نلاحظ انه لا توجد نقطة تعادل. Maximin ≠ Minimax، ولهذا لا يمكن للاعبين الاعتماد على الاستراتيجية الخالصة او الوحيدة، بل على كل لاعب الخلط بين الاستراتيجيتين، أي الاعتماد على الاستراتيجية المختلطة.

- احتمال ان يلعب اللاعب A الاستراتيجية الأولى هي X_1 والاستراتيجية الثانية هي $x_2 = 1 - x_1$
- احتمال ان يلعب اللاعب B الاستراتيجية الأولى هي X_1 والاستراتيجية الثانية هي $Y_2 = 1 - Y_1$

***تحديد العائد بالنسبة للاعب A واللاعب B:**

$$-3\ X_1+6(1-x_1) = -9x_1+6 \quad \text{.....} (1)$$

وتعني هذه المعادلة قيمة اللعبة (المباراة) للاعب A عندما يلعب اللاعب B الاستراتيجية الأولى.

$$7\ X_1+ (1-x_1) = 6x_1+1 \quad \text{.....} \quad (2)$$

وتعني هذه المعادلة قيمة اللعبة للاعب A عندما يلعب اللاعب B الاستراتيجية الثانية.

وسواء اللاعب B اخيار الاستراتيجية Y_1 او Y_2، فان قيمة المباراة للاعب A هي واحدة، وهذا معناه تساوي المعادلتين (1) و (2).

أي: $-9x_1+6 = 6x_1+1$

$$X_1 = \frac{1}{3}$$

هذا يعني ان اللاعب A يجب ان يستخدم الاستراتيجية X_1 بمقدار $\frac{1}{3}$.

$$x_2 = 1 - x_1$$

$$x_2 = 1 - \frac{1}{3}$$

$$x_2 = \frac{2}{3}$$

هذا يعني ان اللاعب A يجب ان يستخدم الاستراتيجية X_2 بمقدار $\frac{2}{3}$.

وتكون قيمة المباراة بتعويض قيمة الاحتمال بإحدى المعادلتين (1) و (2).

$$-9x_1+6 = -9(\frac{1}{3}) + 6 = 3$$

قيمة المباراة هي V= 3

اما إذا أردنا حل اللعبة بالنسبة للاعب B، نتبع نفس الخطوات السابقة المتعلقة باللاعب A.

$-3Y_1 + 7(1-Y_1) = -10Y_1 + 7$ ..... (1)

$6Y_1 + (1-Y_1) = 5Y_1 + 1$ ..... (2)

نساوي بين المعادلين:

$-10Y_1 + 7 = 5Y_1 + 1$

$Y_1 = \frac{2}{5}$

هذا يعني ان اللاعب B يجب ان يستخدم الاستراتيجية Y_1 بمقدار $\frac{2}{5}$.

$Y_2 = 1 - Y_2$

$Y_2 = \frac{3}{5}$

هذا يعني ان اللاعب B يجب ان يستخدم الاستراتيجية Y_2 بمقدار $\frac{3}{5}$.

نتحصل على قيمة المباراة نفسها بالتعويض في احدى المعادلتين

$-10\left(\frac{2}{5}\right) + 7 = 3$

ملاحظة: يمكن إيجاد قيمة المباراة بضرب قيمة العائد في جدول او مصفوفة الدفع فيما يقابله من احتمال في السطر والعمود.

$$V = -3\left(\frac{1}{3}\right)\left(\frac{2}{5}\right) + 7\left(\frac{1}{3}\right)\left(\frac{3}{5}\right) + 6\left(\frac{2}{5}\right)\left(\frac{2}{3}\right) + \left(\frac{2}{3}\right)\left(\frac{3}{5}\right) = \frac{45}{15} = 3$$

ب- الطريقة الحسابية:

تطبق هذه الطريقة عندما تكون المباراة لا تحتوي على نقطة تعادل، وتكون المباراة بين لاعبين فقط، ولكل لاعب استراتيجيتين فقط، أي ان مصفوفة الدفع تكون من الحجم 2X2.

تقوم هذه الطريقة على مجموعة من الخطوات المتسلسلة وهي:

- نطرح أصغر قيمة في كل الصف من أكبر قيمة في ذلك الصف. (نأخذ الناتج بالقيمة المطلقة).
- نطرح أصغر قيمة في كل عمود من أكبر قيمة في ذلك العمود. (نأخذ الناتج بالقيمة المطلقة).

- نقلب (نبدل) مواقع القيم الناتجة في عملية الطرح السابقة، أي نضع باقي طرح الصف الثاني امام الصف الأول والعكس. وكذا الحال بالنسبة للأعمدة، علما ان مجموع بواقي طرح الاعمدة يجب ان يساوي دائما مجموع طرح الصفوف.
- نضع إشارة (*) الى جانب بواقي الطرح للصفوف والاعمدة للدلالة على ان عملية تبديل المواقع قد تمت.
- تحديد احتمال ترشيح كل استراتيجية (الجزء الخاص من الوقت الذي سيخصص لكل استراتيجية)، بقسمة باقي الطرح بعد تبديل المواقع على مجموع باقي الطرح.

مثال رقم (4-4):

إليك مصفوفة العوائد التالية لإحدى المباريات بين اللاعبين A و B:

		اللاعب B	
		Y_1	Y_2
اللاعب A	X_1	9	3
	X_2	4	6

المطلوب: بالاعتماد على الطريقة الحسابية، اوجد قيمة المباراة والاستراتيجيات المثلى التي يجب أن يتبعها اللاعبان A و B، وكذا الفائز في المباراة.

حل المثال رقم (4-4):

***إيجاد نقطة التعادل:**

		اللاعب B		Maximin
		Y_1	Y_2	
اللاعب A	X_1	9	3	3
	X_2	4	6	4
Minimax		9	6	

نلاحظ انه لا توجد نقطة تعادل. Maximin ≠ Minimax، ولهذا لا يمكن للاعبين الاعتماد على الاستراتيجية الخالصة او الوحيدة، بل على كل لاعب الخلط بين الاستراتيجيتين، أي الاعتماد على الاستراتيجية المختلطة.

		اللاعب B			
		$Y_1(\frac{3}{8})$	$Y_2(\frac{5}{8})$	نتائج الطرح	
اللاعب A	$X_1(\frac{1}{4})$	9	3	6	2^*
	$X_2(\frac{3}{4})$	4	6	2	6^*
نتائج الطرح		5	3		
		3^*	5^*		

نلاحظ ان مجموع باقي طرح الصفوف يساوي مجموع طرح الاعمدة وهو العدد 8.

*حساب احتمال استخدام كل استراتيجية بالنسبة لكل لاعب (الجزء من الوقت المخصص لكل استراتيجية):

بالنسبة للاعب A:

$$\begin{cases} X_1 = \frac{2}{8} = \frac{1}{4} \\ X_2 = \frac{6}{8} = \frac{3}{4} \end{cases}$$

بالنسبة للاعب B:

$$\begin{cases} Y_1 = \frac{3}{8} \\ Y_2 = \frac{5}{8} \end{cases}$$

3

- يتضح من النتائج ان اللاعب A سيلعب الاستراتيجية الأولى X_1 باحتمال $\frac{1}{4}$ من الوقت المخصص للعب، وانه سيلعب الاستراتيجية الثانية X_2 باحتمال $\frac{3}{4}$ من الوقت. اما اللاعب B سيلعب الاستراتيجية الأولى Y_1 باحتمال $\frac{3}{8}$ من الوقت المخصص للعب، وانه سيلعب الاستراتيجية الثانية X_2 باحتمال $\frac{5}{8}$ من الوقت.

***حساب قيمة المباراة:**

$$V = 9(\frac{1}{4})(\frac{3}{8}) + 4(\frac{3}{4})(\frac{3}{8}) + 3(\frac{1}{4})(\frac{5}{8}) + 6(\frac{3}{4})(\frac{5}{8}) = \frac{168}{32} = 5.25$$

V = 5.25

قيمة المباراة موجبة، هذا يعني ان الفائز في هذه المباراة هو اللاعب A.

خامسا: الحل بقاعدة او مبدأ السيطرة (الهيمنة):

تستخدم قاعدة السيطرة عادة من اجل تخفيض حجم مصفوفة العوائد (مصفوفة الدفع)، وبمقتضاها يتم حذف بعض الاستراتيجيات (الصفوف او الاعمدة)، التي لا تأثر في قيمة المباراة، حيث لا تمثل أي إضافة حقيقية لاي طرف من أطراف المباراة، وبالتالي لا يوجد مبرر للإبقاء عليها.[1]

ويتم تطبيق قاعدة الهيمنة او السيطرة باتباع الخطوات التالية:

– عندما تكون عناصر الصفوف اكبر او مساوية عناصر صف اخر، فانه يمكن حذف او اختزال الصف الاخر والإبقاء على الصف الأول (يسمى الصف المهيمن او المسيطر)، حيث يتم الإبقاء على اكبرها، أي الذي يحقق اكبر ربح. (مع افتراض ان الصفوف خاصة باللاعب الذي يبدأ اللعب).

– بالنسبة للأعمدة (استراتيجيات اللاعب الاخر)، فاذا كانت عناصر أحد الاعمدة أصغر او مساوية لعناصر عمود اخر، فانه بإمكان اختزال او حذف العمود الاخر والإبقاء على العمود الاول (يسمى العمود المسيطر). وهذا منطقي لان اللاعب الثاني عندما يرد على الاستراتيجية التي يلعبها اللاعب الأول، فانه يفضل ان تكون خسارته اقل ما يمكن، لذا يختار الاستراتيجية ذات الأرقام الأقل.

ملاحظة: يمكن حذف أكثر من عمود او أكثر من صف مهيمن عليه، وجعل مصفوفة الدفع في ابسط صورها.

مثال رقم (5–4):

الجدول ادناه يمثل مصفوفة الدفع (العائد) الخاصة بإحدى المباريات بين الشركتين A وB.

		الشركة B	
		Y_1	Y_2
الشركة A	X_1	1	4
	X_2	−1	−1
	X_3	3	2

المطلوب: اوجد قيمة المباراة والاستراتيجيات المثلى التي يجب أن تتبعها الشركتين A و B، وكذا الفائز في المباراة.

[1] – منعم زمزير الموسوي، مقدمة في بحوث العمليات، منشورات الجامعة المفتوحة، طرابلس، 1995، ص289.

حل المثال رقم (5-4):

		الشركة B		
		Y_1	Y_2	Maximin
الشركة A	X_1	1	4	1
	X_2	-1	-1	-1
	X_3	3	2	2
Minimax		3	4	

نلاحظ انه لا توجد نقطة تعادل، اذا المباراة ذات استراتيجية مختلطة، ولكن الشركة A لديها ثلاث استراتيجيات، ولا يمكن حلها بإحدى الطرق السابقة، لذا يجب اختزالها باتباع أسلوب السيطرة او الهيمنة كالتالي:

نلاحظ ان قيم الصف الثاني هي أصغر قيم الصفين الأول والثالث، وبالتالي يمكن اختزاله وحذفه، والصفين الاخرين يهيمنان عليه، فتصبح مصفوفة الدفع على الشكل التالي:

		الشركة B		
		Y_1	Y_2	Maximin
الشركة A	X_1	1	4	1
	X_3	3	2	2
Minimax		3	4	

نلاحظ انه لا توجد نقطة تعادل، إذا ستحل اللعبة بواسطة الطريقة الجبرية او الحسابية.

ملاحظة: إذا كانت المباراة مستقرة أي انها تحتوي على نقطة تعادل، فأنها تبقى مستقرة بعد استخدام طريقة الهيمنة.

سادسا: الحل بطريقة المباريات الفرعية

تستخدم هذه الطريقة في المباريات من النوع (M*2) او (2*N)، وذلك مع عدم إمكانية اختزالها الى مباراة من النوع (2*2)، وبالتالي يصعب حلها بإحدى الطرق السابقة، بالإضافة الى عدم وجود نقطة توازن، وفي هذه الحالة يتم تقسيم المباراة المختزلة الى عدة مباريات فرعية من النوع (2*2)، ومن ثم الاختيار الأفضل من بينها،

وتكون عملية المفاضلة للاعب الذي يتكتك أكثر من استراتيجيتين، أي انه ينظر للمباراة من منظور اللاعب الذي يملك أكثر من استراتيجيتين.[1]

مثال رقم (6-4):

انطلاقا من مصفوفة العوائد التالية، اوجد قيمة المباراة، والفائز في المباراة والإستراتيجية المثلى لكل لاعب باستخدام قاعدة إستراتيجية الهيمنة.

		اللاعب B				
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
اللاعب A	X_1	15	7	-8	6	-20
	X_2	10	-25	-12	11	24

حل المثال رقم (6-4):

*البحث عن نقطة التعادل:

		اللاعب B					
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Maximin
اللاعب A	X_1	15	7	-8	6	-20	-20
	X_2	10	-25	-12	11	24	-25
Minimax		15	7	-8	11	24	

يتضح من المصفوفة أعلاه، ان المباراة لا تحتوي على نقطة تعادل، وبما ان كل لاعب يمتلك اكثر من استراتيجيتين، نحاول اختزال المصفوفة الى اكبر قدر ممكن.

نلاحظ ان قيم العمود الاول أكبر من قيم العمود الثاني، وبالتالي العمود الأول مسيطر عليه، ويجب حذفه من مصفوفة الدفع.

ونلاحظ أيضا ان قيم العمود الرابع أكبر من قيم العمود ثالث، وبالتالي العمود الرابع مسيطر عليه، ويجب حذفه من مصفوفة الدفع.

تصبح مصفوفة الدفع على الشكل التالي:

[1] – حامد سعد الشمرتي، مرجع سبق ذكره، ص422.

		اللاعب B		
		Y_2	Y_3	Y_5
اللاعب A	X_1	7	−8	−20
	X_2	−25	−12	24

بما ان مصفوفة الدفع أصبحت غير قابلة للاختزال، وبقيت من الحجم (3*2)، ولا تحتوي على نقطة تعادل، بالتالي يتم تقسيمها او تجزئتها الى مباريات فرعية من النوع (2*2) كما يلي:

المباراة الفرعية الاولى

		اللاعب B	
		Y_2	Y_3
اللاعب A	X_1	7	−8
	X_2	−25	−12

المباراة الفرعية الثانية

		اللاعب B	
		Y_2	Y_5
اللاعب A	X_1	7	−20
	X_2	−25	24

المباراة الفرعية الثالثة

		اللاعب B	
		Y_3	Y_5
اللاعب A	X_1	−8	−20
	X_2	−12	24

نقوم بحل المباريات الفرعية بإحدى الطرق السابقة، واختيار المباراة الفرعية التي تحقق للاعب B اعلى عوائد أي اعلى قيمة للمباراة بإشارة سالبة، اما اذا كانت القيم موجبة، فانه سنختار المباراة التي تحقق له اقل خسارة ممكنة، لان اللاعب B لديه افضلية بما انه هو اللاعب الذي لديه اكثر من استراتيجيتين.

المحور الخامس:

الأساليب الكمية في تخطيط مسارات البيع والتوزيع

(أسلوب النقل)

تعتبر نماذج النقل من احدى المواضيع الهامة في بحوث العمليات، وهي مشتقة أصلا من النموذج الرياضي العام للبرمجة الخطية، وتعتبر حالة خاصة من الشبكات كما تستخدم نماذج النقل في برمجة الأعداد الصحيحة أيضا.

ان الهدف من استخدام أسلوب النقل هو إيجاد أسلوب امثل لتوزيع الوحدات أو المنتجات من عدة مصادر للعرض (معامل، موانئ، مراكز تسويقية) إلى عدة مواقع للطلب (مراكز استهلاكية) بأقل كلفة ممكنة أو بأعلى ربح أو بأقل وقت، ومشاكل النقل يمكن حلها باستخدام طريقة السمبلكس في البرمجة الخطية، إلا أن هذه الطريقة تتطلب خطوات وجداول وعمليات حسابية كثيرة وهذا الأمر تم التغلب عليه من خلال تفريغ كافة مفردات(متغيرات) مشكلة النقل في جدول خاص يسمى جدول النقل.

أولا: التطور التاريخي لنماذج النقل المختلفة

تعود الجذور التاريخية لنموذج النقل إلى عام 1941 عندما قدم هيتشكوك دراسته بعنوان " توزيع الإنتاج من عدة مصادر إلى مواقع مختلفة"، و في عام 1947 قدم كوبمانس دراسته بعنوان " الاستخدام الأمثل لمنظومة النقل" التي طورت من قبل دانتزك عام 1963 و في عام 1951 درس دانتزك و آخرون طريقة التوزيع المعدل للحصول على الحل الأمثل أما طريقة المسار المتعرج، فقد أقترحت من قبل شارنس و كوبر في عام 1954، و في عام 1900 توصل كوهن إلى حل مشكلة تخصيص المهام، وهي حالة خاصة من مشكلة النقل التي طورها كل من فورد و فولكرسن في عام 1957، أما طريقة فوجل V.A.M فقد اقترحت من قبل فوجل عام 1958، وطريقة R.A.M فقد اقترحت من قبل روسيل في عام .1968[1]

ثانيا: الإطار العام لمشكلة النقل

تمثل الصيغة الجدولية لمشكلة النقل منطلق إيجاد حل أولي ممكن للوصول إلى الحل الأمثل (النهائي) المتمثل في تحقيق أقل كلفة ممكنة من مجموع تكاليف النقل، و الصيغة الجدولية لمشكلة النقل عبارة عن مصفوفة عدد صفوفها (M) تمثل المصادر (مراكز التوزيع) و عدد أعمتها (N) و تمثل مراكز الاستلام. وهو يظهر كما يلي:[2]

[1] – سليمان محمد مرجان، " بحوث العمليات " ، دار الكتب الوطنية بن غازي ، ليبيا ، الطبعة الأولى، 2002، ص241.

[2] – حامد سعد نور الشمرتي، علي خليل الزبيدي، مدخل الى بحوث العمليات، دار مجدلاوي، عمان، 2007، ص 281.

المراكز / المصادر	D_1	D_2	.....	D_n	العرض
S_1	C_{11} X_{11}	C_{12} X_{12}	.....	C_{1n} X_{1n}	a_1
S_2	C_{21} X_{21}	C_{22} X_{22}	.....	C_{2n} X_{2n}	a_2
. .	. .	. .	. .	. .	. .
S_m	C_{m1} X_{m1}	C_{m2} X_{m2}	.....	C_{mn} X_{mn}	a_m
الطلب	b_1	b_2	.....	b_n	$\sum a_i$ / $\sum b_j$

المصدر: حامد سعد نور الشمرتي، علي خليل الزبيدي، مدخل الى بحوث العمليات، دار مجدلاوي، عمان، 2007، ص 281.

حيث:

i: عدد مراكز العرض.

j:عدد مراكز الطلب.

D : مراكز الطلب.

S : مراكز العرض.

X_{ij}: الكمية المنقولة من المصدر i الى الموقع j .

C_{ij}: تكاليف نقل الوحدة الواحدة من المصدر i الى الموقع j .

a_{ij}: الكمية المعروضة.

b_{ij}: الكمية المطلوبة.

من أجل بناء نموذج النقل يتطلب الأمر توفر ما يلي:[1]

- مراكز أو مواقع توزيع أو إنتاج (عرض).
- مراكز أو مواقع استلام أو قبول للإنتاج (طلب).
- توفر مجموعة من بدائل النقل (مسارات النقل ووسائل النقل) وان لكل واحد من هذه البدائل كلفة معينة و قابلية استيعابية معينة للنقل.
- وجود هدف معين سواء كان ممثلا في حجم أو قيمة المواد المنقولة أو تكاليف النقل.
- يمكن أن يكون هناك مسارات نقل غير مستخدمة لكونها لا تحقق الشروط المطلوبة فان الكمية المنقولة عليه تساوي صفر علما أن هذه الكمية لا يمكن أن تكون أقل من الصفر أو سالبة لأنه يتفانى مع المنطق.
- المتغير المجهول في نموذج النقل هو X_{ij} حيث:

X: الكمية المنقولة

I: يرمز لمراكز العرض

J: يرمز لمراكز الطلب

ثالثا: صياغة النموذج الرياضي لمشكلة النقل (الصيغة الرياضية)

يفترض النموذج المقابل لمشكلة النقل ما يلي:

- عدد من مصادر عرض الموارد (مصانع انتا، مخازن مواد أولية،....) وعددها m حيث m أكبر من أو يساوي اثنان.
- عدد من مراكز طلب الموارد (وحدات انتاج، محلات تسويق،.....) وعددها n حيث n أكبر من أو يساوي اثنان.
- عرض السلع مثلا (أو الطلب عليها) من طرف المصدر (المراكز) قد يختلف من عارض (طالب) الى اخر،
- الشكل الأولي للنموذج يفترض تساوي العرض من السلع مجتمعة (من طرف المصادر) مع الطلب عند تحقق شرط تساوي العرض مع الطلب نكون بصدد مسألة نقل متوازنة، حيث كلفة النقل بين المراكز والمصادر محدد بدقة، كلفة النقل تزداد طردا مع الكمية المنقولة، هدف النقل يتمثل في تلبية طلبات المراكز انطلاقا مما هو

[1] – هاني عرب، محاضرات في بحوث العمليات، على الموقع الالكتروني:(05/10/2023) http://www.rsscrs.info

معروض عند المصادر بأقل تكلفة ممكنة، لا يمكن نقل أكثر مما هو موجود، و عليه يمكن صياغة نموذج النقل كما يلي:

لنفرض أن:

- X_{ij} : هو كمية أو عدد الوحدات (أطنان، قارورات،...) الواجب نقلها من المصادر، نحو المراكز (وتسمى هذه المتغيرات القرار الواجب تحديدها).
- C_{ij} : هي كلفة نقل الوحدة الواحدة (طن، قارورة،...) من المصدر i نحو المركز j .
- S_i هي كمية أو عدد الوحدات المعروضة من طرف المصدر i.
- D_j هي كمية أو عدد الوحدات المطلوبة من طرف المركز j .
- يجب أن تكون الوحدات محل النقل متجانسة بحيث يمكن نقل أي عدد من أي مصدر نحو أي مركز.

و عليه النموذج العام لمسألة النقل سيكون كما يلي:

***دالة الهدف**

$$\text{Min } c = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} cij * xij$$

***القيود الخطية:**

- **قيود العرض:** $\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = S_i / \ 1,2,....m$
- **قيود الطلب:** $\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = D_j / \ 1,2,....n$
- **شروط عدم السلبية:** $x_{ij} \geq 0 \qquad i=1,2,....m / j=1,2,..n$

رابعا: المراحل الأساسية لحل مشكلة النقل

يتضمن نموذج النقل الخاص بحل مشكلة النقل المراحل الأساسية التالية:[1]

- إعداد مصفوفة النقل، ومن ثم تصميم حل مبدئي أساسي ممكن يلبي احتياجات النهايات المختلفة في حدود الطاقات المتاحة للمصادر. ويمكن تحديد هذا الحل بعدة طرق من أهمها: طريقة الزاوية الشمالية الغربية (الركن الشمالي الغربي)، طريقة أقل تكلفة، وطريقة فوجل التقريبية.

[1] – جمال عبد العزيز صابر، بحوث العمليات في الحاسبة، كلية التجارة، جامعة القاهرة، مصر، 2009، ص 06.

- اختبار مثالية الحل: وذلك بتحديد تكلفة الفرصة الضائعة لكل خلية من الخلايا الفارغة، أي المتغيرات غير الأساسية في الحل الذي يتم اختباره، للتعرف على ما إذا كان يمكن تخفيض تكلفة النقل الكلية بشغل خلية أو أكثر خلاف تلك الخلايا التي تم شغلها في الحل السابق. وتحقيق مثالية الحل إذا كانت تكاليف الفرصة الضائعة لجميع الخلايا الفارغة سالبة أو مساوية للصفر.
- تصميم حلول أخرى وذلك باستخدام الخلايا الفارغة التي تحقق أكبر تخفيض في تكلفة النقل الكلية (أي إدخال متغيرات غير أساسية في الحل لتصبح متغيرات أساسية)، ثم يتم تكرار الخطوتين السابقتين حتى نصل إلى الحل الأمثل.

خامسا: ايجاد الحل الأولي الأساسي

قبل البدء في استخدام نموذج النقل في حل مشكلة النقل، يتطلب الأمر ترتيب بيانات المشكلة في شكل مصفوفة، وذلك بتخصيص صف لكل مصدر (مصنع) وعمود لكل نهاية (مخزن أو منطقة بيعية). وتسمى نقطة تقاطع الصف مع العمود بالخلية. ويلاحظ أن عدد خلايا المصفوفة يساوي حاصل ضرب عدد المصادر في عدد النهايات. ويسجل داخل كل خلية الكمية التي يقترح نقلها من المصدر الى النهاية. ويرمز لهذه الكمية بالرمز a والتي ترمز للكمية المقترح نقلها من المصدر الأول الى النهاية الأولى، وهكذا، كما يتم بيان الطاقة المتاحة لكل مصنع، وأخيرا تسجيل تكلفة نقل الوحدة من السلعة من كل مصدر الى كل نهاية في الركن العلوي من كل خلية في المصفوفة.

وتجدر الإشارة إلى كون مصفوفة النقل تكتب من اليسار إلى اليمين.

وبعد الانتهاء من تصميم مصفوفة النقل نشرع في إيجاد الحل الأولي الأساسي بإحدى الطرق التالية:

- طريقة الزاوية الشمالية الغربية (الركن الشمالي الغربي)
- طريقة التكلفة الدنيا.
- طريقة فوجل التقريبية (طريقة الطرقات العظمى).

1- طريقة الزاوية الشمالية الغربية (الركن الشمالي الغربي)

لا تأخذ هذه الطريقة بعين الاعتبار تكاليف النقل حيث يتم إيجاد الحل الأولي الأساسي وفق هذه الطريقة انطلاقا من الخلية التي تقع في الجزء الشمالي الغربي لمصفوفة النقل والمثال التالي يوضع كيفية إيجاد الحل الأولي الأساسي وفق طريقة الزاوية الشمالية الغربية.

مثال رقم (1-5):

لنفرض أن هناك ثلاث مصانع والطاقة الإنتاجية لها موضحة في الجدول الموالي:

المصانع	الطاقة الإنتاجية
1	240
2	160
3	260
المجموع	**660**

وأن هناك خمسة مخازن طلب هذه المخازن من السلع المنتجة في المصانع كالتالي:

المخازن	الطلب
1	120
2	130
3	145
4	125
5	140
المجموع	**660**

وتكلفة نقل الوحدة الواحدة من نقاط العرض الى نقاط الطلب موضحة في الجدول الموالي:

مخازن / مصانع	1	2	3	4	5
1	100	800	100	500	400
2	500	500	300	600	700
3	200	900	500	900	800

المطلوب: إيجاد الحل الأولي الأساسي لمشكلة النقل أعلاه باستخدام طريقة الزاوية الشمالية الغربية.

من أجل إيجاد حل لمشكلة النقل المنصوص عليها أعلاه نقوم أولا بتصميم مصفوفة النقل حيث ترسم من اليسار نحو اليمين وتمثل أسطر المصفوفة العرض وأعمدة المصفوفة الطلب، كما هو موضح في الشكل الموالي.

	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	a_i العرض
S_1	100	800	100	500	400	240
S_2	500	500	300	600	700	160
S_3	200	900	500	900	800	260
b_i الطلب	120	130	145	125	140	660

بعد تصميم مصفوفة النقل **نتأكد أولا من تساوي مجموع العرض و الطلب**، والذي يعادل 660 بالنسبة لكل من العرض و الطلب **فالشرط محقق**، و يمكننا الشروع في إيجاد الحل الأولي الأساسي عن طريق البدء بملء الخلية التي تقع في الجزء الشمالي الغربي للمصفوفة، و التي تقع في التقاطع بين السطر الأول و العمود الأول، نقارن بين القيمة الإجمالية للسطر و العمود، ونقوم بملء الخلية بأصغر قيمة من بين القيمتين و المتمثلة في هذه الحالة في قيمة العمود الأول و التي تعادل 120 وبالتالي يصفر العمود الأول، و يبقى في السطر الأول قيمة 120 (240−120 = 120)، و بما أن العمود الأول صفر ننتقل إلى العمود الثاني بنفس المبدأ نقارن بين قيمة العمود الثاني والتي تساوي 130 وقيمة السطر الأول (بما أنه لم يصفر نبقى فيه حتى يصفر) و التي تساوي 120 ونقوم بملء الخلية الثانية والتي تقع في التقاطع بين السطر الأول والعمود الثاني بأصغر قيمة و المتمثلة في 120 ومنه يصفر السطر، ويبقى في العمود الثاني قيمة 10 فننتقل إلى الخانة التي تقع في التقاطع بين السطر الثاني والعمود الثاني ونقوم بملئها بنفس المبدأ حتى تصفر جميع الأسطر وجميع الأعمدة ويكون الحل الأولي الأساسي الأول وفق طريقة الزاوية الشمالية الغربية، كما هو موضح في الجدول الموالي.

	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	العرض
S_1	100 / 120	800 / 120	100 / /	500 / /	400 / /	240 / 120 /
S_2	500 / /	500 / 10	300 / 145	600 / 5	700 / /	160 / 150 / 5 /
S_3	200 / /	900 / /	500 / /	900 / 120	800 / 140	260 / 140 /
الطلب	120 /	130 / 10 /	145 /	125 / 120 /	140 /	660

يمثل الجدول أعلاه الحل الأولي الأساسي لمشكلة النقل والذي نستطيع من خلاله حساب تكلفة النقل الإجمالية عن طريق ضرب قيمة التكلفة الوحدوية في كمية الإنتاج لكافة مراكز الإنتاج والتوزيع، أي:

$$Z=(100\times120)+(800\times120)+(500\times10)+(300\times145)+(600\times5)+(900\times120)+(800\times140)$$

$$\boldsymbol{Z=379500}$$

التفسير الاقتصادي: نقوم بنقل كمية 120 وحدة من مركز الإنتاج S_1 الى المخزن D_1 بتكلفة قدرها (120x100)، ونقل كمية 120 وحدة من مركز الإنتاج S_1 الى المخزن D_2 بتكلفة قدرها (120x800)، ونفس الشيء بالنسبة لكل الخانات المملوءة.

2- طريقة التكاليف الدنيا

تختلف هذه الطريقة عن سابقتها في إيجاد الحل الأساسي الأول، حيث أننا في هذه الطريقة نبدأ بتشبيع الخلايا انطلاقا من أدنى تكلفة في الجدول، ثم التكلفة المساوية أو الموالية وهكذا، حتى يتم استيفاء كل العرض والطلب، بحيث نحصل على عدد متغيرات داخلة في الحل يساوي $(m+n-1)$.[1]

وتعتبر طريقة التكاليف الدنيا أفضل من الطريقة السابقة، لأنها تعتمد على مبدا التكلفة والذي يتماشى مع هدف مشكل النقل.

[1] محمد راتول، بحوث العمليات، ديوان المطبوعات الجامعية الجزائر 2006، ص 125.

بالرجوع للمثال السابق، نقوم بإيجاد الحل الأولي الأساسي بالاعتماد على طريقة أقل تكلفة والجدول الموالي يوضح ذلك.

	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	العرض
S_1	100 **95**	800 /	100 **145**	500 /	400 /	240 / 95 /
S_2	500 /	500 **130**	300 /	600 **30**	700 /	160 / 30 /
S_3	200 **25**	900 /	500 /	900 **95**	800 **140**	260 / 235 / 95 /
الطلب	120 / 25 /	130 /	145 /	125 / 95 /	140 /	660

وبالاعتماد على نتائج الجدول نقوم بحساب التكلفة الإجمالية للنقل كالتالي:

قيمة التكلفة الاجمالية وفق هذه الطريقة هي:

$$Z=(100\times95)+(100\times145)+(500\times130)+(600\times30)+(200\times25)+(900\times95)+(800\times140)$$

$$\mathbf{Z=309500}$$

نلاحظ أن التكلفة الإجمالية للنقل وفق طريقة أقل تكلفة تعادل 309500 وهي أقل من القيمة المتحصل عليها بالاعتماد على طريقة الزاوية الشمالية الغربية.

3- طريقة فوجل التقريبية

لا تشبه هذه الطريقة الطريقتين السابقتين من حيث درجة السهولة، ولكنها توفر حل أولي مقبول بدرجة جيدة، حيث يكون الأقرب الى الحل الأمثل ونادرا ما تكون طريقتي التكلفة الدنيا وطريقة الزاوية الشمالية الشرقية افضل من طريقة فوجل. هذه الطريقة تعالج المشكلة من خلال ايجاد حل أولي جيد، يأخذ بعين الاعتبار التكاليف المرافقة لكل مربع بديل.[1]

ولإيجاد الحل وفق طريقة فوجل التقريبية نقوم بالخطوات التالية:[2]

- حساب الفرق بين أقل تكلفتين في كل صف وفي كل عمود.
- تحديد الصف أو العمود الذي يمتلك أكبر فرق التكلفة (أعلى جزاء).

[1] – اياد عبد الفتاح النسور، أساليب التحليل الكمي مدخل لدراسة التسويق الحديث، دار صفاء للطباعة والنشر والتوزيع، عمان، ص224.

[2] – صوار يوسف، طاوش قندوسي، محاضرات في البرمجة الخطية، جامعة الطاهر مولاي، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر ، ص 98.

- اختيار الخلية ذات التكلفة الأقل في ذلك الصف أو العمود.
- في الخلية التي اختيرت في الخلية الثالثة، نقارن احتياجات المصب مع ما هو متوفر في المنبع لنأخذ القيمة الأقل.
- نعيد حساب الفرق مرة أخرى لكل من الأعمدة والصفوف، وذلك بعد إلغاء العمود أو السطر المشبع، وتكرر العملية السابقة إلى أن نلبي احتياجات كل المصبات من المنابع المتاحة.

بالرجوع إلى المثال السابق، نقوم بإيجاد الحل الأولي الأساسي بالاعتماد على طريقة فوجل التقريبية وتكون النتيجة كالتالي:

	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	a_i	الفرق
S_1	100 /	800 /	100 **145**	500 /	400 **95**	240 / 95 /	0 300 100
S_2	500 /	500 **130**	300 /	600 **30**	700 /	160 / 30 /	200 200 100
S_3	200 **120**	900 /	500 /	900 **95**	800 **45**	260 / 140 /	300 300 100
b_i	120 /	130 /	145 /	125 / 95 /	140 / 45 /	660	
الفرق	100	300 400	200	100 300	300 100		

وبالاعتماد على نتائج الجدول نقوم بحساب التكلفة الإجمالية للنقل كالتالي:

قيمة التكلفة الإجمالية وفق هذه الطريقة هي:

$$Z=(100\times 145)+(400\times 95)+(500\times 130)+(600\times 30)+(200\times 120)+(900\times 95)+(800\times 45)$$

$$\boldsymbol{Z=281000}$$

سادسا: إيجاد الحل الأمثل (اختبار الحل الأولي الأساسي)

بعد الحصول على الحل الأولي الأساسي لمشكلة النقل بإحدى الطرق السابقة الذكر(طريقة الزاوية الشمالية الغربية، طريقة أقل تكلفة و طريقة فوجل)، نقوم باختبار هذا الحل بالاعتماد على احدى الطرق التالية:

- طريقة الحجر المتنقل (طريقة الحلقات المغلقة).
- طريقة التوزيع المعدل.

1- طريقة الحجر المتنقل:

تقوم طريقة الحجر المتنقل بتقييم جميع الخلايا غير المشغولة (الفارغة) في جدول النقل، للتأكد إذا كان النقل إليها تؤدي إلى تخفيض التكاليف، فإذا وجدنا أن ملء خلية غير مشغولة يؤدي إلى خفض تكاليف النقل، فإن جدول النقل الأولي يتم تعديله للاستفادة من ذلك، وهكذا تستمر عملية تقييم كل جدول نقل، إلى أن يتضح أن شغل أي خلية فارغة لن يؤدي إلى تخفيض تكاليف النقل بل سيؤدي إلى زيادتها[1].

يجب أولا التأكد أن عدد الخلايا المشغولة (المملوءة) يساوي (m+n−1) و لتطبيق هذه الطريقة يتم إتباع الخطوات التالية:

- تكوين ممرات مغلقة على شكل مربعات أو مستطيلات أو مزيج بين الاثنين على أن تكون رؤوس شكل المسار محددة بزوايا لمربعات مملوءة.
- وضع إشارة (+) في المربع الذي تنتقل إليه الوحدات وإشارة (−) في المربع الذي تنتقل منه الوحدات اعتمادا على الكلفة في المربعات.
- مراعاة حصول التوازن في كميات العرض والطلب القائمة في الجدول على مستوى الصفوف وكذلك الأعمدة ولذلك في كل صف أو عمود تكون إشارة سالبة لابد أن تكون إشارة موجبة.
- يتم النقل لأقل كمية من مربع يحمل إشارة سالبة بين المربعات التي تحمل إشارات سالبة إلى المربعات ذات الإشارة الموجبة.
- تعطى الأولوية للممر المغلق الحاصل على أعلى قيمة سالبة من بين الممرات الأخرى.
- يتم الوصول إلى الحل الأمثل في حالة عدم وجود إشارات سالبة مما يعزز الاعتقاد بأن الفرصة لتخفيض التكاليف قد انتهت، أي أن القيم تكون هنا إما موجبة أو معدومة.

مثال رقم (2-5):

فيما يلي الحل الأولي الأساسي لمشكلة نقل تم التوصل له من خلال الاعتماد على طريقة الزاوية الشمالية الغربية.

[1] – منعم زمزير المساوي، بحوث العمليات مدخل عملي لاتخاذ القرارات، دار وائل للنشر، الأردن،2009، ص 200.

	D_1	D_2	D_3	a_i
S_1	1 40	4 15	5	55
S_2	5	7 15	3 30	45
S_3	10	8	9 20	20
b_i	40	30	50	120

المطلوب: إيجاد الحل الأمثل بالاعتماد على طريقة الحجر المتنقل.

حل المثال رقم (2-5):

نقوم بحساب التكلفة الاجمالية للنقل وهي:

$Z= (40\times1)+(15\times4)+(15\times7)+(30\times3)+(20\times9)$

$Z= 475$

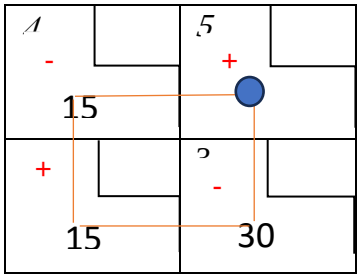
حساب المقدار $m+n-1$، الذي يجب ان يساوي عدد الخانات المملوءة.

عدد الخانات المملوءة = 5

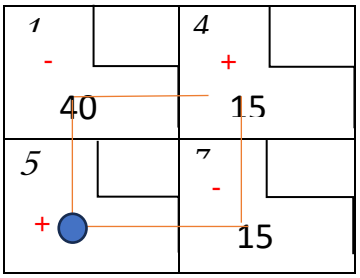
$3+3-1=5$ **5=5**

الشرط محقق.

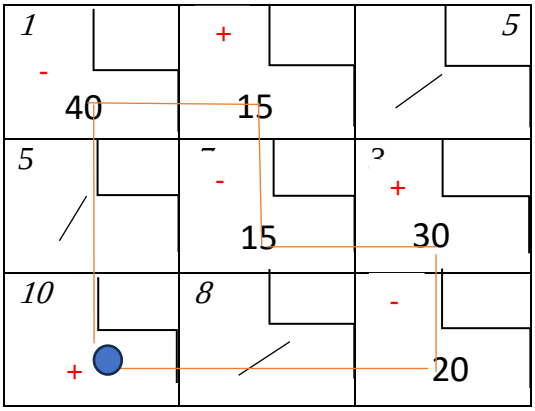
*اختبار امثليه الحل كما يلي: اختبار الخانات الفارغة



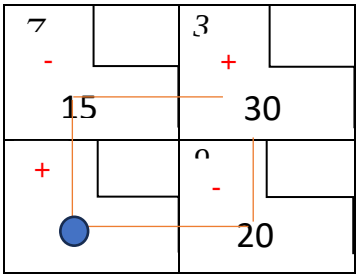
$\overline{C_{13}} = 5-4+7-3 = 5 > 0$



$\overline{C_{21}} = 5-1+4-7 = 1 > 0$



$\overline{C_{31}} = 10-9+3-7+4-1 = 0$



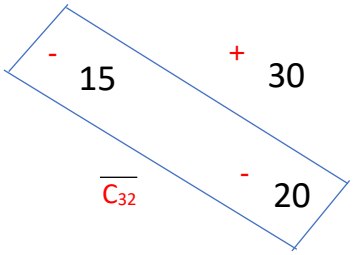
$\overline{C_{32}} = 8-7+3-9 = -5 < 0$

نصل الى الحل الأمثل عندما تكون $\overline{C_{ij}}$ ، كلها موجبة او معدومة.

لدينا قيمة سالبة، اذا الحل ليس امثل، ويمكننا تخفيض التكلفة الى اقل من 475.

ملاحظة: اذا كانت ضمن قيم $\overline{C_{ij}}$ عدة قيم سالبة، نختار اصغر قيمة.

نقوم بإعادة التوزيع، بما ان $\overline{C_{32}}$ سالبة نقوم بنقل اقل كمية في المربعات السالبة، أي نأخذ المسار المغلق، ونختار القيم السالبة فقط، ونأخذ اصغر قيمة سالبة بالقيمة المطلقة وهي 15.



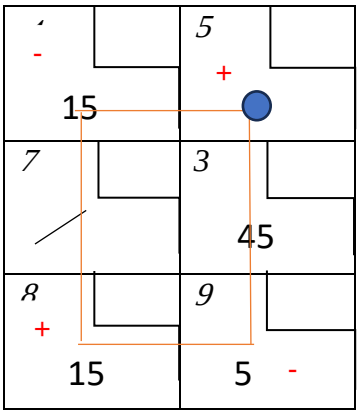
نأخذ الكميات ونضيف وننقص بالقيمة 15 على كل المسار، ويصبح الجدول على الشكل التالي:

	D_1	D_2	D_3	a_i
S_1	1 — 40	4 — 15	5	55
S_2	5	7	3 — 45	45
S_3	10	8 — 15	9 — 5	20
b_i	40	30	50	120

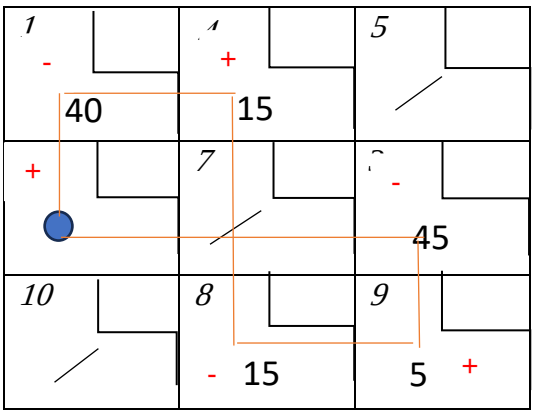
$$Z= (40\times1)+(15\times4)+(45\times3)+(5\times9)+(15\times8)$$

$$Z= 400$$

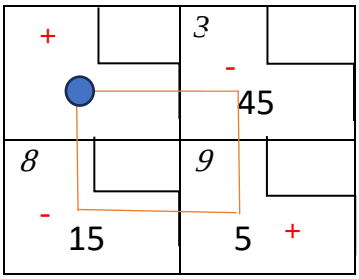
نبحث عن $\overline{C_{ij}}$ الجديدة،، ونتوقف عن التحسين عندما تكون كلها موجبة او معدومة.



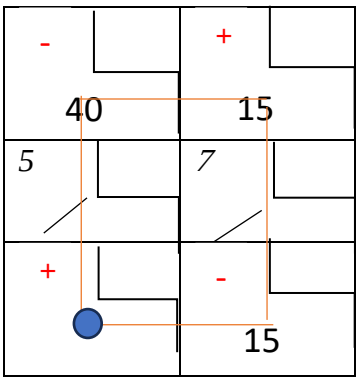
$$\overline{C_{13}} = 5-4+8-9 = 0$$



$\overline{C_{21}} = 5-1+4-8+9-3 = 6$



$\overline{C_{22}} = 7-3+9-8 = 5$



$\overline{C_{22}} = 10-1+4-8 = 5$

كل قيم $\overline{C_{ij}}$ موجبة او معدومة، ومنه وصلنا الى الحل الأمثل، التكلفة الاجمالية هي:

$Z = 400$

2- طريقة التوزيع المعدل

طبقا لهذه الطريقة يمكن حساب النتيجة بكل خلية شاغلة دون الحاجة إلى رسم كل المسارات المغلقة كما هو الحال في طريقة الحجر المتنقل.

ويمكن تلخيص طريقة التوزيع المعدل من خلال الخطوات التالية:

- التأكد من ان عدد الخلايا المملوءة يساوي $m+n-1$.
- ادخال المعاملات U_i و V_j بحيث:

***متغيرات الخانات المملوءة:** $C_{ij} = U_i + V_j$

***متغيرات الخانات الفارغة:** $\overline{C_{ij}} = C_{ij} - (U_i + V_j) = C_{ij} - U_i - V_j$

Ui: المتغير المتعلق بالصف i والذي تقع فيه الخلية المعينة.

V_j: المتغير المتعلق بالعمود j والذي تقع فيه الخلية المعينة.

C_{ij}: التكلفة التي تقع في الصف i والعمود j.

اذا كانت هناك قيم سالبة في متغيرات الخانات الفارغة، نبدأ بتحسين الحل، وننطلق من اصغر قيمة سالبة، ونقوم بتحديد المسار الجديد واجراء التغييرات، تماما كما هو الحال في طريقة الحجر المتنقل، ونواصل التحسين الا ان تصبح كل قيم الخانات الفارغة موجبة او معدومة، ففي هذه الحالة يصبح الحل امثل ولا يحتاج الى تحسين.

مثال رقم (3-5):

بالعودة الى المثال السابق (الحل الأساسي بطريقة الزاوية الشمالية الغربية):

	D_1	D_2	D_3	a_i
S_1	1 40	4 15	5	55
S_2	5	7 15	3 30	45
S_3	10	8	9 20	20
b_i	40	30	50	120

المطلوب: إيجاد الحل الأمثل باستخدام طريقة التوزيع المعدل.

حل المثال رقم (3-5):

*حساب التكلفة الاجمالية:

$Z= (40\times1)+(15\times4)+(15\times7)+(30\times3)+(20\times9)$

$Z= 475$

*حساب المقدار $m+n-1$، الذي يجب ان يساوي عدد الخانات المملوءة.

عدد الخانات المملوءة = 5

$3+3-1=5$ **5=5**

الشرط محقق

*اختبار امثلية الحل:

- متغيرات الخانات المملوءة:

لدينا: $C_{ij} = U_i + V_j$

نفرض ان: $U_1= 0$

$C_{11} = U_1 + V_1 \Longrightarrow 1 = V_1 + 0 \Longrightarrow V_1 = 1$

$C_{12} = U_1 + V_2 \Longrightarrow 4 = 0 + V_2 \Longrightarrow V_2 = 4$

$C_{22} = U_2 + V_2 \Rightarrow 7 = 4 + U_2 \Rightarrow U_2 = 3$

$C_{23} = U_2 + V_3 \Rightarrow 3 = 0 + V_3 \Rightarrow V_3 = 0$

$C_{33} = U_3 + V_3 \Rightarrow 9 = 0 + U_3 \Rightarrow U_3 = 9$

- **متغيرات الخانات الفارغة:**

	D_1	D_2	D_3	a_i	
S_1	1 — 40	4 — 15	5	55	$U_1 = 0$
S_2	5	7 — 15	3 — 30	45	$U_2 = 3$
S_3	10	8	9 — 20	20	$U_3 = 9$
b_i	40	30	50	120	
	$V_1 = 1$	$V_2 = 4$	$V_3 = 0$		

لدينا: $\overline{C_{ij}} = C_{ij} - U_i - V_j$

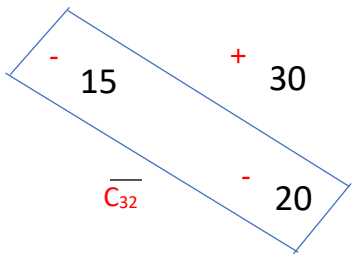
$\overline{C_{13}} = 5 - 0 - 0 = 5$

$\overline{C_{21}} = 5 - 1 - 3 = 1$

$\overline{C_{31}} = 10 - 1 - 9 = 0$

$\overline{C_{32}} = 8 - 4 - 9 = -5$

بما ان $\overline{C_{32}}$ سالبة، اذا الحل ليس امثلا، نقوم بإعادة التوزيع، بنقل اقل كمية في المربعات السالبة، أي نأخذ المسار المغلق، ونختار القيم السالبة فقط، ونأخذ اصغر قيمة سالبة بالقيمة المطلقة وهي 15.



نأخذ الكميات ونضيف وننقص بالقيمة 15 على كل المسار، ويصبح الجدول على الشكل التالي:

	D_1	D_2	D_3	a_i	
S_1	1 40	4 15	5	55	$U_1 = 0$
S_2	5	7	3 45	45	$U_2 = -2$
S_3	10	8 15	9 5	20	$U_3 = 4$
b_i	40	30	50	120	
	$V_1 = 1$	$V_2 = 4$	$V_3 = 5$		

$Z= (40\times1)+(15\times4)+(45\times3)+(5\times9) +(15\times8)$

$Z= 400$

*نعيد حساب U_i و V_j مرة اخرة كما يلي: (وهي موضحة في الجدول أعلاه).

- متغيرات الخانات المملوءة:

نفرض ان: $U_1= 0$

$C_{11} = U_1 + V_1 \Rightarrow 1 = V_1 + 0 \Rightarrow V_1 = 1$

$C_{12} = U_1 + V_2 \Rightarrow 4 = 0 + V_2 \Rightarrow V_2 = 4$

$C_{32} = U_3 + V_2 \Rightarrow 8 = 4 + U_3 \Rightarrow U_3 = 4$

$C_{33} = U_3 + V_3 \Rightarrow 9 = 4 + V_3 \Rightarrow V_3 = 5$

$C_{23} = U_2 + V_3 \Rightarrow 3 = 5 + U_3 \Rightarrow U_3 = -2$

- **متغيرات الخانات الفارغة:**

$$\overline{C_{13}} = 5 - 0 - 5 = 0$$

$$\overline{C_{21}} = 5 + 2 - 1 = 6$$

$$\overline{C_{22}} = 7 + 2 - 4 = 5$$

$$\overline{C_{31}} = 10 - 4 - 1 = 5$$

كل قيم $\overline{C_{ij}}$ موجبة او معدومة، ومنه وصلنا الى الحل الأمثل، التكلفة الاجمالية هي:

$$Z = 400$$

سابعا: الحالات الخاصة في مشكل النقل

توجد العديد من الحالات الخاصة عند حل مسائل النقل، تتعارض مع الشروط الأساسية للحل، مما يتوجب علينا القيام بمجموعة من الإجراءات من اجل التمكن من مواصلة الحل والوصول الى الامثلية، بتخفيض التكلفة الى أدني حد ممكن.

الحالة الأولى: عدم تساوي العرض مع الطلب

ان التوازن بين العرض والطلب في الواقع العملي لا يتحقق دائما، اذ غالبا ما يكون العرض لا يوجد طلب عليه، او فائضا في الطلب لا يمكن اشباعه، وفي هذه الحالة نضيف سطرا او عمودا وهميا لامتصاص الفائض، وعناصر السطر او العمود الوهمي تحوي تكاليف مساوية الى الصفر، والكمية التي تقابل العمود او السطر الوهمي تساوي الفرق بين مجموع كمية العرض وكمية الطلب.

مثال رقم (4-5):

البيانات التالية تخص احدى المؤسسات الإنتاجية:

	D_1	D_2	D_3	العرض
S_1	2	3	1	**10**
S_2	2	4	5	**15**
S_3	1	0	3	**20**
الطلب	**10**	**20**	**30**	

المطلوب: إيجاد الحل الأساسي باستخدام طريقة التكاليف الدنيا.

حل المثال رقم (4-5):

العرض = 45 = 20 + 15 + 10

الطلب = 60 = 30 + 20 + 10

نلاحظ ان العرض لا يساوي الطلب، إذا شرط التوازن غير محقق.

وبما ان العرض اقل من الطلب، نضيف سطر وهمي الى جدول بتكاليف مساوية للصفر، وبكمية تساوي الفرق بين مجموع كمية العرض وكمية الطلب وهي 15. وبعدها نبحث عن الحل الأساسي بطريقة التكاليف الدنيا بصفة عادية.

	D_1	D_2	D_3	العرض
S_1	1	3	1 10	10
S_2	2	4	5 15	15
S_3	1	0 20	3	20
S_4	0 10	0	0 5	15
الطلب	10	20	30	60

التكلفة الاجمالية:

Z= (10×1)+(15×5)+(20×0)+(10×0) +(5×0)

Z= 85

مثال رقم (5-5):

اليك مصفوفة النقل التالية، الخاصة بإحدى المؤسسات الصناعية.

	D_1	D_2	D_3	العرض
S_1	2	1	2	**20**
S_2	1	2	3	**9**
S_3	4	2	1	**11**
الطلب	**10**	**8**	**15**	

المطلوب: إيجاد الحل الأساسي باستخدام طريقة الزاوية الشمالية الغربية.

حل المثال رقم (5-5):

العرض = 20 + 9 + 11 = 40

الطلب = 10 + 8 + 15 = 33

نلاحظ ان العرض لا يساوي الطلب، اذا شرط التوازن غير محقق.

وبما ان العرض اكبر من الطلب، نضيف عمود وهمي الى جدول بتكاليف مساوية للصفر، وبكمية تساوي الفرق بين مجموع كمية العرض وكمية الطلب وهي 7.

	D_1	D_2	D_3	D_4	العرض
S_1	2 10	1 8	2 2	0	**20**
S_2	1	2	3 9	0	**9**
S_3	4	2	1 4	0 7	**11**
الطلب	**10**	**8**	**15**	**7**	**40**

التكلفة الاجمالية:

$Z= (102\times)+(8\times1)+(2\times2)+(9\times3) +(4\times1) +(7\times0)$

$Z=63$

الحالة الثانية: حالة التفكك (الانحلال)

لقد تم التأكيد عند الحصول على الحل الأساسي لمشكلة النقل، على ان تكون عدد الخلايا المملوءة او المشغولة تساوي $m+n-1$. ولكن في بعض الحالات قد لا يكون هذا الشرط محقق، اذ يمكن ان تكون عدد الخلايا المملوءة اقل من $m+n-1$، ونكون في حالة انحلال او تفكك، ولمعالجة هذه الحالة فانه يتم ملأ او اشغال احدى الخلايا الفارغة بقيمة صفرية حتى نتمكن من اختبار الحل الأساسي.

ملاحظة: يجب ان يتم اختيار الخانة الفارغة المناسبة لوضع القيمة الصفرية، بحيث تحوي على اقل تكلفة.

مثال رقم (6-5):

لشركة صناعية ثلاث مصانع وثلاث مراكز تخزين، تقدر طاقة المصانع الثلاثة ب 100، 120 و 80 وحدة على الترتيب، بينما تبلغ الطاقة الاستيعابية للمخازن ب 100 وحدة لكل مخزن، و كانت تكلفة النقل للوحدة من كل مصنع إلى كل مخزن موضحة بالجدول التالي:

انتاج / تخزين	المخزن 1	المخزن2	المخزن3
المصنع 1	8	2	6
المصنع 2	10	9	9
المصنع 3	7	10	7

المطلوب: اوجد الخطة المثلى لنقل هذه المنتجات من مراكز الإنتاج الى مراكز التخزين (باستخدام طريقة الزاوية الشمالية الغربية لإيجاد الحل الأساسي).

حل المثال رقم (6-5):

العرض = الطلب ⟵ الشرط محقق

	D_1	D_2	D_3	العرض
S_1	8 — 100	2 — 0	6	100
S_2	10	9 — 100	9 — 20	120
S_3	7	10	7 — 80	80
الطلب	100	100	100	300

$Z= (100\times8)+(100\times9)+(20\times9)+(80\times7)$

$Z= 2440$

$m+n-1 = 5$ و عدد الخانات المملوءة تساوي 4

اذا الشرط غير محقق، لابد من وضع قيمة صفرية في الخانة الفرغة التي تقابل اقل تكلفة (x_{12})، للتمكن من اختبار الحل الأساسي.

نضع 0 في الخانة x_{12} التي تقابل التكلفة 2 (كما هو موضح في الجدول)، ونعاملها وكأنها خلية مشغولة.

نختبر الحل الأساسي ونواصل الحل بإحدى الطرق السابقة الذكر (طريقة الحجر المتنقل او طريقة التوزيع المعدل)، ونعيد التوزيع الى ان نصل الى الحل الأمثل.

المحور السادس:

التخطيط لبرنامج تسويقي "CPM" (تحليل شبكة الاعمال)

يعتبر التحليل الشبكي من الأساليب الفعالة في تحليل وتخطيط المشاريع المختلفة، خصوصا الكبيرة منها، والتي تساعد في اتخاذ القرار لعمليات التخطيط والرقابة على المشاريع تحت التشييد او المنتجات قصد التصنيع. فمن خلال عملية التخطيط يتم تحديد الأهداف المراد تحقيقها على شكل خطط يمكن تنفيذها، فيجزا المشروع الى مجموعة من الأنشطة ويتم تحديد متطلبات كل نشاط، تم التنسيق بين مختلف الأنشطة لحساب الزمن والتكلفة الكليين للمشروع. ومن خلال الرقابة يتم معرفة ما قد يحدث في عملية الإنجاز من مشاكل وعقبات واتخاذ الإجراءات المناسبة.

وبما ان مشاريع التحليل الشبكي يتصف بكثرة المتغيرات وعدد القيود، فان استخدام البرمجة الخطية امرا صعبا تقنيا، لذلك يلجا الى استخدام أساليب أخرى أهمها:[1]

- طريقة المسار الحرج (CPM).
- طريقة مراجعة وتقييم المشاريع (PERT).

وسيتم التطرق في هذا المحور الى طريقة المسار الحرج (CPM).

أولا: مجالات استخدام شبكات الاعمال ومزاياها

يستخدم تحليل شبكة الاعمال في مجالات عديدة نذكر منها:[2]

- عملية ادخال منتج جديد للسوق، والذي عادة ما يمر بمراحل مختلفة، تبدأ بظهور الفكرة وتنتهي بالتصميم النهائي للمنتج ووضع سياساته التسويقية.
- عملية انشار المباني سواء كان ذلك للإسكان او انشاء الطرق والمصانع والفنادق ....الخ.
- عملية ادخال نظم المعلومات ونظم الكميوتر في الشركات.
- تخطيط عمليات بناء السفن والطائرات وناقلات البترول ومركبات الفضاء.
- عمليات تصنيع وتجميع وانشاء محطات الكهرباء الكبيرة، وعمليات مد خطوط انابيب الغاز والبترول.
- برامج ادخال نظم للدفاع عن الجيش، وبرامج انتاج الأسلحة والصواريخ.

[1] – مؤيد عبد المحسن الفضل، المنهج الكيفي في إدارة الوقت، دار المريخ للنشر والتوزيع، الرياض، السعودية، 2008، ص193.

[2] – مقران يزيد، محاضرات وتطبيقات في بحوث العمليات 01، جامعة امحمد بوقرة، بومرداس، الجزائر، 2018 –2019، ص 156.

ويوفر تحليل شبكات الاعمال مجموعة من المزايا أهمها:[1]

- توفر إمكانية تحديد الأزمنة المختلفة لتنفيذ مختلف أنشطة المشروع.
- تعتبر قاعدة يتم الاعتماد عليها في عمليات التخطيط والتنبؤ في المشاريع.
- تساعد الإدارة في التعامل مع الأخطاء المصاحبة لأي مشروع يتم تنفيذه.
- تمثل أساساً مهماً من أسس عملية اتخاذ القرارات.
- يمثل هذا الأسلوب وسيلة رقابة.

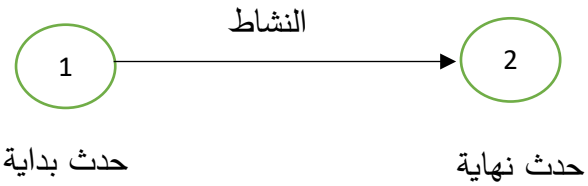
ثانيا: المفاهيم والمصطلحات الأساسية المتعلقة بشبكات الاعمال

يرتكز تحليل شبكة الاعمال على مجموعة من المفاهيم الأساسية هي:

1- المشروع: هو عبارة عن مجموعة من الأنشطة المرتبطة ببعضها البعض من خلال علاقات، ويتم تمثيله في خريطة زمنية او شبكة تلخص كل المعطيات المتعلقة به.

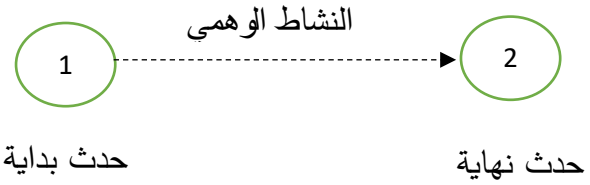
2- النشاط: هو أي جزء من المشروع، يستغرق وقتا معينا، ويخصص له مورد معين من موارد المشروع. لكل نشاط نقطة بداية (حدث بداية) ونقطة نهاية (حدث نهاية)، ويعبر عنه بسهم موجه يربط بين النقطتين.

3- الحدث: هو نقطة بداية او نقطة نهاية النشاط، فكل نشاط يعبر عنه بحدثين، حدث البداية وحدث النهاية، ويتم تمثيله على الشبكة بواسطة دائرة.

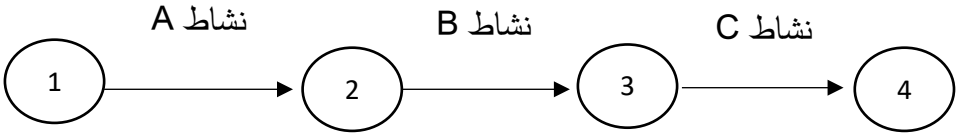


[1] – سونيا محمد البكري، استخدام الأساليب الكمية في الإدارة، مكتبة الاشعاع، الإسكندرية، مصر، 1997، ص67.

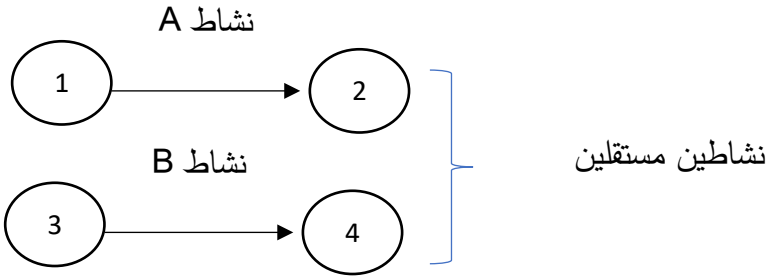
4- النشاط الوهمي: هو النشاط الذي لا يستغرق وقتاً ولا يستلزم أي موارد، أي أن الوقت المستغرق من قبل النشاط الوهمي يعادل صفر، وهو نشاط نستعين به لرسم الشبكة فقط. وعادة يعبر عن النشاط الوهمي في صورة سهم ذات خطوط متقطعة (على شكل خط متقطع) ويعبر عنه بهذا الشكل من أجل تمييزه عن الأنشطة الحقيقية.

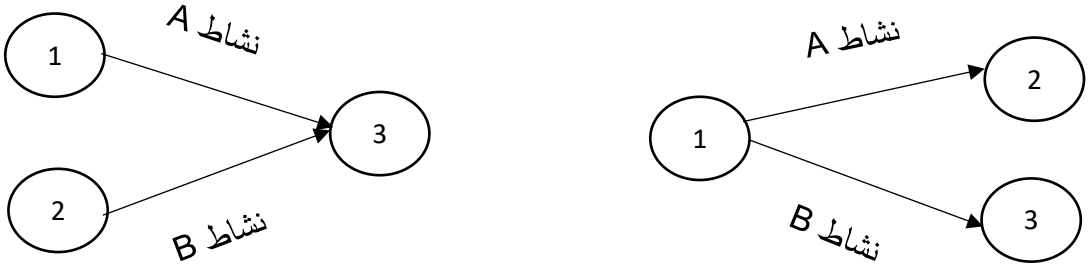


5- الأنشطة المتتابعة: وهي الأنشطة المرتبة وفق تسلسل متتالي، بحيث لا يمكن انجاز النشاط اللاحق الا بعد الانتهاء من النشاط السابق.



6- الأنشطة المتوازية: هي الأنشطة التي يتم تنفيذها في نفس الوقت، بحيث يتم تنفيذ نشاطين أو أكثر في وقت واحد، أي انجاز أي منها لا يتوقف على الاخر.





7- المسار: هو سلسلة من الأنشطة التي تكون مشروعا معينا، وفق ترتيب محدد ويمثل بمجموعة من الاقواس والدوائر.

8- شبكة الاعمال: هي بيان متكون من مجموعة من الاقواس الموجهة باسهم، ومجموعة من الدوائر، تعطينا خريطة زمنية للمشروع.

ثالثا: شروط اعداد شبكة الاعمال

لإعداد شبكة الاعمال، يتطلب مراعاة مجموعة من الشروط هي:[1]

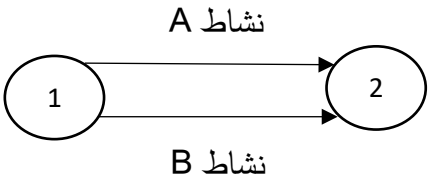
- لكل شبكة اعمال او مشروع نقطة بداية واحدة (حدث بداية واحد)، ونقطة نهاية واحدة (حدث نهاية واحد).
- كل نشاط يمثل بسهم واحد موجه، طرفاه يقعان عند دائرة صغيرة مرقمة تسمى الحدث.
- لا يمكن ترقيم الحدث حتى يتم ترقيم الاحداث السابقة لها، ولا يمكن ان تكون ازدواجية في الأرقام.
- تحديد الوقت اللازم لإنجاز كل نشاط على حدى، ووضعه امامه على الشبكة.
- التحديد الدقيق للأنشطة التي يتضمنها المشروع، وترتيب هذه الأنشطة بشكل يعكس التتابع والترتيب المنطقي للأعمال والأنشطة المختلفة، حيث يتعين عند تحديد كل نشاط على الشبكة ضرورة التعرف على النشاط او الأنشطة التي قد تحدث في نفس وقت حدوثه، وكذلك الأنشطة التي تليه والتي تسبقه.

رابعا: الأخطاء التي يجب تجنبها عند اعداد شبكة الاعمال

عند بناء شبكة الاعمال يجب تجنب الأخطاء التالية:

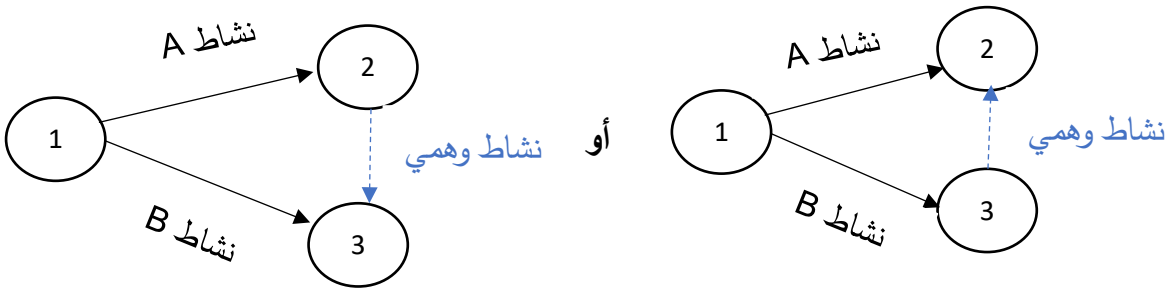
1- لا يجب رسم نشاطين يبدان بحث واحد وينتهيان بحدث واحد.

رسم خاطئ



ولتصحيح هذه الحالة، نستعين بالنشاط الوهمي الذي زمن تنفيذه معدوم، ويصبح الشكل كالتالي:

[1] – طلال عبود، طاهر حسن، بحوث العمليات، الجامعة الافتراضية السورية، على الموقع الالكتروني:
https://pedia.svuonline.org/pluginfile.php/3298/mod_resource/content/13/.pdf Le 13/12/2023.



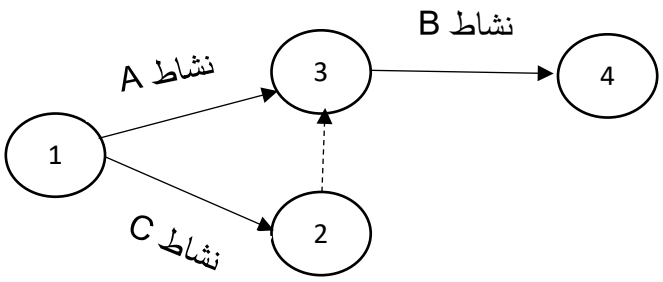
مثال رقم (1-6):

لدينا مشروع يتكون من الأنشطة A، B، C تنفذ كما يلي:

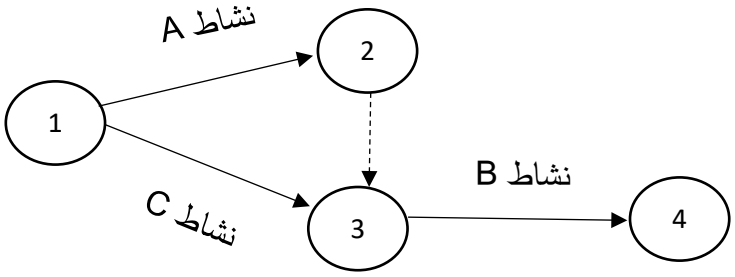
- النشاط A لا يسبقه شيء.
- النشاط C لا يسبقه شيء.
- النشاط B يسبقه A و C.

كيف يمكن ان نمثل هذه الأنشطة على شبكة الاعمال؟

حل المثال رقم (1):

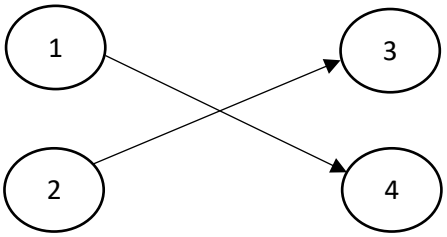


او

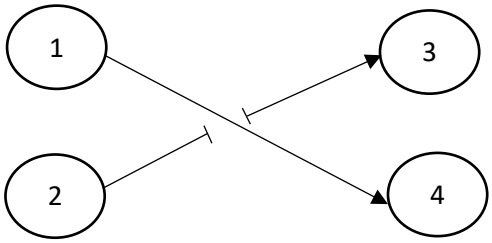


ملاحظة: لا يتم إضافة الأنشطة الوهمية الا عند الضرورة.

2- تجنب تقاطع الأسهم داخل الشبكة.

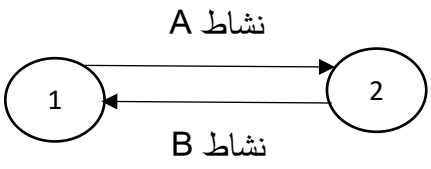


رسم خاطئ

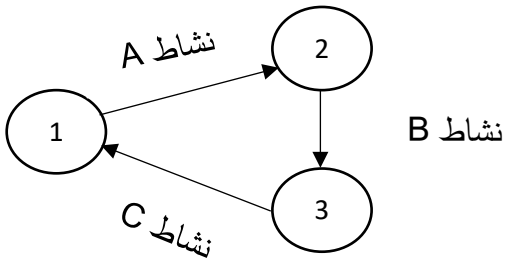


رسم صحيح

3- تتجه كل المسارات من نقطة البداية الى نقطة النهاية، وبالتالي تجنب رسم مسار دائري كما يلي:



رسم خاطئ



رسم خاطئ

خامسا: رسم شبكة الاعمال

لرسم شبكة الاعمال نتبع الخطوات التالية:[1]

1- انشاء جدول يحدد أنشطة المشروع ومدة إنجازها، والانشطة السابقة لها.

2- نحدد المستوى الأول من الأنشطة وتمثل الأنشطة التي لا يسبقها أي نشاط اخر.

3- نشطب أنشطة المستوى الأول من جدول الأنشطة السابقة، فنحصل على أنشطة لا تسبقها أنشطة أخرى، فنعتبرها المستوى الثاني، نكرر العملية حتى ننتهي من تحديد كافة المستويات.

4- كل مستوى يعطينا مرحلة من مراحل انجاز المشروع من بدايته الى نهايته، والأنشطة المرتبطة بها.

5- المرحلة الأولى تبدأ من حدث البداية والمرحلة الأخيرة تنتهي عند حدث النهاية.

[1] – قويدر بورقبة، مرجع سبق ذكره، ص64.

6- نرسم كل الاحداث والأنشطة المتعلقة بالمشروع على الشبكة مع إعطاء كل حدث رقم، وادراج مدة كل نشاط على حدى في الرسم.

مثال رقم (2-6):

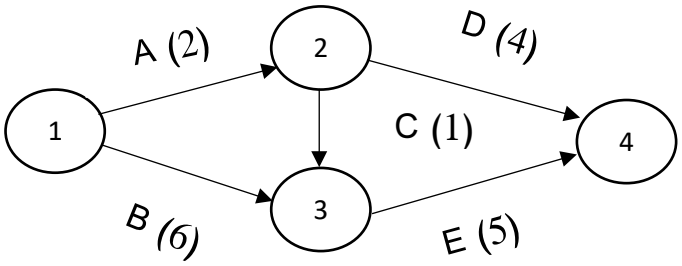
يوضح هذا الجدول الأنشطة المختلفة لمشروع معين، وزمن تنفيذ كل نشاط.

النشاط	النشاط السابق	الزمن بالأيام
A	-	2
B	-	6
C	A	1
D	A	4
E	B-C	5

المطلوب: ارسم شبكة الاعمال المناسبة لهذا المشروع.

حل المثال رقم (2-6):

نلاحظ من خلال الجدول ان أنشطة البداية هي النشاطين A و B، فهما لا يسبقهما ان نشاط، في حين يعتبر النشاطين D و E نشاطي النهاية، بحيث لا يلهما أي نشاط. ومنه ستكون شبكة الاعمال كما يلي:



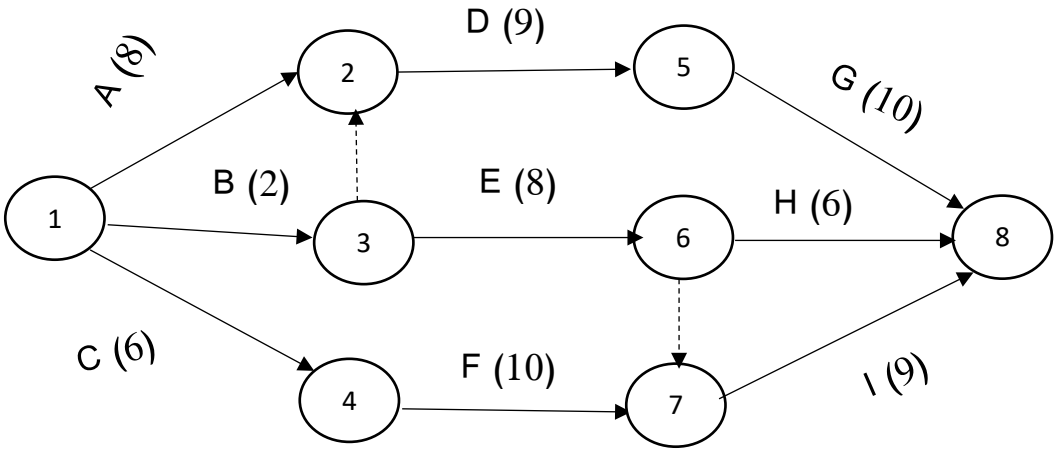
مثال رقم (3-6):

الجدول التالي يوضح الأنشطة الأساسية لاحد المشاريع والمدة اللازمة لتنفيذ كل نشاط:

النشاط	النشاط السابق	مدة التنفيذ
A	-	8
B	-	2
C	-	6
D	A-B	9
E	B	8
F	C	10
G	D	10
H	E	6
I	F-E	9

المطلوب: ارسم شبكة الاعمال الممثلة للجدول أعلاه.

حل المثال رقم (3-6):



مثال رقم (4-6):

يرغب مدير التسويق في احدى الشركات المنتجة للحليب ومشتقاته، طرح جبن جديد للسوق، وقد أظهرت الدراسة ان لإعداد هذا الجبن يجب المرور بالخطوات التالية:

- الحصول على حليب البقرة.
- توحيد الحليب للحصول على المستوى المطلوب من نسبة الدهون.
- اخذ حامض الستريك وحضر محلول 1%.
- تسخين حامض الستريك الى 70 درجة مئوية.
- غلي الحليب على نار متوسطة.
- تبريد الحليب الى 70 درجة مئوية، واضافة محلول حامض الستريك ببطء حتى ينفصل مصل اللبن المصفر.
- تصفية المزيج بقطعة قماش او شاش نظيفة.
- وضع المزيج تحت الماء المتدفق لمدة دقيقة، ثم الضغط للتخلص من الماء الزائد.
- تعليق القماش لمدة 15 دقيقة حتى يتم تصريف مصل اللبن بالكامل.
- تحضير قالب لتشكيل كتلة الجبن.
- ملأ القالب بكتلة القماش وربطه.
- وضع الكتلة تحت شيء ثقيل لمدة تصل الى ساعتين.
- قطع الجبن الى قطع واستخدامه حسب الحاجة.

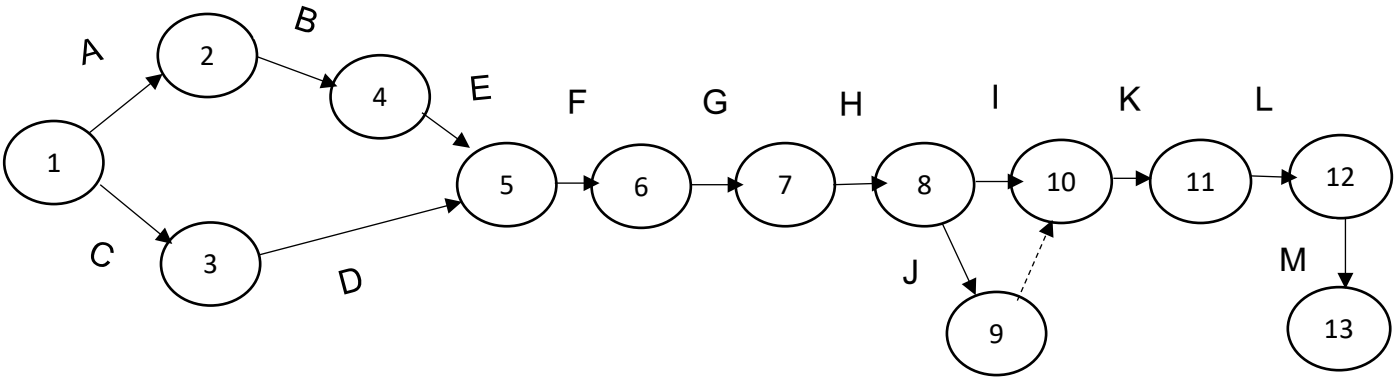
المطلوب: ارسم شبكة الاعمال المعبرة عن هذا المشروع.

حل المثال رقم (4-6):

قبل رسم الشبكة، نقوم أولا ترتيب الأنشطة في جدول، مع تحديد الأنشطة السابقة واللاحقة لكل نشاط.

النشاط	وصف النشاط	النشاط السابق
A	الحصول على حليب البقرة	–
B	توحيد الحليب للحصول على المستوى المطلوب من نسبة الدهون	**A**
C	اخذ حامض الستريك وحضر محلول 1%	–
D	تسخين حامض الستريك الى 70 درجة مئوية	**C**
E	غلي الحليب على نار متوسطة	**B**
F	تبريد الحليب الى 70 درجة مئوية، واضافة محلول حامض الستريك ببطء حتى ينفصل مصل اللبن المصفر	**D–E**
G	تصفية المزيج بقطعة قماش او شاش نظيفة	**F**
H	وضع المزيج تحت الماء المتدفق لمدة دقيقة، ثم الضغط للتخلص من الماء الزائد	**G**
I	تعليق القماش لمدة 15 دقيقة حتى يتم تصريف مصل اللبن بالكامل	**H**
J	تحضير قالب لتشكيل كتلة الجبن	**H**
K	ملأ القالب بكتلة القماش وربطه	**I–J**
L	وضع الكتلة تحت شيء ثقيل لمدة تصل الى ساعتين	**K**
M	قطع الجبن الى قطع واستخدامه حسب الحاجة	**L**

*رسم الشبكة:



سادسا: طريقة المسار الحرج (CPM)

1- تعريف طريقة المسار الحرج

طورت طريقة المسار الحرج (**C**ritical **P**ath **M**ethod) في الو. م .ا عام 1957، حيث تهدف هذه الطريقة إلى تحديد مدة تنفيذ مشروع معين يتكون من عدة مراحل أو عمليات، وتحديد العمليات التي يستلزم وضعها تحت رقابة مستمرة لأنها قد تسبب تعطيل إنجاز المشروع كله، وتحديد المسار الذي ينبغي تتبعه باستمرار لأن أي تأخير يحدث للأنشطة التي تقع على هذا المسار تؤدي إلى تعطيل المشروع بكامله.

ويتطلب استخدام هذه الطريقة ضرورة إعداد جدول زمني للأنشطة المختلفة التي يتكون منها المشروع وذلك حتى يمكن إنجازه في أقل وقت ممكن وبالموارد المتاحة.

وتتضمن طريقة المسار الحرج ثلاث مراحل أساسية هي:[1]

- اعداد خطة انجاز المشروع.
- اعداد البرنامج الزمني للمشروع، من خلال البرنامج الزمني لكل نشاط فيه.
- مراقبة سير العمل والتحكم فيه.

2- مزايا طريقة المسار الحرج

يمكن تلخيص المزايا او الفوائد التي تتحقق نتيجة لتطبيق طريقة المسار الحرج فيما يلي:

- تفرض طريقة المسار الحرج ضرورة اجراء تحليلي تفصيلي للمشروع، مما يؤدي الى بناء خطة عمل أفضل.
- التنبؤ بالوقت اللازم لإنجاز المشروع.
- تمنح هذه الطريقة صورة واضحة لتسلسل الأنشطة التي يتكون منها المشروع.
- الحصول على أداة متابعة المشروع مراقبة العمل وقياس الأداء في تنفيذ الأنشطة المحددة، بما يسهل مقارنة ما تم تنفيذه في الواقع، بما تم اعتماده في الخطة.
- تحدد هذه الطريقة الأنشطة التي يجب ان تنفذ في أوقات محددة، وإذا تأخرت سيؤدي ذلك الى تأخر وقت انهاء المشروع ككل.
- تسهل هذه الطريقة عملية اجراء التعديلات على خطة العمل والبرامج، مع الاحتفاظ بالسيطرة عليها.

[1] – محمد راتول، مرجع سبق ذكره، ص290.

- معرفة المسار الحرج من خلال الشبكة، يمكن من تحديد التكلفة المطلوبة لإنجاز المشروع.

3- تحديد المسار الحرج

المسار الحرج هو أطول المسارات في الشبكة، وهو مجموعة من الأنشطة المتابعة والتي إذا تأخرت فترة تنفيذ أحدها سيؤثر على موعد الانتهاء من المشروع ككل.

*تسمى الأنشطة التي تكون المسار الحرج الأنشطة الحرجة.

*يمكننا ان نجد أكثر من مسار حرج واحد في نفس الشبكة.

وقبل تحديد المسار الحرج، يجب حساب عدد من الأوقات على الشبكة هي:

أ- الوقت المبكر لبداية النشاط (بداية مبكرة):

هو أبكر وقت ممكن للبدا في النشاط، مع الاخذ بعين الاعتبار الأنشطة السابقة له.

الوقت المبكر لبداية النشاط = الوقت المبكر لبداية النشاط السابق له + زمن انجاز النشاط

*الوقت المبكر لبداية الأنشطة الأولى يكون معدوم.

*اذا كان النشاط المعني يسبقه اكثر من نشاط واحد، يصبح لدينا:

الوقت المبكر لبداية النشاط = Max (الوقت المبكر لبداية النشاط السابق + زمن انجاز النشاط)

*تحسب الأوقات المبكرة لبداية الأنشطة من بداية النشاط الأول الى اخر نشاط في المشروع (من يسار الشبكة الى يمينها).

ب- الوقت المتأخر لنهاية النشاط (نهاية متأخرة):

هو اخر وقت ممكن لأنهاء النشاط، بحيث يظل بإمكاننا انهاء المشروع ككل في الوقت المحدد.

الوقت المتأخر لنهاية النشاط = الوقت المتأخر لنهاية النشاط اللاحق – زمن انجاز النشاط

*الوقت المتأخر لنهاية النشاط الأخير، أي لأخر نقطة في المشروع يساوي زمن انجاز المشروع.

*في نقطتي البداية والنهاية للمشروع يكون:

الوقت المتأخر

لنهاية النشاط = الوقت المبكر لبداية النشاط

*اذا كان النشاط يليه اكثر من نشاط واحد، يصبح الوقت المتأخر لنهاية النشاط كما يلي:

الوقت المتأخر لنهاية النشاط = Min (الوقت المتأخر لنهاية النشاط اللاحق – زمن انجاز النشاط)

ج- البداية المتأخرة والنهاية المبكرة:

البداية المتأخرة هي اقصى تأخير في زمن بداية النشاط، دون ان يؤدي ذلك الى تأخير المشروع ككل، بمعنى يمكن التأخير ضمن انتظار أنشطة أخرى يمكن ان تنجز. اما النهاية المبكرة فهي عبارة عن أقرب او أبكر وقت يمكن أن ينتهي فيه تنفيذ نشاط معين.

د- الوقت الفائض:

الوقت الفائض لأي نشاط من الأنشطة هو الفرق بين البداية المتأخرة والبداية المبكرة لهذا النشاط أو الفرق بين النهاية المتأخرة لهذا النشاط ونهايته المبكرة، حيث أن البداية المتأخرة تمثل آخر وقت يمكن أن نبدأ فيه هذا النشاط، على أن لا يتأخر إنهاء المشروع عن الوقت المحدد نتيجة تحليل المسار الحرج. بينما تمثل البداية المبكرة أقرب وقت يمكن البدء فيه بهذا النشاط نتيجة لتسلسل العمليات، وعلى هذا الأساس يمثل الفرق بين البداية المتأخرة والبداية المبكرة للزمن الفائض وهو الوقت الذي يمكن تأخير الابتداء في النشاط بدون أن يؤثر ذلك على موعد الانتهاء من المشروع طبقاً للزمن المحدد في المسار الحرج.

الزمن الفائض = البداية المتأخرة – البداية المبكرة

او:

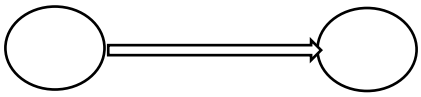
الزمن الفائض = النهاية المتأخرة – النهاية المبكرة

*الوقت الفائض للأنشطة الحرجة تساوي 0

*بعد تدوين الأوقات المبكرة والمتأخرة على شبكة الاعمال، نحدد المسار الحرج وهو سلسلة الأنشطة التي يتساوى فيها الوقت المبكر لبداية النشاط والوقت المتأخر لنهاية النشاط.

*تحدد سلسلة الأنشطة الحرجة زمن انجاز المشروع.

*يتم تمييز الأنشطة الحرجة في على الشبكة برسم مسار مزدوج عليها.



*تخضع الأنشطة الحرجة الى مراقبة دقيقة عند تنفيذها، لان أي تأخير في تنفيذها يؤدي الى تأخر في تنفيذ المشروع ككل.

مثال رقم (5-6):

الجدول التالي يظهر الأنشطة التي يتكون منها مشروع معين.

النشاط	النشاط السابق	مدة التنفيذ النشاط (بالاسبوع)
A	-	6
B	A	20
C	B	12
D	-	20
E	C	24
F	-	6
G	F	20
H	G	4

المطلوب:

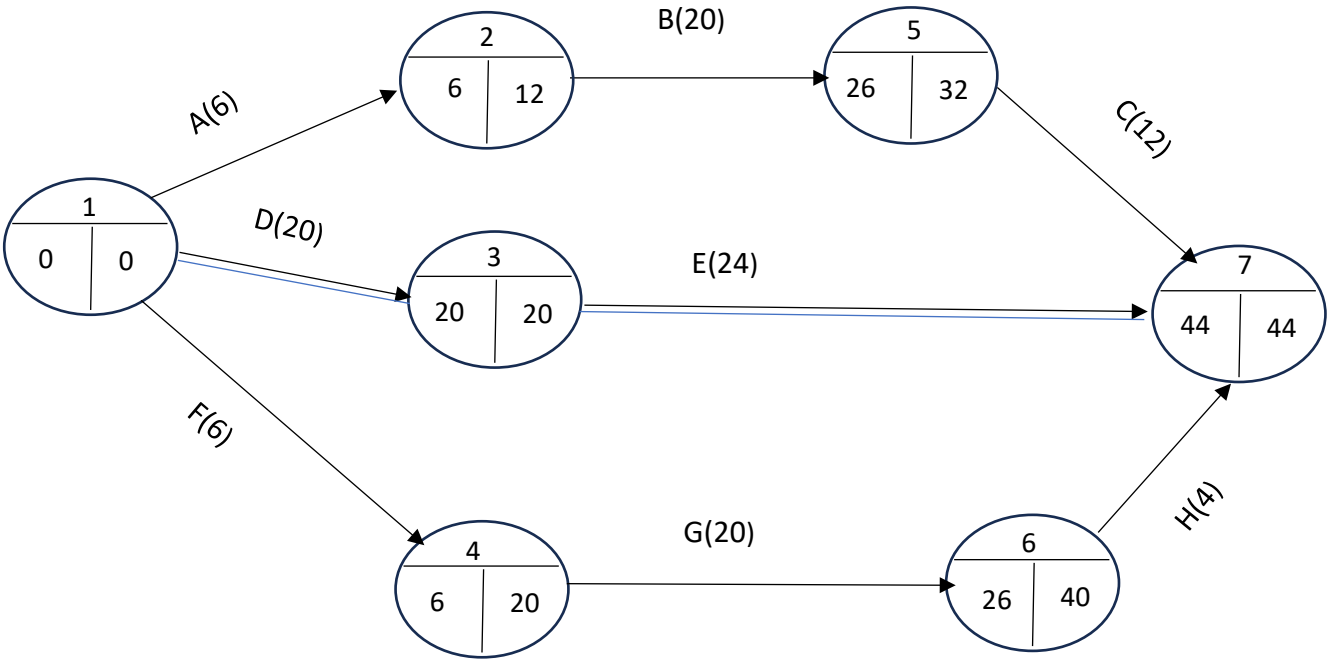
1- ارسم شبكة الاعمال لهذا المشروع.

2- احسب الأوقات المبكرة والمتأخرة لبداية ونهاية كل نشاط

3- حدد المسار الحرج وزمن تنفيذ المشروع.

حل المثال رقم (5-6):

1- رسم شبكة الاعمال:



2- حساب الأوقات المبكرة والاوقات المتأخرة:

الزمن المبكر لبداية الأنشطة A، F،D هو "صفر" لأنها أنشطة البداية.

النشاط	مدة الانجاز	الأوقات المبكرة		الأوقات المتأخرة		الوقت الفائض
		البداية	النهاية	البداية	النهاية	
A	6	0	6	6	12	6
B	20	6	26	12	32	6
C	12	26	38	32	44	6
D	20	0	20	0	20	0
E	24	20	44	20	44	0
F	6	0	6	14	20	14
G	20	6	26	20	40	14
H	4	26	30	40	44	14

3- تحديد المسار الحرج وزمن تنفيذ المشروع:

*المسار الحرج هو: D-E

*زمن تنفيذ المشروع هو مجموع ازمنة الأنشطة الحرجة وهو 44 اسبوع.

مثال رقم (6-6):

لتكن لدينا مشروع مبين انشطته والاوقات اللازمة لإنجازها في الجدول التالي:

النشاط	النشاط السابق له	مدة تنفيذ النشاط
A	-	2
B	A	10
C	A-B	2
D	A	5
E	B	3
F	C-E	1
G	C-D	5
H	D-G	6
I	F-H	5

المطلوب:

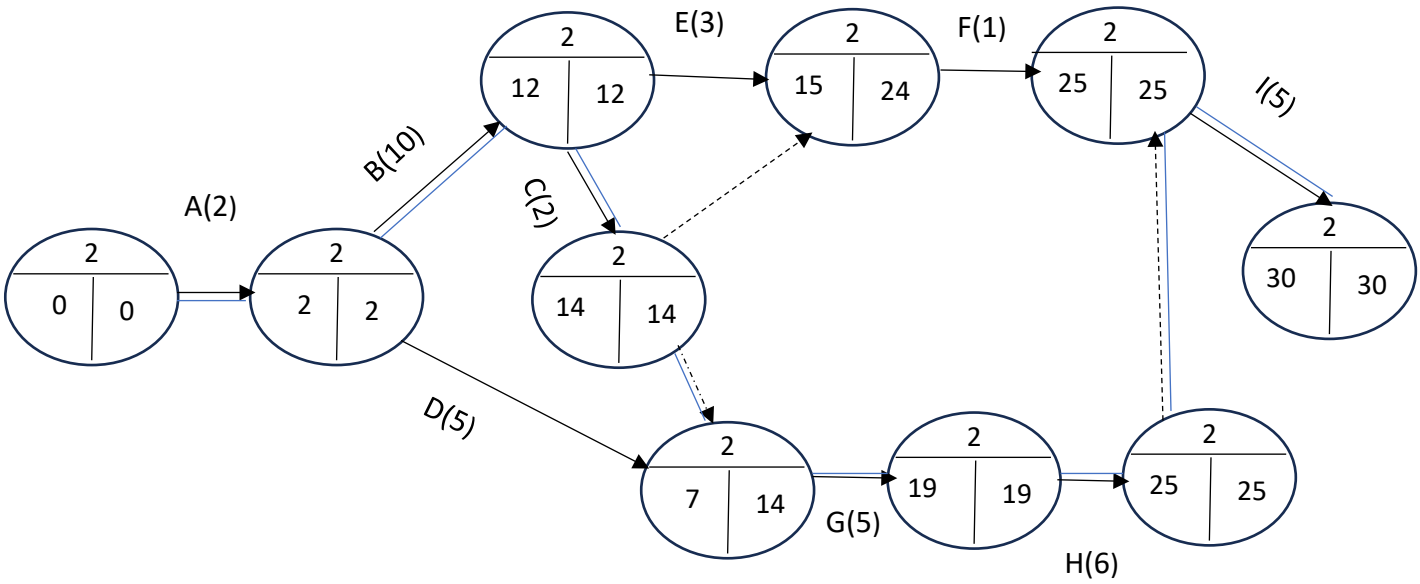
1- رسم شبكة الاعمال لهذا المشروع.

2- حساب زمن البداية المبكرة، زمن النهاية المبكرة، زمن البداية المتأخرة وزمن النهاية المتأخرة لكل نشاط.

3- تحديد المسار الحرج ومدة تنفيذ المشروع.

حل المثال رقم (6-6):

1- رسم شبكة الاعمال:



2- حساب الأوقات المبكرة والاوقات المتأخرة:

النشاط	مدة الانجاز	الأوقات المبكرة		الأوقات المتأخرة		الوقت الفائض
		البداية	النهاية	البداية	النهاية	
A	2	0	2	0	2	0
B	10	2	12	2	12	0
C	2	12	14	12	14	0
D	5	2	7	9	14	7
E	3	12	15	21	24	9
F	1	15	16	24	25	9
G	5	14	19	14	19	0
H	6	19	25	19	25	0
I	5	25	30	25	30	0

3- تحديد المسار الحرج وزمن تنفيذ المشروع:

*المسار الحرج هو A-B-C-G-H-I

*زمن تنفيذ المشروع = 2+10+2+5+6+5 = 30

الخاتمة

من خلال كل ما سبق يمكن القول ان للأساليب الكمية أهمية قصوى بالنسبة لاي مؤسسة مهما كان نوع نشاطها تجاري، او صناعي، او خدماتي، من اجل اتخاذ القرارات الإدارية المناسبة في الوقت المناسب.

ومن هذا المنطلق قدمت هذه المطبوعة شرحا مبسطا لاهم الأساليب الكمية المعتمدة في إدارة التسويق، بطريقة تمكن الطالب من فهم كل أسلوب ومعرفة كيفية استخدامه والاستفادة منه في اتخاذ القرارات التسويقية بصفة خاصة او أي قرار داخل المؤسسة بصفة عامة، في الوقت والمكان المناسبين.

قائمة المراجع

أولا: باللغة العربية

I- الكتب:

1- ابراهيم موسى عبد الفتاح، مقدمة في بحوث العمليات، نماذج وتطبيقات، المكتبة العلمية للنشر،ا مصر، 2006.

2- أكرم محمد عرفان المعتدي، الأساليب الكمية في اتخاذ القرارات الإدارية، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، 2004.

3- اياد عبد الفتاح النسور، أساليب التحليل الكمي مدخل لدراسة التسويق الحديث، دار صفاء للطباعة والنشر والتوزيع، عمان، الأردن.

4- جلال إبراهيم العبد، استخدام الأساليب الكمية في اتخاذ القرارات الإدارية، دار الجامعة الجديدة، الإسكندرية، مصر، 20014.

5- جمال عبد العزيز صابر، بحوث العمليات في الحاسبة، كلية التجارة، جامعة القاهرة، مصر، 2009

6- حامد سعد نور الشمرتي، بحوث العمليات – مفهوما وتطبيقا –، الطبعة الأولى، دار الذاكرة للنشر، العراق، 2010.

7- حامد سعد نور الشمرتي، علي خليل الزبيدي، مدخل الى بحوث العمليات، دار مجدلاوي، عمان، 2007.

8- حسين محمود الجنابي، الاحدث في بحوث العمليات، الطبعة الأولى، دار الحامد للنشر والتوزيع، عمان ، الأردن، 2010.

9- ديفيد اندرسون، تعريب محمد توفيق البلقيني ومرفت طلعت المحلاولي، الأساليب الكمية في الإدارة، دار المريخ، الرياض، السعودية، 2006.

10- سهيلة عبد الله سعيد، الجديد في الأساليب الكمية وبحوث العمليات، الطبعة الأولى، دار حامد للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، 2007.

11- سليمان محمد مرجان، " بحوث العمليات "، دار الكتب الوطنية بن غازي، ليبيا ، الطبعة الأولى، 2002.

12- صوار يوسف، طاوش قندوسي، محاضرات في البرمجة الخطية، جامعة الطاهر مولاي، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر.

13- عبد الحميد عبد الحميد البلداوي، الأساليب الكمية التطبيقية في إدارة الاعمال، دار وائل للنشر والتوزيع، الأردن، 2008.

14- محمد الطراونة وسليمان عبيدات، مقدمة في بحوث العمليات، دار المسيرة انشر والتوزيع، عمان، الأردن، 2008.

15- محمد راتول، بحوث العمليات، ديوان المطبوعات الجامعية الجزائر 2006.

16- مكيد علي، بحوث العمليات وتطبيقاتها الاقتصادية، الجزء الأول، الطبعة الثانية، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 2011.

17- منعم زمزير الموسوي، مقدمة في بحوث العمليات، منشورات الجامعة المفتوحة، طرابلس، 1995.

18- مؤيد عبد المحسن الفضل، المنهج الكيفي في إدارة الوقت، دار المريخ للنشر والتوزيع، الرياض، السعودية، 2008.

19- نجم عبود نجم، "مدخل للأساليب الكمية مع تطبيق باستخدام ميكروسوفت اكسل، الوراق للنشر والتوزيع، الأردن، 2008.

20- نجم عبود نجم، مدخل الى الأساليب الكمية "النماذج المؤكدة"، دار الوراق للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، 2023.

II- المجلات و الدوريات

1- بن زخروفة بوعلام، عطية العربي، دور شجرة القرار في تحسين القرارات التسويقية "دراسة حالة شركة الاصنامية الخاصة بتصنيع وتسويق المشروبات الغازية، لسنة 2015، مجلة العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية، العدد 17، الجزائر، 2017.

2- حياة صغور، نظرية الألعاب الاستراتيجية، مجلة الدراسات العليا، العدد 12، دمشق، سوريا.

3- سونيا محمد البكري، استخدام الأساليب الكمية في الإدارة، مكتبة الاشعاع، الإسكندرية، مصر، 1997.

4- عمر محمد ناصر حسين، عبيد محمود حسن الزويعي وعادل موسى يونس، تطبيقات البرمجة الخطية في نماذج لنقل، مجلة العلوم والتكنولوجيا، المجلد 13، 2012.

III- المطبوعات الجامعية:

1- بن جلول خالد، مطبوعة بيداغوجية في نظرية اتخاذ القرار، مطبوعة جامعية، جامعة 08 ماي 1945 قالمة، الجزائر 2018 /2019.

2- بهلولي فيصل: رياضيات المؤسسة "دروس وتطبيقات"، مطبوعة جامعية، جامعة البليدة 2 لونيسي علي، الجزائر، 2020/2019.

2- عبد السلام عبد اللاوي، محاضرات في اقتصاديات صنع القرار، مطبوعة جامعية، جامعة الجيلالي نونعامة خميس مليانة، الجزائر، 2020/ 2021، ص31.

3- قويدر بورقبة، محاضرات في نظرية اتخاذ القرار، جامعة زيان عاشور الجلفة، الجزائر، 2019/2018

4- مقران يزيد، محاضرات وتطبيقات في بحوث العمليات 01، جامعة امحمد بوقرة، بومرداس، الجزائر، 2018 /2019.

ثانيا: باللغة الأجنبية

1- Gupta Prem Kumar and Hira D.S. Operations research , S. Chand & company pvt. ltd, New Delhi, 2014.

2- Hamdy A Taha, Operations research : an introduction, Tenth edtition, Pearson Education Limited ,England, 2017.

4- Thierry Pénard, La Théorie des Jeux Et Les Outils D'analyse Des Comportements Stratégique, Université de Rennes 1, CRE, 2004.

ثالثا: مواقع الانترنيت

-هاني عرب، محاضرات في بحوث العمليات، على الموقع الالكتروني :

http://www.rsscrs.info

- طلال عبود، طاهر حسن، بحوث العمليات، الجامعة الافتراضية السورية، على الموقع الالكتروني:

https://pedia.svuonline.org/pluginfile.php/3298/mod_resource/content/13/.pdf

قائمة الاشكال

رقم الشكل	العنوان	الصفحة
1	أنواع الأساليب الكمية	9
2	الهيكل العام لشجرة القرار	27