الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire


Ministère de L'enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique
Université Ain Témouchent-Belhadj Bouchaib.
Faculté des Sciences Economiques commerciales et Gestion.

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة عين تموشنت - بلحاج بوشعيب
كلية العلوم الاقتصادية, التجارية و علوم التسيير


نيابة العمادة لما بعد التدرج والبحث العلمي
رقم القيد: ...../ م ج ب ب ع ت/م.ع.إ.ت.ع.ت /2022

عين تموشنت في: 2022/04/11

# مستخرج محضر المجلس العلمي ر قم 02

بتاريخ 23 أكتوبر 2021 اجتمع أعضاء المجلس العلمي لكلية العلوم الاقتصادية التجارية وعلوم التسيير بجامعة بلحاج بوشعيب بعين تموشنت :

وقد تم إدراج ضمن جدول أعماله:

قدم (ت) الأستاذ(ة) **بن مسعود نصر الدين** الرتبة أستاذ محاضر قسم "أ" مطبوعة بيداغوجية بعنوان " **بحوث العمليات محاضرات و تطبيقات opération research**" وتم تعيين ثلاثة خبراء سريين .

وبعد الاطلاع على التقارير الإيجابية الخاصة بتحكيم المطبوعة البيداغوجية أعلاه .

صادق المجلس العلمي على هذه المطبوعة.

**رئيس المجلس العلمي**

رئيس المجلس العلمي
د. زدوك كمال

المكتبة المركزية
جامعة عين تموشنت

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم والبحث العلمي

جامعة بلحاج بوشعيب عين تموشنت

كلية العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية

مطبوعة بيداغوجية موجهة لطلبة الليسانس والماستر بعنوان:

# بحوث العمليات: محاضرات وتطبيقات

# OPERATION RESEARCH

إعداد: د/ بن مسعود نصرالدين

السنة الجامعية: 2020-2021

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
المكتبة المركزية
جامعة عين تموشنت

## فهرس المحتويات:


| رقم المحاضرة | عنوان المحاضرة | الصفحات |
|---|---|---|
| 01 | بحوث العمليات | |
| 02 | البرمجة الخطية الأحادية الهدف | |
| 03 | البرمجة الخطية الأحادية الهدف (تابع) | |
| 04 | البرمجة بالأهداف | |
| 05 | البرمجة بالأهداف (تابع) | |
| 06 | مشاكل النقل | |
| 07 | نظرية الالعاب | |
| 08 | نظرية صفوف الانتظار | |
| 09 | نظرية صفوف الانتظار (تابع) | |
| 10 | المحاكاة | |
| 11 | تسيير المخزون | |
| 12 | إدارة المشاريع | |
| 13 | إدارة المشاريع (تابع) | |

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم والبحث العلمي

جامعة بلحاج بوشعيب عين تموشنت

كلية العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية

مطبوعة موجهة لطلبة الليسانس والماستر بعنوان:

# بحوث العمليات

## *** محاضرات وتطبيقات ***

إعداد: د/ بن مسعود نصرالدين

السنة الجامعية: 2020-2021

**بسم الله الرحمن الرحيم**

**وَيَسْأَلُونَكَ عَنِ الرُّوحِ ۖ قُلِ الرُّوحُ مِنْ أَمْرِ رَبِّي وَمَا أُوتِيتُم مِّنَ الْعِلْمِ إِلَّا قَلِيلًا (85)**

**صدق الله العظيم.**

**سورة الإسراء**

مقدمة عامة:

يسعدنا أن نتقدم بهذه المطبوعة البيداغوجية والمتواضعة إلى طلابنا في مجال العلوم الاقتصادية والتسيير والعلوم التجارية بجميع المستويات ومختلف التخصصات، والتي نسعى من خلالها تقديم مجموعة من المحاضرات بالشكل الذي يسمح بسرعة الفهم والسهولة في استيعاب هذه المادة والتي هي بحوث العمليات.

وما جاء ت به هذه المطبوعة البيداغوجية هو استعراض لأهم أساليب بحوث العمليات والأكثر شيوعا بشكل مختصر وملخص من الجانب النظري مع إرفاق ذلك بمجوعة من التمارين مع الحول، حيث كل أسلوب إلا وجعلنا له ملخص نظري يعتمد على الأساسيات المتعلقة به مرفوق بتمارين مع الحل. وكان ذلك في شكل اثنى عشرة محاضرة وذلك حسب البرنامج المعد من طرف وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.

المحاضرات المستعرضة في هذه المطبوعة البيداغوجية كانت مفصلة حسب ساعات التدريس وكانت مختصرة على المعلومات الأساسية والضرورية لتسهيل الفهم للطالب، وكل محاضرة مرفقة بمجموعة من التمارين مع الحل، والتي يمكن ذكرها بصفة عامة كما يلي:

- المحاضرة رقم 1 : خصصت للاستعراض مفهوم بحوث العمليات وتوضيح أهميتها؛
- المحاضرة رقم 2 : خصصت للاستعراض الجزء الأول من أسلوب البرمجة الخطية الأحادية الهدف؛
- المحاضرة رقم 3 : خصصت للاستعراض الجزء الثاني من أسلوب البرمجة الخطية الأحادية الهدف،
- المحاضرة رقم 4 : خصصت للاستعراض الجزء الأول من أسلوب البرمجة بالأهداف؛
- المحاضرة رقم 5 : خصصت للاستعراض الجزء الثاني من أسلوب البرمجة بالأهداف؛
- المحاضرة رقم 6 : خصصت للاستعراض أسلوب مسائل النقل؛
- المحاضرة 7 : خصصت للاستعراض أسلوب نظرية الالعاب؛
- المحاضرة 8 : خصصت للاستعراض الجزء الأول من أسلوب صفوف الانتظار؛
- المحاضر 9 : خصصت للاستعراض الجزء الثاني من أسلوب صفوف الانتظار؛
- المحاضرة 10: خصصت للاستعراض أسلوب المحاكاة؛
- المحاضرة 11: خصصت للاستعراض أسلوب تسيير المخزون؛
- المحاضرة 12: خصصت للاستعراض أسلوب إدارة المشاريع.

## فهرس المحتويات:


| رقم المحاضرة | عنوان المحاضرة | الصفحات |
|---|---|---|
| 01 | بحوث العمليات | |
| 02 | البرمجة الخطية الأحادية الهدف | |

| | | |
|---|---|---|
| 03 | البرمجة الخطية الأحادية الهدف (تابع) | |
| 04 | البرمجة بالأهداف | |
| 05 | البرمجة بالأهداف (تابع) | |
| 06 | مشاكل النقل | |
| 07 | نظرية الالعاب | |
| 08 | نظرية صفوف الانتظار | |
| 09 | نظرية صفوف الانتظار (تابع) | |
| 10 | المحاكاة | |
| 11 | تسيير المخزون | |
| 12 | إدارة المشاريع | |
| 13 | إدارة المشاريع (تابع) | |

# المحاضرة رقم 01: نظرة شاملة حول بحوث العمليات

## Operation Research

1- تمهيد مختصر:

في ظل التغيرات التي عرفتها بيئة الأعمال خصوصا في السنوات الأخيرة على جميع الأصعدة اقتصاديا واجتماعيا وسياسيا وثقافيا...الخ، أصبحت المؤسسات تعاني من مشاكل عدة سواء على المستوى الداخلي أو المستوى الخارجي، وهذا ما دفع المهتمين بالبحث في أساليب الإدارة والتسيير ونظم القرار إعادة النظر في كيفية تسيير شؤون هذه المؤسسات لتجنب أو تفادي تلك المشكل التي تتخبط فيها.

ولعل من أهم الأساليب التي توصلوا اليها الباحثين نجد الأساليب الكمية التي جاءت من النظرية الكمية التي تعتبر القياس له دور كبير في تخطيط أمور المؤسسات، ومن أهم تلك الأساليب نجد على راسها أساليب بحوث العمليات ( Operation Research).

## 2- تاريخ ظهور فكرة بحوث العمليات:

تعود جدور فكرة بحوث العمليات إلى أيام الحرب العالمية الثانية () أين طلبت[1] القيادة العسكرية للجيش البريطاني من تشكيل فريق ومجلس متنوع من القيادات والخبراء في شتى المجالات للبحث عن خطة عملية استراتيجية ميدانية مثلى تعتمد على الأفكار العلمية الحديثة أنداك بالاستعانة على الرياضيات والاحصاء تعمل على تخصيص وتخطيط الإمكانيات المتاحة للجيش من موارد بشرية ومادية من أجل تصدي هجمات الجيش الألماني، والتي بالفعل عرفت نجاح كبير أين تحول الأمر من التصدي والدفاع إلى أمر الهجوم على الألمان ومن تم سميت بفرقة أو مجموعة بحوث العمليات.

وبعد ذلك قامت[2] السلطات البريطانية بإعادة ترميم وانشاء مختلف مصانعها المدمرة من جراء الحرب وكان ذلك بالاستعانة بفريق بحوث العمليات خاصة اللذين كان لهم مساهمة في الحرب العالمية، حيث أقيمت لهم مراكز ومخابر بحثية متخصصة في تلك المصانع بغرض اتخاد قرارات إدارية تتعلق بتخصيص الموارد، تحديد المزيج السلعي، تخطيط الإنتاج، إدارة المخازن، جدولة الإنتاج، وإلى غيرها من المسائل المتعلقة بتسيير تلك المصانع.

كما أوضحت بعض الكتب والمراجع أن الجدور العلمية لبحوث العمليات ترجع إلى تاريخ يسبق بكثير ما هو متحدث عليه في كتابات أخرى حيث قد ترجع إلى سنتي 1859 و 1784 أين ظهرت البرمجة الخطية بحكم أنها أسلوب من أساليب بحوث العمليات، ووقد يرجع ظهورها كذلك إلى ظهور النماذج الرياضية خلال السنوات 1783 1796 1903.[3]

## 3- مفهوم بحوث العمليات:

من خلال استعراضنا لتاريخ ظهور فكرة بحوث العمليات يظهر لنا أن بحوث العمليات من الناحية اللغوية متكونة من كلمة بحوث أي مفرد بحث والذي يعبر عن ..... وكلمة العمليات التي هي من مفرد عملية والتي تعبر .... ومن الناحية التطبيقية أصبحت أسلوب مهم يتبعه المسير في أتخاد قرارته بشكل الذي يجعله مثولي، ومن هنا أهتم أصحاب نظم القرار والباحثين في مجال الإدارة والتسيير بهذا الأسلوب ليصبح معمم في تسيير العديد من المجالات وليس فقط المجال العسكري.

---

1. إبراهيم محمد الهادي، سلطان محمد عبد الحميد، ياسر محمد العدل، بحوث العمليات، الإحصاء التطبيقي وبحوث العمليات، الجزء الثاني المخصص لبحوث العمليات، مكتبة الجلاء الجديدة المنصورة، 2004، ص 03.

2 إبراهيم محمد الهادي، سلطان محمد عبد الحميد، ياسر محمد العدل، نفس الرجع السابق الذكر، ص 03.

3 عبد المنعم فليح عبد الله، خالد عبد المنعم زكي لبيب، محمد عبد العظيم حسن، الطاهر إبراهيم، بحوث العمليات في المحاسبة، الطبعة الثانية، الإصدار الأول، دار النشر: جهاز الكتب، كلية التجارة جامعة القاهرة، 2018، ص 17.

وتأسيسا على ذلك عرفت بحوث العمليات تطبيق واسع في مجالات عدة سنضرب أمثلة عنها لاحقا، وعرفت كذلك تطور كبيرا عبر مرور الزمن على يد العديد من الباحثين على رأسهم وأكثرهم شهرة نجد ( George dantzing 1948) و (Charnes and cooper 1951) .

وعلى أساس ما سبق يمكن القول أن:

بحوث العمليات تعتبر من أهم الدعائم الأساسية التي تركز وتعتمد عليها شتى المنشآت لحل المشاكل المعقدة والوصول إلى أمثل الحلول الممكنة[1]،

بحوث العمليات هي إحدى الأدوات الكمية التي تساعد الإدارة في عملية اتخاذ القرارات[2].

بحوث العمليات هي عبارة عن استخدام الطرق والأساليب والأدوات العلمية لحل المشاكل التي تتعلق بالعمليات الخاصة بأي نظام بغرض تقديم الحل الأمثل لهذه المشاكل للقائمين على إدارة هذا النظام.[3]

بحوث العمليات هي تطبيق لمجموعة من الأساليب العلمية بالاستعانة إلى مجموعة من الموارد المادية والبشرية، من خلال تطوير نظام يأخذ في الحسبان كل الصدف والمخاطر الممكن تلقيها في تطبيق ذلك، من أجل الوصول في الأخير إلى الحل الأمثل الذي يرضي المؤسسة.[4]

وبصفة عامة يمكن القول أن بحوث العمليات هي إحدى الوسائل العلمية الحديثة المتمثلة في مجموعة من الأساليب والنماذج المعتمدة على مبدا الرياضيات والاحصاء، تساعد على اتخاذ القرار من خلال اختيار أفضل البدائل والاستراتيجيات المتاحة للوصول إلى الحل الأمثل الذي يرضي صاحب القرار، وهذا كله لتجنب وتفادي سوء التسيير الذي ينجم منه هدر في الموارد المادية كانت أو البشرية ومخاطر قد تهدد بوضع المؤسسات ... ومن ثم الوصول إلى تحقيق أقصى المنافع سواء كانت مادية أو معنوية.

**4- المجالات التي طبقت والممكن تطبيق فيها بحوث العمليات:**

من المجالات والتخصصات التي بإمكاننا تطبيق فيها بحوث العمليات نجد:

- الميدان العسكري؛
- الميدان الصناعي والانتاجي ( تخطيط الإنتاج، تخطيط التسويق، تخطيط النقل والتوزيع، تخطيط الامداد، تسيير المخزون، جدولة المشاريع وإدارتها، تخطيط الصيانة، جدولة الإنتاج، تخطيط التموين والشراء، تخطيط احتياجات المؤسسة، تخطيط التكاليف، تخطيط الأرباح، تطوير الأداء، توزيع الموارد...الخ)،

---

[1] إبراهيم محمد محمدي، بحوث العمليات ( الطرق الكمية)، دار النشر مكتبة الجلاء الجديدة بالمنصورة، 2009/ 2008، ص 03.

[2] سليمان محمد مرجان، بحوث العمليات، الطبعة الأولى، دار الكتب الوطنية بنغازي ليبيا، 2002، ص 29.

[3] سليمان محمد مرجان، بحوث العمليات، نفس المرجع السابق الذكر، ص29.

[4] Rama. m, operation research, second Edition, Published by New Age International (P) Ltd.,2007.P 09.

- الميدان المالي ( تخطيط الميزانية، تسيير المحفظة المالية، تخطيط واختيار الاستثمارات، تخطيط الأصول والخصوم على مستوى البنوك، تسيير القروض البنكية،...الخ)؛
- الميدان الاقتصادي ( تخطيط موارد الدولة، تخطيط وتسيير مزانية القطاعات كقطاع الفلاحة والصناعة والخدمات والنفط ...الخ)
- الميدان الاجتماعي ( تخطيط وتسيير البطالة، التطلع على الفقر، تسيير المياه، تسيير حركة النقل كتسيير المطارات ، تسيير القطاع الصحي كتسيير المستشفيات، تخطيط الموارد البشرية..).

**5- خصائص ببحوث العمليات:**

نلتمس من تطبيق بحوث العمليات مجموعة من السمات والخصائص نستعرضها على النحو الآتي:[1]

- بحوث العمليات تعمل إشراك مجموعة من الخبراء من مختلف التخصصات مما قد يقلل من نسبة المخاطرة مقارنة باتخاذ القرار من طرف شخص واحد، بمعنى أن آخر هو أن بحوث العمليات تعمل على تظافر جهود مجموعة من المختصين؛
- تزيد بحوث العمليات من القدرة الإبداعية لصانع القرار وهذا من خلال توفير مجموعة من الأدوات والتقنيات الرياضية والاحصائية التي تساعد الفريق المكلف بذلك على تحليل المشكلة واختيار البديل الأمثل واتخاذ القرار بشكل سريع؛
- تعمل بحوث العمليات على التنسيق بين جميع مصالح المؤسسة فمثلا مصلحة التسويق تتأثر بمصلحة الإنتاج ومصلحة التموين والتخزين وهذا ما يجعل العملية متكاملة.

**6- المراحل المتبعة عند تطبيق بحوث العمليات:**

إن المراحل التي يتبعها أي فريق عند تطبيق بحوث العمليات في حل مشكلة ما هي:[2]

- تعريف المسألة وهنا ينبغي تشخيص المشكلة بدقة، يعني تحديد الحلو ل الممكنة أو ما نسميها بالبدائل المقترحة، وكذلك تحديد القيود والشروط المحيطة بالمشكلة وهنا نضرب مثال عن تخطيط مشكلة الإنتاج فنجد من القيود الازم مراعاتها هي المواد الأولية مثل أسعار الشراء، أسعار البيع والتكاليف ...الخ؛
- صياغة النموذج وهنا يتم تحويل المشكلة ومعلماتها من الشكل الوصفي إلى الشكل الكمي، من خلال توظيف العلاقات الرياضية والاحصائية والمحاسبية وما شبه ذلك، ومن الأمثلة المشهورة نجد أنه عندما نريد دراسة مشكلة الإنتاج فغالبا ما نُصيغ المشكلة في نموذج رياضي خطي يشمل دالة الهدف ودوال القيود وشرط عدم السلبية، وهذا ما سنراها في نموذج البرمجة الخطية للاحقا، وممكن أن يكون نموذج غير خطي أو يكون في شكل محاكاة دون الاعتماد على النموذج وانما فقط بالتجريب؛

[1] Rama. m, operation research, second Edition, Published by New Age International (P) Ltd.,2007.P 10.

[2] إبراهيم نائب، انعام باقية، الطبعة الأولى، دار وائل للنشر، 1999، ص 23.

- حل النموذج وهنا يتم توظيف الطرق والتقنيات التي تســـاعدنا على الحل، ومثال عن ذلك عندما نكون أما نموذج البرمجة الخطية فغالبا ما نعتمد على تقنية الســـمبلكس والطريقة البيانية أو البرامج الكترونية مثل LINDO، LINGO..
- فحص فعالية النموذج وهنا يتم معرفة فعالية وأداء النموذج، من خلال مقارنة مخرجاته مع مخرجات تطبيق قد جرى في الماضي أو من النتائج المأخوذة من الشركة محل الدراسة؛
- تطبيق النتائج النهائية للنموذج: وهنا يتم تطبيق النتائج من المشـــاورة بين الفريق المســـؤول عن إدارة النظام والفريق المكلف ببحوث العمليات، وهذا كله من مصـــلحة المؤســـســـة لمعرفة مســـار توجهها وإزالة جميع التعقيدات والعراقيل الممكن تلقيها عند تنفيد الخطة.

**7- نماذج وأساليب بحوث العمليات:**

قلنا سابقا أن بحوث العمليات هي مجموعة من الأساليب والأدوات المساعدة على اتخاذ القرار من أشهرها نجد ما يلي:

- **النماذج الرياضية:** وهي النماذج التي نجد في تركيبها الرموز والعلاقات الرياضية، يعني المتغيرات المكونة للنظام المدروس تكون مترابطة فيما بعضها البعض معبر عنها بعلاقات رياضية، ومن أشهرها نجد:[1]
  - البرمجة الخطية؛ (Linear Programming)
  - البرمجة اللاخطية؛ (Nonlinear Programming)
  - البرمجة التربيعية؛ (Quardratic Programming)
  - البرمجة الديناميكية. (dynamic Linear Programming)
- **النماذج الاحتمالية:** وهي النماذج التي تخضع متغيراتها الى القوانين الاحتمالية، ومن أشهرها نجد:
  - نماذج صفوف الانتظار؛ (Queuing Models)
  - نظرية الألعاب؛ (Game Theory)
  - نماذج تسيير المخزون؛ (Inventory Models)
  - نماذج شبكات الاعمال (تخطيط وإدارة المشاريع) (Network Models)

- نمـاذج لا تســتخدم العلاقـات الرياضـية وانمـا تعتمـد عـلى التجربـة وهنـا نجـد أسـلوب **المحـكاة** (Simulation) وهو الأكثر شيوعا في الاستخدام خصوصا مع ظهور البرامج الالكترونية.

[1] إبراهيم نائب، انعام باقية، مرجع سبق ذكره، ص 22.

# المحاضرة رقم 02: نموذج البرمجة الخطية الأحادية الهدف

## LINEAR PROGRAMMING FOR A SINGLE OBJECTIVE (GOAL)

تمهيد مختصر:

تعتبر البرمجة الخطية من أهم الأساليب المساعدة على اتخاذ القرار وايجاد الحل الأمثل وبعد النجاح الذي عرفته أثناء الحرب العالمية الثانية عن طريق الاستخدام الأمثل للموارد الحربية المحدودة ليتم فيما بعد تعميمها وتطبيقها في مجالات أخرى من أهمها الاقتصاد، وقد قام العالم G.Dantizing بتطويرها وايجاد أسلوب Simplex وتبحث البرمجة الخطية عن الاستخدام الأمثل للموارد لتحقيق هدف محدد ويمكن التعبير عنه رياضيا، وتعالج عديد المشاكل كمشكلة التخصيص ومشكلة التثبيت ومشاكل التوزيع ومشكلة الجدولة ومشاكل الخلط وغيرها من المشاكل التي يمكن التعبير عنها على شكل برنامج خطي.

## 1- مفهوم البرمجة الخطية (Linear Programming):

البرمجة الخطية هي احدى الاساليب الكمية التي تستخدم للمساعدة في حل المشاكل واتخاذ القرارات الادارية، وسميت البرمجة الخطية بهذا الاسم لأنها تستخدم معادلة الخط المستقيم في بناء النموذج الرياضي الذي يتكون من معادلتين أو أكثر ويساعد على تحديد بدائل الحلول الممكنة واختيار البديل الأفضل من بينها.

## 2- المراحل الأساسية في البرمجة الخطية:

تتمثل مراحل البرمجة الخطية في:

- **تعريف المشكلة:** تشخيص المشكلة من خلال معرفة البدائل المتاحة والاهداف المراد بلوغها كتعظيم الربح أو تقليل التكاليف؛
- **تكوين النموذج:** وهذا بالتعبير الجيد عن مكونات المشكلة والعناصر المؤثرة فيها وتعتبر من أهم الخطوات لأن بناء نموذج دقيق سيؤدي الى اتخاذ قرار صائب بالضرورة ويتم الاعتماد على النماذج الرياضية في تكوين النموذج؛
- **ايجاد الحل:** بعد ايجاد النموذج تأتي عملية تحديد الكميات المثلى وفقا للأهداف والقيود الموجودة وقد يستحيل الحل في بعض الاحيان حيث يتم اللجوء الى أساليب أخرى كالمحاكاة والاحتمالات؛
- **اختبار النموذج:** يتم اختبار النموذج باستعمال البيانات التاريخية وقد يتطلب الأمر تحديد النموذج واعادة اختياره الى أن تختفي العيوب التي تظهر؛
- **تطبيق الحل:** ويتم تطبيق الحل بعد التأكد من صحة النموذج وتسهم التغذية العكسية في اعادة صياغة النموذج في حال تغير الظروف المحيطة والقيود المفروضة أو الاهداف المسطرة.

## 3- الصيغة العامة للبرمجة الخطية:

يتكون البرنامج الخطي مما يلي:

- **دالة الهدف** ( Objective Fonction): هناك نوعان من المسائل الأولى مسائل تعظيم (Maximize) تتعلق بالوصول الى أقصى ربح ممكن أو اقصى انتاج ممكن وتكون في الجوانب الايجابية للمؤسسة أو للهيئة متخذة القرار، والثانية مسائل تدنئة

(Minimize) وتتعلق بالوصول إلى أقل تكلفة ممكنة أو أقل خسارة ممكنة وتكون في الجوانب السلبية للجهة متخذة القرار.

- **القيود (Constraints):** وتكون عبارة عن معادلات أو متراجحات رياضية تعبر عن وجود حد لدالة الهدف سواء كانت تعظيم أو تدنئة نظرا لكون موارد المؤسسة أو الهيئة متخذة القرار محدودة وقد تكون هاته القيود حد أدنى مفروض يجب أن نعادله أو نتجاوزه في النتائج.
- **شرط عدم السلبية (Non-Negativity Condition) :** وهذا يعني أن الكميات التي نجدها تكون كميات موجبة أو معدومة أي أنها واقعية وليست نتائج رياضية لا يمكن تطبيقها.

**4- طرق حل نماذج البرمجة الخطية:**

هناك طريقتين للحل هما:

1. **الطريقة البيانية (Graphical Method):** يمكن حل مسائل البرمجة الخطية بالطريقة البيانية فقط عندما لا يتجاوز عدد المتغيرات 2 متغيرين ويتم الحل وفق الخطوات التالية:

- تحديد المتغيرات ونستعمل المتغير الاول للمحور الأفقي والمتغير الثاني للمحور العمودي ;
- تحويل متراجحات القيود الى معادلات ;
- تمثيل المعادلات بإعطاء قيمة للمتغير الأول حتى نوجد المتغير الثاني ثم نعطي قيمة للمتغير الثاني فنوجد المتغير الأول ;
- نقوم بإلغاء المساحة التي لا تحقق كل مستقيم وفقا للمتراجحة الأصلية فنلغي يمين المستقيم في حالة قيد من الشكل أصغر أو يساوي ونشطب المساحة على اليسار ونقوم بإلغاء المساحة على يسار المستقيم في حالة القيد من الشكل أكبر أو يساوي وتشطيب المساحة على اليمين وتكون الحلول على الخط المستقيم في حالة القيد الأصلي عبارة عن معادلة ;
- نتحصل على مضلع متعدد الرؤوس عبارة عن تقاطع بين المساحات المضللة أو المشطبة ;
- رؤوس المضلع المتحصل عليه هي الحلول الممكنة للبرنامج الخطي ;
- نقوم بتعويض احداثيات كل رأس مضلع في دالة الهدف ونختار التي تحقق أكبر قيمة لدالة الهدف في حالة التعظيم والتي تحقق أدنى قيمة لدالة الهدف في حالة التدنئة ويمكن الحصول على أكثر من حل نختار احداها.

- هناك بعض الحالات الخاصة للحل بالطريقة البيانية فقد نجد عدة حلول مثلى أو لا نجد حل أمثل أو نجد انحلالية في الحل لأن عدد المتغيرات في الحل الأمثل والتي قيمتها أكبر من الصفر هي أقل من عدد قيود النموذج.

2. **الحل بطريقة السمبلكس** (The Simplex Method): عندما يزيد عدد المتغيرات عن 2 متغيرين لابد من طريقة قوية وتتمثل في طريقة السمبلكس أو الجداول المتتالية وهي وسيلة رياضية ذات كفاءة عالية لاستخراج الحلول المثلى للبرامج الخطية وتتمثل خطواتها فيما يلي:

- تحضير البرنامج الخطي للحل وذلك بإضافة متغيرات إلى يسار المتراجحة أو المعادلة لموازنة النموذج؛
- نقوم بإضافة متغيرات فجوة $S_i$(Slack Variable) عندما تكون المتراجحات من الشكل أصغر أو يساوي ونضيف متغيرات اصطناعية $m_i$(Artificial Variable) عندما تكون لدينا معادلات ونقوم بطرح متغير الفجوة واضافة متغير اصطناعي $-S_i + m_i$ في حالة متراجحات من الشكل أكبر أو يساوي؛
- يكون معامل متغيرات الفجوة معدوما في دالة الهدف وتنتج عن كل المتغيرات المضافة التي تعتبر أساسية أو داخل القاعدة مصفوفة معاملات أحادية وتكون جميع هذه المتغيرات الأساسية موجبة؛
- تمثيل البرنامج المحضر على شكل جدول يسمى بجدول الحل المبدئي؛
- ايجاد المتغير المرشح لدخول القاعدة أو الاساس من بين المتغيرات الحقيقية والموافق لأكبر عائد ويسمى العمود الموافق للمتغير بعمود الارتكاز؛
- تحديد المتغير المرشح للخروج من القاعدة أو الأساس وهو الموافق لأقل نسبة موجبة عند قسمة عناصر عمود الثوابت على عناصر عمود الارتكاز ويسمى السطر الموافق بسطر الارتكاز؛
- القاطع بين سطر وعمود الارتكاز يسمى بعنصر الارتكاز؛
- عمود الارتكاز في المرحلة الجديدة يصبح عمود أحادي؛
- نقسم سطر الارتكاز على قيمة عنصر الارتكاز؛
- نحسب كل قيمة من القيم الباقية بالمعادلة التالية العنصر القديم مطروحا منه جداء العنصر المقابل له في سطر الارتكاز والعنصر المقابل له في عمود الارتكاز مقسوما على عنصر الارتكاز؛
- نختبر الحل المحصل عليه فيجب أن تكون جميع قيم سطر الحل موجبة في حالة التعظيم وجميع قيم سطر الحل سالبة في حالة التدنئة في حالة عدم التحقق يتواصل الحل حتى يتحقق الشرط؛

- الحل الامثل نجده في جدول الحل النهائي وكذلك قيمة الكميات المثلى.

## المحاضرة رقم 03: نموذج البرمجة الخطية الأحادية الهدف (تابع)

## LINEAR PROGRAMMING FOR A SINGLE OBJECTIVE (GOAL)

5- المشكلة الثنائية (Dual):

تتميز الطريقة المقابلة (Dual Simplex) عن الطريقة الأولية (Primal Simplex) في أنها تتطلب حسابات أقل مما يجعل الوصول الى الحل الامثل أكثر سهولة كما أن الحل بالطريقة الثنائية يتضمن معلومات اقتصادية أكثر فائدة للمدير ويساعده على اتخاذ القرار بشكل أسرع ويوفر عليه المزيد من الوقت ويمكن توضيح أهم الصفات المشتركة في الجدول التالي:

| البرنامج الاولي | البرنامج الثنائي |
|---|---|
| دالة الهدف من النوع Maximum<br>القيود كلها من الشكل أقل أو يساوي<br>دالة الهدف من النوع Minimum<br>القيود كلها من الشكل أكبر أو يساوي | دالة الهدف من النوع Minimum<br>كل القيود تصبح من الشكل أكبر أو يساوي<br>دالة الهدف من النوع Maximum<br>كل القيود تصبح من الشكل أقل أو يساوي |
| قيود البرنامج الاولي | هي متغيرات البرنامج الثنائي |
| متغيرات البرنامج الاولي | هي قيود البرنامج الثنائي |
| معاملات المتغيرات في قيود البرنامج الأولي(عمود) | هي معاملات المتغيرات في قيود البرنامج الثنائي (سطر) |
| معاملات دالة الهدف في البرنامج الأولي | هي عناصر الطرف الأيمن في قيود البرنامج الثنائي |

كما يمكن توضيح العلاقة بين البرنامج الأولي والبرنامج المقابل من خلال جدول تاكر A.Tucker :

| | | |
|---|---|---|
| $a_{11}a_{12} \quad \dots \quad a_{1n}$<br>$a_{21}a_{22} \quad \dots \quad a_{2n}$<br>. . … .<br>. . … .<br>$a_{m1}a_{m2} \quad \dots \quad a_{mn}$ | $\leq b_1 \rightarrow y_1$<br>$\leq b_2 \rightarrow y_2$<br>.<br>.<br>$\leq b_m \rightarrow y_n$ | $\geq 0$<br>$\geq 0$<br>.<br>.<br>$\geq 0$ |
| $\geq \quad \geq \cdots \dots \dots \dots \dots \dots \geq$<br>$C_1 C_2 \dots \dots \dots \dots \dots C_m$ | Min $y_i$<br>Max $Z_0$ | |
| $\geq 0 \quad \geq 0 \dots \dots \dots \dots \dots \geq 0$ | | |

6- تحليل الحساسية(Sensativity Analysis):

متخذ القرار يحتاج الى معلومات موثوقة تساعده على اتخاذ القرار والواقع بثبت أن لا شيء يبقى على حاله فقد تتغير الظروف والقيود والشروط وإذا أعدنا بناء نموذج برمجة خطية جديد ثم نقوم بحله فالتكاليف سوف ترتفع لذلك وجدت طريقة تحليل الحساسية لمعرفة ما اذا كانت بعض التغيرات تؤثر على الحلول والقرارات أم لا تؤثر، وفي حالة التأثير كيف نتوصل الى الحلول الجديدة دون حل البرنامج الجديد من البداية وهذا ما يعرف بتحليل الحساسية ويمكن أن يحدث في المواقع التالية:

| | | |
|---|---|---|
| أ. عناصر الطرف الأيمن RHS | د. متغير جديد | ب. دالة الهدف $C_j$ |
| | | ج. القيود $C_{ij}$ |
| | هـ. قيد جديد | |

أ. الطرف الأيمن: وهو التغير الحادث على الموارد المتاحة وقد يكون التغير مؤثرا أو غير مؤثر على الحل النهائي.

ب. دالة الهدف: هذه التغيرات هي التغيرات التي تحدث على مستوى معاملات دالة الهدف بالارتفاع أو بالانخفاض وقد تؤثر في الحل النهائي وقد لا تؤثر.

ج. العوامل التقنية: تغيرات تحدث على المعاملات التقنية $a_{ij}$ تكنولوجية مثلا وقد لا تؤثر على الحل النهائي بقدر ما قد تؤدي إلى تغير الحل.

د. إضافة متغير جديد: قد تنتج المؤسسة منتجا جديدا أو قد يطرأ متغير جديد فنقوم بدراسة حساسية الحل لهذا المتغير الجديد.

هـ. إضافة قيد جديد: قد تحدث تغيرات في المحيط تفرز قيودا لم تكن موجودة سابقا ومثل هذه التغيرات قد تؤثر على الحل النهائي أو لا تؤثر.

## تمارين تطبيقية مع الحل حول نموذج البرمجة الخطية الأحادية الهدف

**التمرين رقم 01:**

شركة مواد غذائية تقوم بإنتاج نوعين من المواد الغذائية B,A ويتطلب إنتاج النوعين ثلاثة أنواع من المواد الأولية III,II,I وهذا بالكميات المبينة في الجدول التالي:

| | A | B |
|---|---|---|
| I | 2 | 3 |
| II | 1 | 2 |
| III | 3 | 1 |

إن مقدار ما يتوفر من مواد أولية هو 40 كيلوغرام من النوع الأول I يوميا و 20 كيلوغرام من النوع الثاني II يوميا و 30 كيلوغرام من المادة النوع الثالث III يوميا، هامش الربح للوحدة الواحدة من A هو 20 وحدة نقدية وهامش الربح للوحدة الواحدة من B هو 25 وحدة نقدية.

المطلوب:

1. أكتب البرنامج الخطي للمسألة؟
2. أوجد الحل البياني للمسألة؟

**حل التمرين رقم 01**

نفرض أن $X_1$ تمثل عدد الوحدات المنتجة من A.

نفرض أن $X_2$ تمثل عدد الوحدات المنتجة من B.

1. كتابة البرنامج الخطي:

أ. $$\text{Max } Z_0=20X_1+25X_2.$$

$$2X_1+3X_2 \leq 40,$$

$$X_1+2X_2 \leq 20,$$

$$3X_1+X_2 \leq 30,$$

$$X_1,X_2 \geq 0 .$$

2. ايجاد الحل البياني للمسألة:

نقوم بتحويل المتراجحات إلى معادلات:

$$2X_1+3X_2 = 40,$$

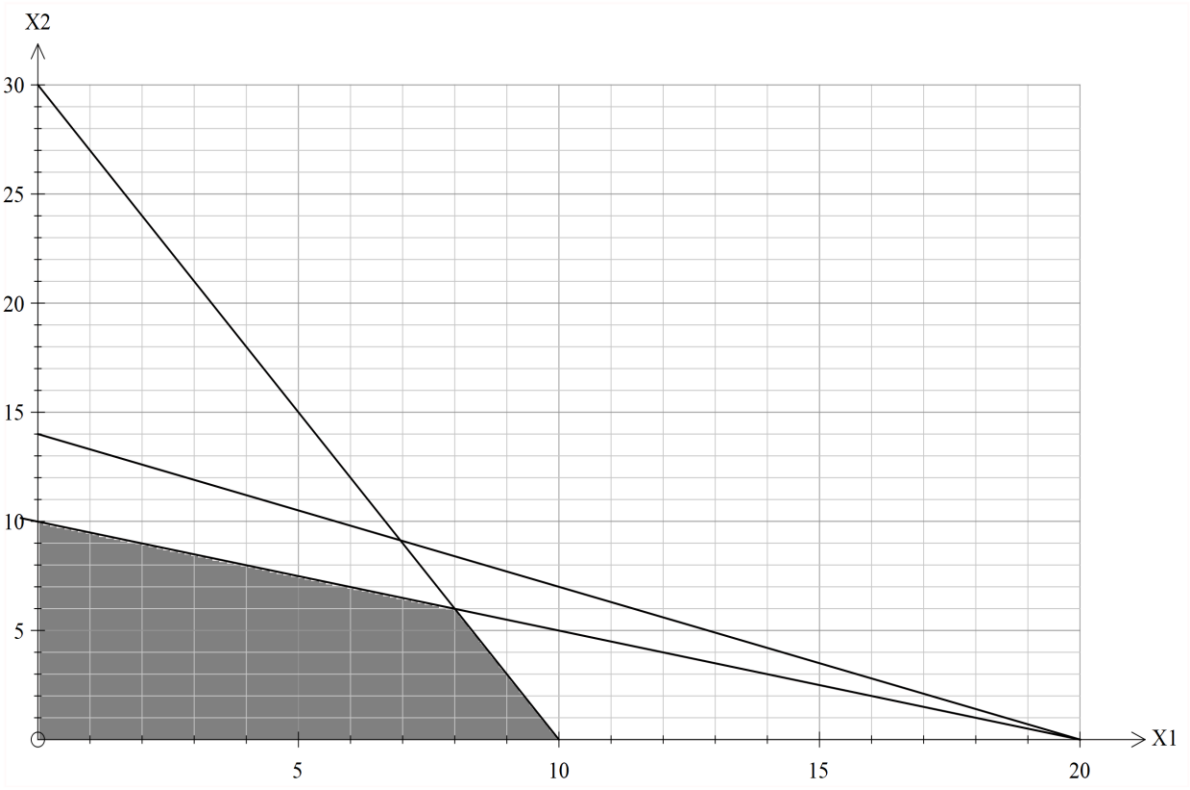
$$X_1+2X_2 = 20,$$

$3X_1+X_2 = 30.$

بالتعويض نوجد نقطتين لتمثيل كل معادلة مستقيم بإعطاء قيمة للمتغير الأول ثم ايجاد المتغير الثاني والعكس وهكذا.

| ج. معادلة القيد الأول | | ب. معادلة القيد الثاني | | أ. معادلة القيد الثالث | |
|---|---|---|---|---|---|
| X1 | X2 | X1 | X2 | X1 | X2 |
| 0 | 40/3 | 0 | 10 | 0 | 30 |
| 20 | 0 | 20 | 0 | 10 | 0 |

الرسم البياني:




نقوم بإقصاء المناطق التي لا تحقق المتراجحات على يمين المستقيم في حالة المتراجحة أقل أو يساوي وعلى يسار المستقيم في حالة المتراجحة أكبر أو يساوي.

حلول البرنامج موجودة في المضلع الملون ونختبر رؤوس هذا المضلع للوصول إلى الحل الأمثل من بينها:

$(X_1,X_2)=(0,10)$

$(X_1,X_2)=(10, 0)$

$(X_1,X_2)=(8,6)$

بالتعويض في دالة الهدف:

$Max\ Z_1= 20(0)+25(10)=250$

$Max\ Z_2=20(10)+25(0)=200$

$Max\ Z_3=20(8)+25(6)=310.$

**التمرين رقم 02:**

تشـتري مزرعة مواشي مادتين غذائيتين مختلفتين ثم تقوم بمزجهما لصنع علف للمواشي وتحتوي كل مادة على ثلاث مكونات من العناصر الغذائية الأسـاسـية C,B,A وبالمقادير التالية: 5غ من A ،4غ من B،0,5غ من C للمادة الأولى و 10 غ من A و 3غ من B للمادة الثانية فإذا علمت أن المزرعة تدفع 20 وحدة نقدية ثمنا للكيلوغرام من المادة الأولى وتدفع 30 وحدة نقدية ثمنا للكيلوغرام من المادة الثانية وأن كل وجبة تعدها المزرعة يجب أن تحتوي على الاقل على 90 غ من A، 48غ من B، 1,5غ من C.

المطلوب:

1. أوجد تركيبة الوجبة من المادتين بحيث تحقق الشروط أعلاه وبأقل تكلفة بالاستعانة بالبيان؟
2. أوجد الحل الأمثل بإستعمال طريقة simplex ؟

**حل التمرين رقم 02:**

1. نقوم بكتابة البرنامج الخطي:

نفرض أن $X_1$ كمية المادة الأولى.

نفرض أن $X_2$ كمية المادة الثانية.

$$Min\ Z_0=20\ X_1+ 30\ X_2,$$

$$5X_1+ 10\ X_2\geq 90,$$

$$4X_1+ 3\ X_2\geq 48,$$

$$0,5\ X_1\geq 1,5,$$

$$X_1+\ X_2\geq 0.$$

نقوم بتحويل المتراجحات إلى معادلات ثم نقوم بتمثيلها بيانيا:

$5X_1 + 10\ X_2 = 90,$

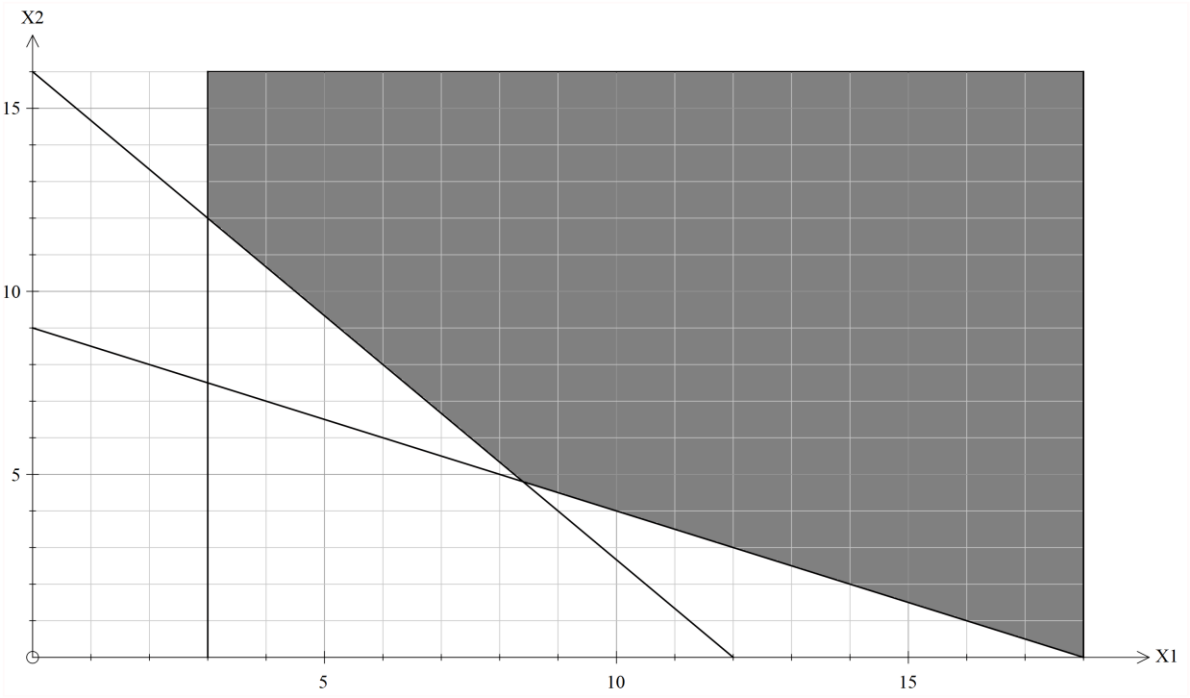
$4X_1 + 3\ X_2 = 48,$

$0{,}5\ X_1 = 1{,}5.$

بالتعويض نوجد نقطتين لتمثيل كل معادلة مستقيم بإعطاء قيمة للمتغير الأول ثم ايجاد المتغير الثاني والعكس وهكذا.

| المعادلة الأولى | | المعادلة الثانية | | المعادلة الثالثة | |
|---|---|---|---|---|---|
| $X_1$ | $X_2$ | $X_1$ | $X_2$ | $X_1$ | $X_2$ |
| 0 | 9 | 0 | 16 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 12 | 0 | 3 | 0 |

الرسم البياني:




نقوم بإقصاء المناطق التي لا تحقق المتراجحات على يمين المستقيم في حالة المتراجحة أقل أو يساوي وعلى يسار المستقيم في حالة المتراجحة أكبر أو يساوي حتى نتحصل على المضلع المضلل الذي يمثل الحل وهو غير محدود.

نقارن بين رؤوس المضلع الظاهرة:

$(X_1,X_2)=(18,0)$

$(X_1,X_2)=(8{,}4,4{,}8)$

$(X_1,X_2)=(3,12)$

$Z_1=20(18)+30(0)=360$

$Z_2=20(8,4)+30(4,8)=312$

$Z_3=20(3)+30(12)=420$

المزرعة تبحث عن تقليل التكلفة فتشتري 8,4 كيلوغرام من المادة الاولى و4,8 كيلوغرام من المادة الثانية لتكون التكلفة هي 312 وحدة نقدية.

2. الحل بطريقة Simplex:

تحضير البرنامج للحل:

$$\text{Min } Z_0=20\ X_1+ 30\ X_2+0m_1+0m_2+0m_3,$$

$$5X_1+ 10\ X_2-S_1+m_1=90,$$

$$4X_1+ 3\ X_2-S_2+m_2= 48,$$

$$0,5\ X_1 -S_3+m_3= 1,5,$$

$$X_1+\ X_2\geq 0.$$

| $Z_0$ | $X_1$ -20 $+\frac{19m}{2}$ | $X_2$ -30+ 13m | $S_1$ -m | $S_2$ -m | $S_3$ -m | $m_1$ 0 | $m_2$ 0 | $m_3$ 0 | RHS $\frac{279m}{2}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $m_1$ | 5 | 10 | -1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 90 |
| $m_2$ | 4 | 3 | 0 | -1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 48 |
| $m_3$ | $\frac{1}{2}$ | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 | 1 | $\frac{3}{2}$ |
| $Z_0$ | -5+3m | 0 | $-3+\frac{3m}{10}$ | -m | -m | $3-\frac{13m}{10}$ | 0 | 0 | $\frac{45m}{2}+270$ |
| $X_2$ | $\frac{1}{2}$ | 1 | $\frac{-1}{10}$ | 0 | 0 | $\frac{1}{10}$ | 0 | 0 | 9 |
| $m_2$ | $\frac{5}{2}$ | 0 | $\frac{3}{10}$ | -1 | 0 | $\frac{-3}{10}$ | 1 | 0 | 21 |
| $m_3$ | $\frac{1}{2}$ | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 | 1 | $\frac{3}{2}$ |
| $Z_0$ | 0 | 0 | $-3+\frac{3m}{10}$ | -m | -10+5m | $3-\frac{3m}{10}$ | 0 | 10-6m | $285-\frac{27m}{2}$ |
| $X_2$ | 0 | 1 | $\frac{-1}{10}$ | 0 | 1 | $\frac{1}{10}$ | 0 | -1 | $\frac{15}{2}$ |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $m_2$ | 0 | 0 | $\frac{3}{10}$ | -1 | 5 | $\frac{-3}{10}$ | 1 | -5 | $\frac{27}{2}$ |
| $X_1$ | 1 | 0 | 0 | 0 | -2 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| $Z_0$ | 0 | 0 | $\frac{-12}{5}$ | -2 | 0 | $-m\frac{12}{5}$ $\frac{2}{5}$ | 2-m | -m | 312 |
| $X_2$ | 0 | 1 | $\frac{-4}{25}$ | $\frac{1}{5}$ | 0 | $\frac{4}{25}$ | $\frac{-1}{5}$ | 0 | $\frac{24}{5}$ |
| $S_3$ | 0 | 0 | $\frac{3}{50}$ | $\frac{-1}{5}$ | 1 | $\frac{-3}{50}$ | $\frac{1}{5}$ | -1 | $\frac{27}{10}$ |
| $X_1$ | 1 | 0 | $\frac{3}{25}$ | $\frac{-2}{5}$ | 0 | $\frac{-3}{25}$ | $\frac{2}{5}$ | 0 | $\frac{42}{5}$ |

المزرعة تقوم بشراء $\frac{42}{5}$من المادة الأولى و$\frac{24}{5}$من المادة الثانية حتى تكون التكلفة هي 312 وحدة نقدية.

# المحاضرة رقم 04: نموذج البرمجة الخطية بالأهداف

## GOAl PROGRAMMING

**1- تمهيد مختصر:**

إن أسلوب برمجة الأهداف هو امتداد للأسلوب البرمجة الخطية يتم صياغته على أساس تحديد الأهداف المراد تحقيقها والقيم المقابلة لكل هدف والتي تعرف بالقيم المستهدفة، حيث يعبر عن كل هدف بقيد يعرف بقيد الهدف في شكل معادلة تحتوي على متغيرين يمثل أحدهما الكمية التي تفوق القيمة المستهدفة ويمثل الأخر الكمية التي تقل عن القيمة المستهدفة وتسمى هذه المتغيرات بمتغيرات الانحراف Deviations variables، أما دالة الهدف في هذا الأسلوب فهي تعبر عن تصغير مجموع الانحرافات إلى أدنى حد ممكن، وبإمكاننا توضيح ذلك في شكل رياضي بعد عرض بعض أهم المفاهيم والتعارف التي قدمت لهذا الأسلوب وكان من بينها :

تعرف برمجة الأهداف بأنها تمثيل المشكلة بنموذج رياضي يسعى إلى أقرب وأحسن الحلول للقيم المحددة مسبقا لعدد من الأهداف، أي يهدف النموذج الرياضي للبرمجة بالأهداف إلى تخفيض مجموع الانحرافات عن الأهداف المحددة مسبقا إلى أدنى حد ممكن. ويعرف كذلك بأنه نموذج رياضي يسعى إلى تحقيق عدة أهداف ضمن بيئة قرار معينة يحدد منها العناصر الأساسية للنموذج وهي متغيرات القرار والقيود ودالة الهدف.

إن نموذج البرمجة بالأهداف تعتبر طريقة من الطرق التي تساعد على التسيير الحسن والأمثل في ظل تعدد الأهداف والطموحات في شكل نموذج رياضي خطي، إذ تعتبر واحدة من أقدم تقنيات اتخاذ القرار المتعددة المعايير التي توصل إلى أمثل

مستوى من الأهداف المنشودة. ويعرفه B.B.Pal and B.Mortra (2003) بأنه من أساليب البرمجة الرياضية التي تستخدم في ظل تعدد وتعارض الأهداف المطلوب تحقيقها لمتخذي القرار عن المفاضلة بين القرارات في حالات عديدة.

**2- مزيا نموذج البرمجة بالأهداف:**

لنموذج البرمجة بالأهداف يتميز بالعديد من المزايا من أهمها:

- يأخذ النموذج في الاعتبار الأهداف المتعددة ويتمشى ذلك مع اتجاه الأهداف المتعددة في كثير من القرارات ومنها القرارات الخاصة بإدارة وتخطيط المنسق المتكامل بين الإنتاج والتوزيع في المؤسسات الاقتصادية؛
- يوفر هذا النموذج كمية كبيرة من البيانات لمتخذي القرار تساعدهم في اتخاذ القرار السليم وتجعل الإدارة أكثر فهماً لطبيعة المشكلة؛
- يسمح النموذج بعملية التوفيق بين الأهداف المتعارضة ولذلك فإنّ القيمة الحقيقية لنموذج برمجة الأهداف تكمن في قدرته على إيجاد حلول للمشاكل التي تتضمن أهدافاً متعددة ومتعارضة وفقاً لهيكل أو تفضيلات الإدارة؛
- يؤدي استخدام نموذج برمجة الأهداف إلى التحديد الأمثل لقيم الأهداف ولذلك فإنّ الأهداف التي نحصل عليها من النموذج تكون أهدافاً قابلة للتحقق ومتناسبة مع الإمكانيات والموارد المتاحة للمنظمة ؛
- يساعد نموذج برمجة الأهداف الإدارة على تحقيق المنفعة القصوى من المصادر المستخدمة في الإنتاج ؛
- قيم الأهداف التي نحصل عليها من نموذج برمجة الأهداف هي القيم المثلى التي يجب استخدامها في الرقابة وتقييم الأداء، حيث يمكن التعرف على ما تمّ إنجازه بناءً على المخطط وتحليل الانحرافات أولاً بأول وتحديد أسبابها واتخاذ الإجراءات اللازمة لعلاجها وتجنب تكرار حدوثها.

**3- مصطلحات ومفاهيم فلسفية أساسية في نموذج البرمجة بالأهداف:**

من أجل الاستفادة والتتبع الكامل لأهمية وفعالية استعمال البرمجة بالأهداف يستوجب الاهتمام وفهم بعض المفاهيم والمصطلحات الفلسفية التي نعتبرها أساسية في عملية تطبيق هذا النموذج، ما يسمح بتحديد المعلمات والمتغيرات بشكل مناسب ومن تم تسهل عملية حل و تحليل أي مشكلة قد يصادفها صانع القرار، ومن بين هاته المفاهيم التي يرتكز عليها نموذج البرمجة بالأهداف نجد:

- متخذ القرار: يشير هذا المصطلح إلى صانع القرار الذي يتمثل في شخص أو فرد أو منظمة أو مؤسسة أو مصلحة أو مجموعة الأشخاص الذي تكون له مشكلة معينة ويحاول اتخاذ موقف قراري بشأن حلها؛
- متغيرات القرار: وهي بمثابة مجموعة من العوامل المؤثرة على مشكلة القرار المقترحة ويريد المقرر أن يبحث عن قيمها المثلى حيث إذا تحكم فيها فإنه يصل إلى حل المشكلة؛
- المعايير: وهي بمثابة مقاييس يتم تقييم بها البدائل المقترحة في ظل مجموعة من الأهداف المراد الوصول إليها والتي تنطوي عليها المشكلة؛ على سبيل المثال التكلفة، الربح، الوقت، المسافة، الكمية، الأداء، الجودة...الخ؛

- الأهداف: وهي الأهداف العامة والأغراض المراد الوصول إليها من المشكلة المقترحة وقد تكون في حالة التدنية، أو التعظيم أو التساوي؛

- القيم المستهدفة: وهي قيم الأهداف التي يتم تحديدها مسبقا من طرف متخذ القرار يرغب الوصول إليها، وهنا نشير إلى أن هناك علاقة مابين الأهداف المنشودة وقيمها المستهدفة وتكون يا إما أكبر أو تساوي($\leq$)، أصغر أو تساوي($\geq$)، تساوي ($=$)؛

- متغيرات الانحراف (Deviational Variable): وهي تعبر عن المسافة ما بين القيم المستهدفة وقيم الأهداف المنشودة المحصل عليها، فإذا كانت القيمة المنجزة أو المحصل من الهدف أكبر من المستوى المستهدف لنفس الهدف في هذه الحالة الفرق (المسافة) بينهما تسمى بمتغير انحرف موجب يرمز له عموما بـ ($\delta^+$)(Positive Deviational Variable)، و إذا كانت القيمة المنجزة المحصل عليها من الهدف أقل من المستوى المستهدف (Target Level) في هذه الحالة الفرق بينهما يعطي متغير انحراف سالب يرمز له بـ ($\delta^-$)(Negaive Deviational Variable)؛

- القيود: وهي تلك الشروط والالتزامات يستوجب على المتخذ القرار احترامها وأخذها في عين الاعتبار مثل ساعات العمل، الميزانية المتاحة، اليد العاملة، مساحة التخزين، العرض الممكن الطلب المتاح...الخ ويعبر عنها بمعادلات تكون في التساوي (Equality) أو لا متساوية (Inequality)؛

- شرط عدم السلبية: وهي أن جميع القيم المحصل عليها سواء كانت متغيرات القرار، متغيرات الانحراف تكون غير سالبة أي أكبر أو يساوي الصفر؛

- المنطقة المجدية: وهي منطقة الحلول المثلى التي تخدم وتصلح لمتخذ القرار؛

- الرضا: ويتمثل في أن الحلول وقيم الأهداف المحققة يكون متخذ القرار راضي بها وقد تكون في شكل نسب تنحصر مابين 0 و 1 سواء راضي تماما أين تكون نسبة تحقيق أو نسبة الانجاز الهدف في حدود 1 أي 100% كما قد تكون في حدود 0 أي 0 % متخذ القرار غير راضي تماما بها وقد تأخذ نسب أخرى؛

- الأمثلة: يستعمل هذا المصطلح عموما في إطار متخذ القرار وتعني الحصول على أحسن الحلول لأي مشكلة (الحل الأمثل) بمعنى أخر الحل المرضي المناسب الأفضل وقد استعمل هذا المصطلح من طرف (Pareto 1896)؛

- الأولوية والترتيب:هذا المصطلح الفلسفي يُعتمد عليه في نوع من أنواع البرمجة بالأهداف اللكسغوغرافية (المعجمية) سيتم مناقشة ذلك في الخطوات الآتية تقوم على فرضية حل المشكلة في شكل مراحل متتابعة حسب ترتيب الأهداف وفقا لأهمية كل منها حسب رؤية متخذ القرار؛

- التوازن: والمقصود بذلك تحق التوازن مابين القيم المستهدفة والقيم المنجزة من مختلف الأهداف وذلك بتحقيق وتحديد الانحرافات الفاصلة فيما بينها.

# المحاضرة رقم 05: نموذج البرمجة الخطية بالأهداف (تابع)

## GOAl PROGRAMMING

### 4- الإطار العام والصياغة العامة لنموذج البرمجة بالأهداف:

في ضوء المفاهيم والمصطلحات السابقة الذكر يمكن صياغة نموذج البرمجة بالأهداف حسب Charnes and al. (1955) و Charnes and cooper (1961) في الشكل الرياضي كما يلي:

$$Minimise \sum_{i=1}^{p} |f_i(x) - g_i|$$

Subject to:

نموذج رقم (**01**) ; $Cx \leq c$ (نظام القيود)

$x_j \geq 0$ ($j = 1,2,3 \dots \dots n$ من أجل);

حيث:

$f_i(x)$ : تمثل الأهداف المراد تحقيقها يعبر عنها بدوال من الشكل: $f_i(x) = \sum_{j=1}^{n} x_{ij}\, x_j$ ؛

$g_i$ : القيمة المستهدفة المحددة من قبل الخاصة بكل هدف $i$ من أجل $i = 1,2,3 \dots \dots p$ ؛

$x_j$ : متغيرات القرار من أجل $j = 1,2,3 \dots \dots n$ ؛

$a_{ij}$: تمثل المعلمات التكنولوجية؛

$C$ : مصفوفة معاملات قيود النظام؛

$c$ : شعاع الموارد المتاحة؛

$\sum_{i=1}^{p}|f_i(x) - g_i|$: تمثل دالة الهدف والتي تعبر عن المسافة الفاصلة ما بين الهدف المراد تحقيقه والمنجز و القيمة المستهدفة المحددة في بداية الأمر.

ويمكن كتابة النموذج رقم (01) في صياغة أخرى كما يلي:

$$Min\ Z = \sum_{i=1}^{m}(\delta_i^+ + \delta_i^-)$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j - \delta_i^+ + \delta_i^- = g_i\ ;$$

$$Cx \leq c; \qquad \text{نموذج رقم (02)}$$

$$x_j \geq 0;$$

$$\delta_i^+, \delta_i^-,\ x_j \geq 0;$$

$$i = 1,2,3 \dots \dots m, j = 1,2,3 \dots \dots n\ . \qquad \text{من أجل}$$

ما يميز هذا النموذج هو أن دالة الهدف تضم الانحرافات غير المرغوب فيها عن مستويات الأهداف المطلوب تحقيقها، بحيث يتم تقليل مجموع هذه الانحرافات إلى أدنى حد ممكن. ومن الممكن أن يكون الانحراف أكبر من قيمة الهدف ويرمز له بالرمز $(\delta_i^+)$، أو أن يكون الانحراف أصغر من قيمة الهدف ويرمز له بالرمز $(\delta_i^-)$، وتتوقف إشارة الانحراف في دالة الهدف على نوعية الهدف المراد تحقيقه من طرف متخذ القرار.

و يمكن توضيح الحالات التي تظهر بها الانحرافات في دالة الهدف فيما يلي:

- تحقيق مستوى الهدف بالضبط: أي أنّ متخذ القرار يرغب في تحقيق مستوى الهدف بالضبط بدون أي زيادة أو نقص عن هذه القيمة، وفي هذه الحالة يتم وضع متغيرات الانحراف $(\delta_i^+, \delta_i^-)$ في دالة الهدف مع بعض، بمعنى آخر تكون القيمة المحققة المنجزة من الهدف مساوية لقيمته المستهدفة $(f_i(x) = g_i)$ وبالتالي الانحرافات غير مرغوب فيها والواجب تقليلها إلى أقل حد ممكن $(\delta_i^+, \delta_i^-)$.

- تحقيق أكبر قيمة للهدف: و يعني القيمة المراد تحقيقها من الهدف من الأحسن أن تكون أكبرمن أو تساوي القيمة المستهدفة من الهدف نفسه $(f_i(x) \geq g_i)$ وعليه يكون الانحراف السالب $(\delta_i^-)$ هو الانحراف غير مرغوب فيه والذي يجب تقليله إلى أدنى حد ممكن ويتم وضعه لوحده في دالة الهدف.
- تحقيق أقل قيمة للهدف: و يعني القيمة المراد تحقيقها من الهدف من الأحسن أن تكون أصغر من أو تساوي القيمة المستهدفة من الهدف نفسه $(f_i(x) \leq g_i)$ وعليه يكون الانحراف الموجب$(\delta_i^+)$هو الانحراف غير مرغوب فيه والذي يجب تقليله إلى أدنى حد ممكن ويتم وضعه لوحده في دالة الهدف.

بصفة عامة إذا كان قيد الهدف (أصغر من أو يساوي $\geq$) وذلك قبل إضافة متغير الانحراف فإننا سوف نضيف متغير الانحراف الموجب $(\delta_i^+)$ إلى دالة الهدف، أما إذا كان قيد الهدف (أكبر من أو يساوي $\leq$) فسوف يتم إضافة متغير الانحراف السالب $(\delta_i^-)$ إلى دالة الهدف، أما إذا كان قيد الهدف (بشكل مساواة = ) فإنّ دالة الهدف سوف تحتوي على كل من متغيري الانحراف الموجب والسالب$(\delta_i^+, \delta_i^-)$.

ويمكن تعريف متغيري الانحراف الموجب والسالب$(\delta_i^+, \delta_i^-)$ رياضيا كما يلي:

$$\delta_i^+ = \frac{1}{2}\left[\left|\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j - g_i\right| + \left(\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j - g_i\right)\right];$$

$$\delta_i^- = \frac{1}{2}\left[\left|\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j - g_i\right| - \left(\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j - g_i\right)\right];$$

والمجموع فيما بين هذه الانحرافات يعطي ما يلي:

$$\delta_i^+ + \delta_i^- = \frac{1}{2}\left[\left|\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j - g_i\right| + \left(\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j - g_i\right)\right]$$

$$+$$

$$\frac{1}{2}\left[\left|\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j - g_i\right| - \left(\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j - g_i\right)\right]$$

$$\delta_i^+ + \delta_i^- = \left|\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j - g_i\right| .$$

ونوه هنا أن ناتج جداء الانحراف الموجب والانحراف السالب يأخذ في غالب الحالات القيمة صفر$(\delta_i^+ \times \delta_i^-)$ لأنه لا يمكن أن يتحققا مع بعض Jaha Nshahcoo. GR. Et al (2008) يعني الانحراف الموجب والانحراف السالب لنفس الهدف أحدهما أو كلاهما يأخذ صفر.

مع كل ذلك إلا أن بعد مرور الزمن والتغيرات البيئية والاقتصادية التي عرفتها مختلف المؤسسات، أصبح في كل مرة يتم تعديل هذا النموذج حسب رؤية متخذ القرار في مشكلاته المتعددة ورغباته المختلفة، وهذا ما نتج عنه أنواع عديدة من البرمجة بالأهداف، إضافة إلى أن الموارد الموجودة لتحقيق الأهداف المطلوبة تكون عادة محدودة بطبيعتها لذلك فإنّ التحقيق الكامل

للأهداف المرغوبة ومعالجتها معا يكون في غالب الأحيان أمراً صعباً وهذا ما يترتب عنه تحقيق بعض الأهداف وإهمال البعض الآخر، وهذا ما دفع العديد من الباحثين إعادة النظر في صياغة نموذج البرمجة بالأهداف والتي سيتم مناقشتها في الأجزاء الآتية.

## 5- الأنواع الأساسية لنموذج البرمجة بالأهداف:

من الأنواع الأساسية الأكثر استعمالا وشيوعا والتي جاءت نتيجة للتغيرات التي تعرفها البيئة واختلاف رؤية متخذ القرار في مستويات تحقيق أهدافه المنشودة من مشاكله المختلفة التي غالبا ما تكون متفاوتة فيما بينها من حيث الأهمية، نجد البرمجة بالأهداف ذات الأولوية، البرمجة بالأهداف الموزونة أو المرجحة، البرمجة بالأهداف تقليل/تعظيم (MINMAX) ويمكن توضيحها فيما يلي:

### 1- البرمجة بالأهداف المرجحة (بالأوزان) (Weighted Goal Programming):

تم تطوير هذا النموذج من طرف Charnes and al. (1977) حيث يعمل على تخصيص أوزان نسبية مختلفة لمتغيرات الانحراف الموجبة والسالبة الخاصة بكل هدف، ويمكن صياغة هذا النموذج في الشكل التالي:

$$Min\ Z = \sum_{i=1}^{m} (w_i^+ \delta_i^+ + w_i^- \delta_i^-)$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j - \delta_i^+ + \delta_i^- = g_i\ ;$$

$$Cx \leq c; \qquad \text{نموذج رقم (03)}$$

$$x_j \geq 0;$$

$$\delta_i^+, \delta_i^-,\ x_j \geq 0;$$

$$i = 1,2,3 \dots\dots m, j = 1,2,3 \dots\dots n\ . \qquad \text{من أجل}$$

حيث:

$w_i^+$ : الأهمية النسبية لانحرافات الموجبة؛

$w_i^-$ : الأهمية النسبية لانحرافات السالبة.

المعاملات $w_i$ هي بمثابة نسب مئوية يتم تحديدها في بداية عملية صنع القرار تعبر عن درجة الأهمية تكون مربوطة بالانحرافات المعاقبة من طرف متخذ القرار، وتأخذ نسب منخفضة في حالة الانحرافات غير مرغوب فيها الخاصة بالأهداف المهمة، وقد تكون ذات نسب مرتفعة بالنسبة للانحرافات غير مرغوب فيها الخاصة بالأهداف الأقل أهمية، وقد تلعب $w_i$ دورين مهمين في نفس الوقت هما:

- تكون في عوض توحيد وحدات القياس المختلفة للأهداف؛
- تعمل على تثمين وتقييم كل هدف وإعطاءه درجة مكانته عند متخذ القرار.

بالرغم من ذلك فان هذه الصـــياغة قد تجعل الأهداف غالبا بنفس الأهمية، لكن الواقع يعكس ذلك فقد نجد متخذ القرار يفضـل أن تكون الأهداف مختلفة الأهمية يعني البعض منها يفوق مسـتوى الأهمية من الأهداف الأخرى، مثل تقييم البدائل القرارية يُفضل اختيار الأحسن منها بناء على العائد المالي ثم بعدها تقيم من جانب التكلفة وبعد من جانب البيئة...الخ، وهذا يشير إلى الحاجة إلى إدخال نظام الأولوية والأهمية على النموذج السابق.

**2- البرمجة بالأهداف ذات الأولوية (Lexicographic Goal Programming):**

من بين المناهج والمتغيرات الأساسية كذلك نجد نموذج البرمجة بالأهداف التتابعية Dauer. k (1972) أو ما تسمى بالبرمجة بالأهداف ذات الأولوية أو الديناميكية Ijiriy (1965)، Romero (1991)Tmiz et al 1995 والتي تعتمد على أسلوب متدرج أو تتابعي حسب الأولويات للوصول إلى حل المشكلة كليا، ولهذا سميت بالتتابعية Sequentional أو الديناميكية على عكس الساكنة Static التي توصلنا إلى حل المشكلة نهائيا بشكل شامل لكل الأولويات معا (نموذج المعيار الشامل).

ويعتمد هذا النموذج على مجموعة من الفرضيات يمكن حصرها على الآتي:

- تعدد الأهداف المزمع تحقيقها؛
- وجود نظام أو هيكل ترتيب مسبق للأولويات تحقيق أهداف النموذج؛
- تعدد القيود المفروضة ؛
- قابلية المشكلة للتقسيم إلى مشاكل فرعية مترابطة؛
- قابلية المتغيرات القرارية والإنحرافية للتجزئة؛
- شرط عدة السالبية.

ويتكون نموذج البرمجة بالأهداف التتابعية من نفس عناصر النموذج العام للبرمجة بالأهداف السابق الذكر، من دالة هدف تتضمن متغيرات الانحراف الغير مرغوب فيها والمراد تدنيتها إلى أقل حدد ممكن، ويكون ذلك حسب نوع الهدف، ونجد كذلك قيود الهدف وقيود النظام، ولتوضيح ذلك نعرض الصياغة الرياضية (1991) التالية:

$$Min\ z = [P_1(\delta_i^+, \delta_i^-)\ , P_2(\delta_i^+, \delta_i^-), \dots\dots\dots P_k(\delta_i^+, \delta_i^-)]$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j - \delta_i^+ + \delta_i^- = g_i\ ;$$

$$Cx \le c; \qquad \text{نموذج رقم (04)}$$

$$x_j \ge 0;$$

$$\delta_i^+, \delta_i^-, x_j \geq 0;$$

$$(i = 1;2.....m) \text{ و } (j = 1;2.....n) \text{ و } (P = 1;2.....k)$$

من أجل حيث:

$P$ تعبر عن ترتيب الأهداف حســب الأولوية، أما بقيت الرموز والمعلمات قد تم تحديد معناها في النموذج رقم (01)، (02)، (03) السالفة الذكر.

عملية حل هذا النموذج تكون في شكل مراحل حيث يتجزأ النموذج إلى عدة مراحل حسب أهمية الهدف، ويمكن توضيح ذلك كما يلي:

المرحلة الأولى:

$$Min\ z_1 = P_1(\delta_i^+, \delta_i^-)$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^{n} a_{ij} x_j - \delta_i^+ + \delta_i^- = g_i$$

$$Cx \leq c;$$

$$x_j \geq 0;$$

$$\delta_i^+ et \delta_i^- \geq 0$$

المرحلة الثانية:

$$Min\ z_1 = P_1(\delta_i^+, \delta_i^-)$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^{n} a_{ij} x_j - \delta_i^+ + \delta_i^- = g_i$$

$$Cx \leq c;$$

$$x_j \geq 0;$$

$$\delta_i^+ et \delta_i^- \geq 0$$

$$Z_1 = a$$

حيث $a$ تمثل قيمة $Z_1$ المحصل عليها في المرحلة الأولى نضيفها إلى المرحلة الثانية كقيد جديد مع القيود السابقة، ونكمل عملية الحل إلى آخر مرحلة عند درجة الأولوية $k$ مع إضافة حلول المراحل السابقة في شكل قيود مع قيود النموذج العام.

**3- البرمجة بالأهداف تقليل/تعظيم (MINMAX Goal Programming):**

تم تطوير هذا النموذج من طرف Fal vell A.B (1976) وطبقا له يتم تقليل مجموع الانحرافات المناسبة للأهداف المراد الوصول إليها من طرف متخذ القرار، بعبارة أخرى تقليل الانحرافات الأكثر أهمية وهي الأقل تفضيلا الأكثر عقوبة غير مرغوب فيها من طرف صانع القرار، والصياغة الرياضية لهذا النموذج تكون حسب Romero (1991) في ما يلي:

$$=DMin\ Z = \sum_{i=1}^{m}(w_i^+\delta_i^+ + w_i^-\delta_i^-)$$

Subject to:

$$w_i^+\delta_i^+ + w_i^-\delta_i^- \leq D$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j - \delta_i^+ + \delta_i^- = g_i\ ;$$

$$Cx \leq c; \qquad \text{نموذج رقم (05)}$$

$$x_j \geq 0;$$

$$\delta_i^+, \delta_i^-,\ x_j \geq 0;$$

$$i = 1,2,3 \dots\dots m, j = 1,2,3 \dots\dots n\ . \qquad \text{من أجل}$$

حيث:

$Z$ : تمثل القيمة $D$ وتوضح في النموذج أعلاه الانحرافات العظمى المراد تقليلها، بعبارة أخرى تمثل أدنى انحراف أعظمي محصل عليه، وهي الانحرافات غير مرغوب فيها التي يستلزم عدم تجاوزها بالنسبة إلى القيمة $D$ تحدد من السابق والتي يُطلب من طرف صانع القرار تقليلها إلى أقل حد ممكن.

## تمارين تطبيقية مع الحلول حول نموذج البرمجة الخطية بالأهداف

**التمرين رقم 01:**

مؤسسة ننتج نوعين من المنتجات وكانت المعلومات المتوفرة عن ذلك موضحة كما يلي:

- مدة انتاج المنتج الأول هي ساعتين؛
- مدة انتاج المنتج الثاني هي ثلاثة ساعات؛
- مدة اشتغال آلة الإنتاج هي 10 ساعات في اليوم وهناك 20 آلة؛
- المؤسسة تشتغل 5 أيام في الأسبوع فقط؛

- المواد الأولية والامكانيات الأخرى متوفرة بكمية كبيرة؛
- الربح المحقق من كل منتج هو 20 ون و 15 ون على التوالي؛
- تكلفة انتج المنتجين هي 15 ون و10 ون على التوالي؛
- المؤسسة تسعى إلى تحقيق أقصى ربح ممكن لا يقل عن 10000 ون في الأسبوع، وكمية انتاج من كلا المنتجين في حدود 700وحدة في الأسبوع. وتسعى كذلك إلى تقليل تكلفة الإنتاج الاجمالية بحيث لا تتجاوز 5000 ون.

المطلوب:

1. تحديد متغيرات القرار؛
2. تحديد الأهداف المراد بلوغها؛
3. تحديد متغيرات الانحراف غير المرغوب فيها؛
4. تحديد القيم المحققة والقيم المستهدف ( ما هو الفرق بينهما؟).
5. صياغة البرنامج الرياضي.

**حل التمرين رقم 01:**

1- تحديد متغيرات القرار:

متغيرات القرار هي المتغيرات التي تبنى عليها المشكلة المطروحة وعلى أساسها تتحقق خطة الإنتاج ومن ثم يتم تحديد قيمة الأهداف المراد بلوغها، وفي هذه المسالة نجد متغيرين هما:

- $x_1$ متغير القرار الأول والذي يعبر عن كمية الإنتاج من المنتج الأول؛
- $x_2$ متغير القرار الثاني والذي يعبر عن كمية الإنتاج من المنتج الثاني؛

2- تحديد الأهداف المراد بلوغها:

نجد في هذه المسألة ثلاثة أهداف يطمح صاحب الشركة الوصول إليها وهي:

- $g_1$ (goal one) الهدف الأول والذي يعبر عن تحقيق اقصى ربح ويصاغ رياضيا بالعلاقة ($\text{Max}\, z_1 20x_1 + 15x_2 \geq 10000$)؛
- $g_2$ (goal two) الهدف الثاني والذي يعبر عن تحقيق كمية انتاج معينة ومضبوطة لتفادي مشكلة التخزين وتجاوبا للطلب السوقي ويصاغ رياضيا بالعلاقة ($z_2 = x_1 + x_2 = 700$)؛
- $g_3$ (goal three) الهدف الثالث والذي يعبر عن تحقيق أدنى حد ممكن من التكاليف الإجمالية ويصاغ رياضيا بالعلاقة ($\text{Min}\, z_3 = 15x_1 + 10x_2 < 5000$)؛

3- تحديد القيم الحقيقة والقيم المستهدفة:

القيم الحقيقة هي القيم التي يبحث عليها مسيري المؤسسة من ربح أو تكلفة أو كمية إنتاج أو أي كان من الأهداف، وتكون معبر عنها بعلاقات رياضية نبحث عليها بناءا على قيم متغيرات القرار.

أما القيم المستهدفة فهي القيم التي يطمح أو يرغب مسيري المؤسسة الوصول إليها تكون قيمها محددة مسبقا متنبأ إليها ومخطط لها بناءا على الخبرة والتجربة والعمليات الحسابية للفترات السابقة، ويكون ذلك عموما في الأجل القصير والمتوسط.

وعلى أساس ذلك تكون القيم الحقيقة والقيم المستهدفة في هذه المسألة هي:

- القيمة الحقيقة للربح هي ممثلة بالمعادلة $20x_1 + 15x_2$ والقيمة المستهدفة هي 10000 ون فما فوق؛
- القيمة الحقيقة للإنتاج معبر عنها في المعادلة $x_1 + x_2$ والقيمة المستهدفة هي في حدود 700 وحدة؛
- القيمة الحقيقة للتكلفة معبر عنها في المعادلة $15x_1 + 10x_2$ والقيمة المستهدفة هي 5000ون كحد أقصى.

4- تحديد متغيرات الانحراف غير المرغوب فيها هي:

بالنسبة لتعظيم الربح فإن الانحراف غير مرغوب فيه هو السالب $(\delta_i^-)$ وهذا يعني أنه مادام الامر متعلق بالربح، فمتخذ القرار لا يريد أن تكون القيمة المحققة $(20x_1 + 15x_2)$ أقل من القيمة المستهدفة (10000 ون) فمن الأفضل أن تكون أكبر ما يمكن.

بالنسبة للإنتاج فهنا متخذ القرار يريد أن يكون الإنتاج الكلي عند قيمة معينة ومضبوطة يعني لا أقل ولا أكثر، فمتخذ القرار يريد أن تكون القيمة المحققة $(x_1 + x_2)$ مساوية للقيمة المستهدفة (700 ون)، وعندئذ الانحرافات غير مرغوب فيها في هذه الحالية هي الموجبة والسالبة مع بعض $(\delta_i^-)$، $(\delta_i^+)$.

بالنسبة لتقليل التكاليف فإن الانحراف غير مرغوب فيه هو الموجب $(\delta_i^+)$، وهذا يعني أنه مادام الامر متعلق بالتكلفة، فمتخذ القرار لا يريد أن تكون القيمة المحققة $(15x_1 + 10x_2)$ أكبر من القيمة المستهدفة (5000 وحدة) فمن الأفضل أن تكون أصغر ما يمكن.

ويمكن تلخيص ذلك في الجدول التالي:

| الأهداف | الانحرافات غير المرغوب فيها |
|---|---|
| الهدف الأول : الربح | N1 |
| الهدف الثاني : الإنتاج | N2, P2 |

| | |
|---|---|
| الهدف الثالث: ا التكاليف | P3 |

5- صياغة البرنامج الرياضي:

$$Min\ Z = N1 + P2 + N2 + P3$$

Subject to: تحت شرط

$$20X_1 + 15X_2 + N1 - P1 = 10000$$

$$X_1 + X_2 + N2 - P2 = 700$$

$$15X_1 + 10X_2 + N3 - P3 = 5000$$

$$2X_1 + 3X_2 \leq 1000$$

$$(X1, X2, P1, N1, P2, N2, P3, N3) \geq 0$$

**التمرين رقم (02):** مؤسسة تنتج منتجين حيث الربح المحقق منهما على التوالي 100 ون و 150 ون وتخصص لإنتاج كل وحدة منهما 4 و 3 ساعات عمل على التوالي، ولتحقيق ذلك يشترط على المؤسسة استعمال وحدتين من مادة اولية لإنتاج وحدة واحدة من المنتج الاول ووحدة واحدة لإنتاج المنتج الثاني، علما أن المادة تلك متوفرة وبشكل كبير تريد المؤسسة استغلالها على الأقل بكمية قدرها 50 وحدة و كذلك انتاج كل وحدة من المنتجين يشترط عدم تجاوز 75 ساعة.

الطموح التي تسعى إليه المؤسسة يكمن في:

- أقصى ربح ممكن على الأقل 7000 ون؛
- وقت العمل من الأفضل لا يتجاوز 120 ساعة عمل؛
- السعي إلى انتاج 40 وحدة فما فوق من كل منتج.

المطلوب:

1. بناء البرنامج الرياضي لهذه المسالة في شكله العادي وحله؛

2. إعادة صـياغة البرنامج الرياضي مع الحل لكن ينبغي الأخذ في الحسـبان درجة الاهمية المعطاة من طرف متخذ القرار للأهداف المراد الوصول إليها التي يعبر عنها أحيانا بالأوزان وأحيانا وبالأولوية وهي موضحة في الجدول أدناه؛

3. حل البرنامج الرياضي مرة أخرى باستعمال طريقة النسب.

جدول يوضح توزيع درجة الاوزان ومستويات الاولوية على الأهداف

| الأهداف | درجة الأوزان | مستوى الأولوية |
|---|---|---|
| الربح | 4 | الاولى |
| وقت العمل | 2 | الثالثة |
| انتاج المنتج الأول | 3 | الثانية |
| انتاج المنتج الثاني | 3 | الثانية |

**حل التمرين رقم02:**

1- الصياغة العامة لنموذج البرمجة بالأهداف:

لتحديد الصياغة الرياضية لهذا النموذج وفق معطيات التمرين نتبع الخطوات التالية:

أولا: تحديد متغيرات القرار:

لدينا:

x1 يمثل كمية المنتج الأول ؛

X2 يمثل كمية المنتج الثاني.

ثانيا: تحديد الأهداف وصياغتها الرياضية:

لدينا ثلاث أهداف وهي:

- الهدف الأول (Goal one) : تحقيق اقصى ربح لا يقل عن 7000 ون و دالته الرياضية هي:

$$100X_1 + 150X_2 \geq 7000$$

- الهدف الثاني (Goal two) : تخفيض وقت العمل إلى أدنى حد ممكن حيث لا يتجاوز 120 ساعة والصياغة الرياضية لذلك هي:

$$4X_1 + 3X_2 \leq 120$$

- الهدف الثالث (Goal three) : السعي إلى تحقيق 40 وحدة فما فوق من المنتج الاول والمنتج الثاني (كل على حدى) وصياغته الرياضية هي:

$$X_1 \geq 40$$

$$X_2 \geq 40$$

ثالثا: تحديد الانحرافات غير المرغوب فيها : يمكن توضيحها في الجدول التالي:

| الأهداف | الانحرافات غير المرغوب فيها |
|---|---|
| الهدف الأول : الربح | N1 |
| الهدف الثاني : وقت العمل | P2 |
| الهدف الثالث: استراتيجية الإنتاج | N3, N4 |

رابعا: قيود النظام (الشروط): في هذه الحالة لدينا قيدين واحد خاص باستغلال أقصى حد ممكن من المادة الأولية المتاحة و والآخر خاص بفترة الانتاج على الالة وصياغتها الرياضية هي:

$$2X_1 + 1X_2 \geq 50$$

$$X_1 + 1X_2 \leq 75$$

خامسا: صياغة دالة الهدف :

$$Min\ Z = N1 + P2 + N3 + N4$$

سادسا: صياغة النموذج في الشكل العام:

$$Min\ Z = N1 + P2 + N3 + N4$$

Subject to: تحت شرط

$$100X_1 + 150X_2 + N1 - P1 = 7000$$

$$4X_1 + 3X_2 + N2 - P2 = 120$$

$$X_1 + N3 - P3 = 40$$

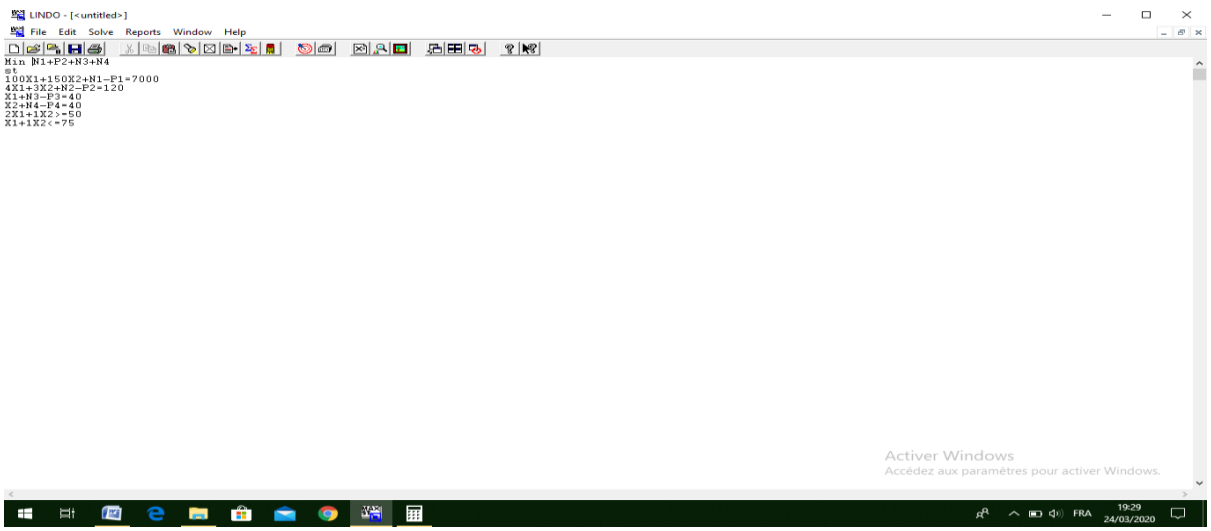
$$X_2 + N4 - P4 = 40$$

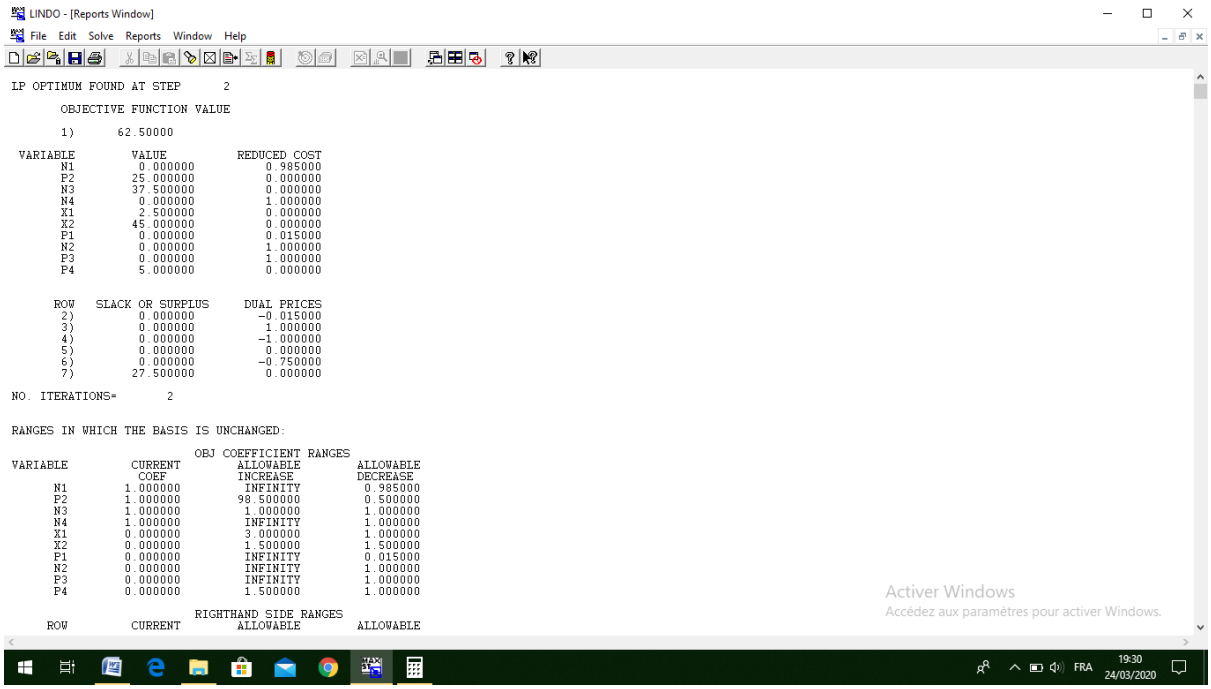
$$2X_1 + 1X_2 \geq 50$$

$$X_1 + 1X_2 \leq 75$$

$$(X1, X2, P1, N1, P2, N2, P3, N3, P4, N4) \geq 0$$

حل النموذج أعلاه باستعمال برنامج LINDO هو كالتالي:




وهكذا نصل في الأخير إلى الحل النهائي للنموذج و النتائج نستخلصها من مخرجات البرنامج الموضحة في الشكل أعلاه في الجدول التالي:

| المتغيرات | القيمة | الأهداف | نسبة الانجاز | الرضا على الانجاز |
|---|---|---|---|---|
| $X_1$ | 2,5 | الهدف الأول : الربح | %100 | نعم |
| $X_2$ | 45 | الهدف الثاني : العمل | %79.16 | لا |
| P1 | 0 | الهدف الثالث: استراتيجية الإنتاج | | |
| | | استراتيجية المنتج الاول | 6,25% | لا |
| | | استراتيجية المنتج الثاني | 112 .5% | نعم |
| N1 | 0 | | | |
| P2 | 25 | | | |
| N2 | 0 | | | |
| P3 | 0 | | | |
| N3 | 37,5 | | | |
| P4 | 5 | | | |
| N4 | 0 | | | |

ملاحظة: فيما يخص نسبة الانجاز لجميع التمارين تحسب بكل بساطة كما يلي:

بالنسبة للهدف الاول: يلاحظ أن الانحراف غير المرغوب فيه مساوي إلى 0 يعني ذلك أن الهدف المراد الوصول إليه قد انجز بالتمام 100% معناه لا يوجد مسافة أو فجوة ما بين الهدف المحقق والقيمة المستهدفة وعند ذلك نقول أن قيمة الربح هي : 7000 ون؛

بالنسبة للهدف الثاني: يلاحظ أن الانحراف غير المرغوب فيه مساوي إلى 25 ساعة بنسبة قدرها 20,83 % الحاصلة من قسمة قيمة الانحراف 25 على القيمة المستهدفة (25/120=0,2083 ) ومن تم نقول أن إنجاز الهدف لم يكن بالتمام وإنما بنسبة قدرها ( 79.16%=% 20,83 -% 100) أما قيمته الفعلية فهي مساوية إلى 145 ساعة أي القيمة المستهدفة 120 ساعة مضاف إليها قيمة الانحراف غير المرغوب فيه والمقدرة بـ 25 ساعة، يعني أن ساعات العمل كان يطمح متخذ القرار أن لا تتجاوز الحد 120 ولكن وجدنا من خلال تطبيق هذا النموذج والنتائج المحصل عليها أنها تجاوزت ذلك الحد.

ملاحظة : إذا كُنا أمام هدف التعظيم فإن الانحراف غير المرغوب فيه يُطرح من القيمة المُستهدفة وإذا كُنا أمام هدف التقليل فيكون العكس أي الانحراف غير مرغوب فيه يُضاف إلى القيمة المُستهدفة، وقد نوضح ذلك في الجدول التالي:

| طبيعة الهدف | القيمة المستهدفة (g*) | الانحراف غير مرغوب فيه | القيمة الفعلية للهدف |
|---|---|---|---|
| التعظيم MAX | G(x)>=g*max (دالة الهدف) | N | G=g*-N |
| التدنية MIN | G(x)<=g*min (دالة الهدف) | P | G=g*+p |

بالنسـبة للهدف الثالث: هنا بالنسـبة للمنتج الأول فيلاحظ أن الانحراف غير المرغوب فيه مسـاوي إلى 37,5 وحدة بنسبة قدرها 93,75 % الحاصلة من قسمة قيمة الانحراف 37,5 وحدة على القيمة المستهدفة (37,5/40=0,9375 ) ومن تم نقول أن إنجاز الهدف لم يكن بالتمام وإنما بنسـبة قدرها (6,25 % = 93,75% -100%) أما قيمته الفعلية فهي مساوية إلى 2,5 ون تحسب هكذا ( 2,5=40*6 ,25% )؛

أما بالنسـبة للمنتج الثاني فيلاحظ أن الانحراف غير المرغوب فيه مسـاوي إلى 0 ولكن الانحراف المعاكس المرغوب فيه مسـاوي إلى 5 وحدة هذا ما يعني أن الهدف المتعلق بالمنتج الاول قد تحقق بدرجة تجاوزت التمام (100%) أي بنسبة قدرها 12 .5% (5/40 =0,125) والتي تضاف إلى النسبة الكاملة (100%) حيث تصبح نسبة إنجاز الهدف 112 .5% يعني بقيمة فعلية قدرها 45 وحدة ( 45=40*112,5%).

القرار: يلاحظ من الجدول أعلاه أن تحقيق الهدف الاول كان بنسـبة كاملة أي انجاز تام أما الهدف الثاني فكان إنجازه دون التمام (100%) أي بنسـبة قدرها 76,16% والهدف الثالث من ناحية المنتج الاول فانجازه كان ضـعيف جدا حيث نسـبته لم تتعدى 6,25% أما من ناحية المنتج الثاني فقد تحقق الانجاز بنسـبة كبيرة جدا إذ وصـلت إلى حدود 112 .5%.

1- بناء نموذج جديد يأخذ في الحسبان الأوزان والأولوية:

2-1: بناء نموذج البرمجة بالأهداف مع الأوزان:

نفس الخطوات السـابقة التي تم اتباعها في المطلب الاول فقط يتم التغيير على مسـتوى الخطوة السـادسـة المتعلقة بصياغة النموذج والتي سنضيف لها الاوزان فقط وعند ذلك يصبح النموذج كما يلي:

$$Min\ Z = 5N1 + 1P2 + 3N3 + 3N4$$

Subject to: تحت شرط

$$100X_1 + 150X_2 + N1 - P1 = 7000$$

$$4X_1 + 3X_2 + N2 - P2 = 120$$

$$X_1 + N3 - P3 = 40$$

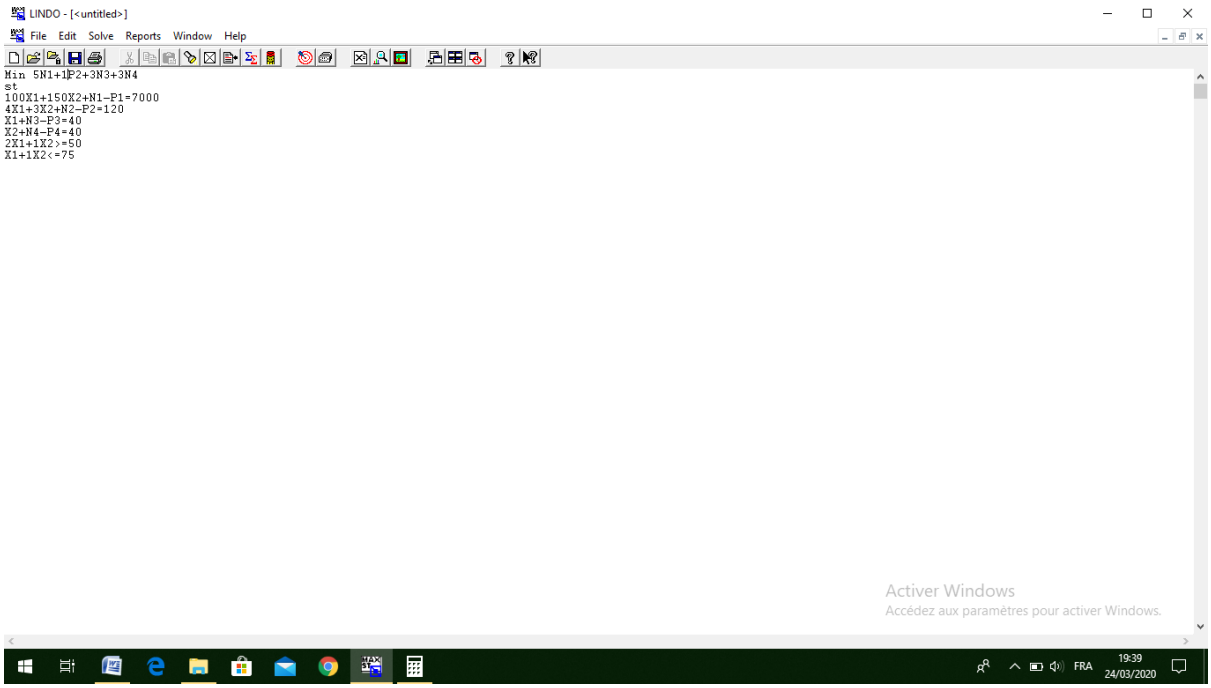
$$X_2 + N4 - P4 = 40$$

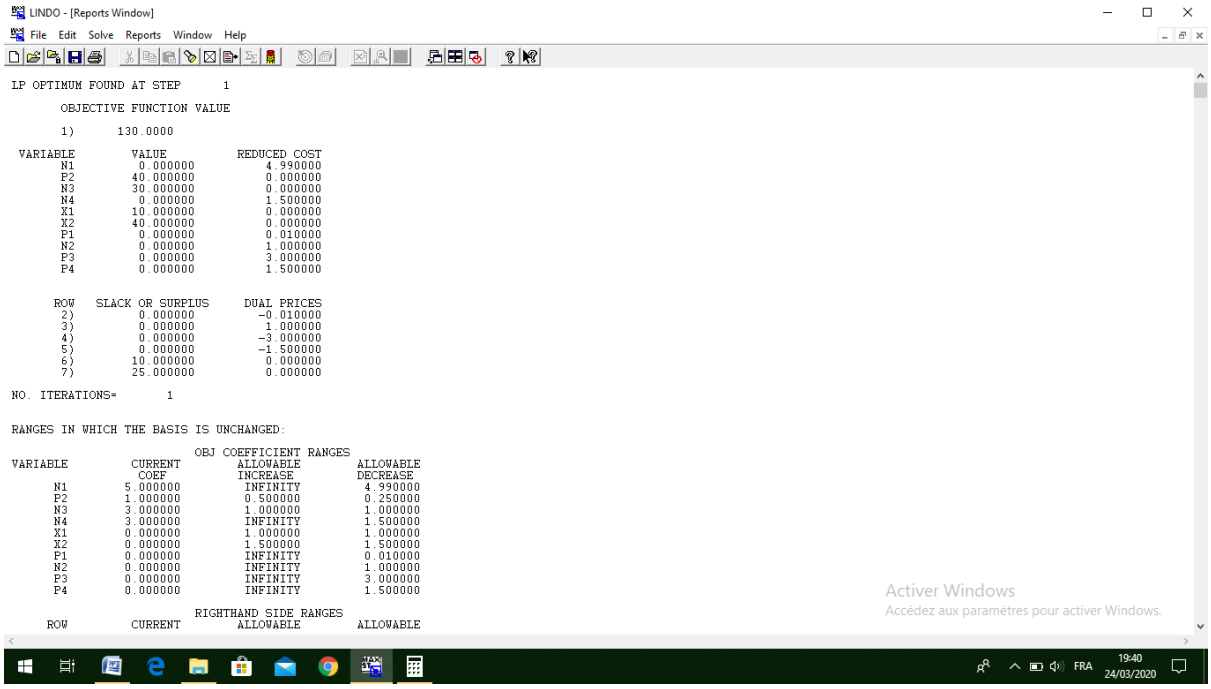
$$2X_1 + 1X_2 \geq 50$$

$$X_1 + 1X_2 \leq 75$$

$$(X1, X2, P1, N1, P2, N2, P3, N3, P4, N4) \geq 0$$

حل النموذج أعلاه باستعمال برنامج LINDO هو كالتالي:



وهكذا نصـل في الأخير إلى الحل النهائي للنموذج و النتائج نسـتخلصـها من مخرجات البرنامج الموضحة في الشـكل أعلاه في الجدول التالي:

| المتغيرات | القيمة | الأهداف | نسبة الانجاز | الرضا على الانجاز |
|---|---|---|---|---|
| $X_1$ | 10 | الهدف الأول : الربح | %100 | نعم |
| $X_2$ | 40 | الهدف الثاني : العمل | %66,67 | لا |
| P1 | 0 | الهدف الثالث: استراتيجية الإنتاج | | |
| | | استراتيجية المنتج الاول | 75% | لا |
| | | استراتيجية المنتج الثاني | 100% | نعم |
| N1 | 0 | | | |
| P2 | 40 | | | |
| N2 | 0 | | | |
| P3 | 0 | | | |
| N3 | 30 | | | |
| P4 | 0 | | | |
| N4 | 0 | | | |

ملاحظة: فيما يخص نسبة الانجاز لجميع التمارين تحسب بكل بساطة كما يلي:

بالنسـبة للهدف الاول: يلاحظ أن الانحراف غير المرغوب فيه مسـاوي إلى 0 يعني ذلك أن الهدف المراد الوصول إليه قد انجز بالتمام 100% معناه لا يوجد مسافة أو فجوة ما بين الهدف المحقق والقيمة المستهدفة وعند ذلك نقول أن قيمة الربح هي : 7000 ون؛

بالنسـبة للهدف الثاني: يلاحظ أن الانحراف غير المرغوب فيه مسـاوي إلى 40 سـاعة بنسـبة قدرها 33,33% الحاصـلة من قسـمة قيمة الانحراف 40 على القيمة المسـتهدفة (40/120=0,3333 ) ومن تم نقول أن إنجاز الهدف لم يكن بالتمام وإنما بنسـبة قدرها ( 66,67%= 33,33% - 100 %) أما قيمته الفعلية فهي مسـاوية إلى 160 سـاعة يعني 40 ساعة مضاف إليها القيمة المستهدفة 120 ساعة.

بالنسبة للهدف الثالث: هنا بالنسبة للمنتج الأول فيلاحظ أن الانحراف غير المرغوب فيه مساوي إلى 30 وحدة بنسبة قدرها 75% الحاصلة من قسمة قيمة الانحراف 30 وحدة على القيمة المستهدفة (30/40=0,75 ) ومن تم نقول أن إنجاز الهدف لم يكن بالتمام وإنما بنسبة قدرها (25 % = 75% -100%) أما قيمته الفعلية فهي مساوية إلى 10 ون تحسب هكذا ( 10=40*25% )؛

أما يلاحظ بالنسبة للمنتج الثاني أن الانحراف غير المرغوب فيه مساوي إلى 0 يعني الهدف قد تحقق بنسبة كاملة (100%).

القرار: يلاحظ من الجدول أعلاه أن تحقيق الهدف الاول كان بنسبة كاملة أي انجاز تام أما الهدف الثاني فكان إنجازه دون التمام (100%) أي بنسبة قدرها 33,33% والهدف الثالث من ناحية المنتج الاول فانجازه كان دون المتوسط حيث نسبته لم تتعدى 25 % أما من ناحية المنتج الثاني فقد تحقق بنسبة كاملة (100%).

2-2: بناء نموذج البرمجة بالأهداف مع الأولوية:

نفس الخطوات السابقة التي تم اتباعها في المطلب الأول فقط يتم التغيير على مستوى الخطوة السادسة المتعلقة بصياغة النموذج والتي سنضيف لها الأولوية وعند ذلك يصبح النموذج كما يلي:

$$Min\ Z = P1(N1), P2(N3 + N4), P3(P2)$$

تحت شرط :Subject to

$$100X_1 + 150X_2 + N1 - P1 = 7000$$

$$4X_1 + 3X_2 + N2 - P2 = 120$$

$$X_1 + N3 - P3 = 40$$

$$X_2 + N4 - P4 = 40$$

$$2X_1 + 1X_2 \geq 50$$

$$X_1 + 1X_2 \leq 75$$

$$(X1, X2, P1, N1, P2, N2, P3, N3, P4, N4) \geq 0$$

لحل هذا النموذج يجب تقسيمه إلى ثلاث مراحل وذلك حسب الاولوية المعطاة للأهداف وهنا يلاحظ أنه هناك ثلاثة نماذج وهي كمايلي:

خطوة 1 : الاولوية الاولى P1 تضم الهدف الأول والنموذج الموافق لذلك هو:

$$Min\ Z = P1(N1)$$

تحت شرط :Subject to

$$100X_1 + 150X_2 + N1 - P1 = 7000$$

$$4X_1 + 3X_2 + N2 - P2 = 120$$

$$X_1 + N3 - P3 = 40$$

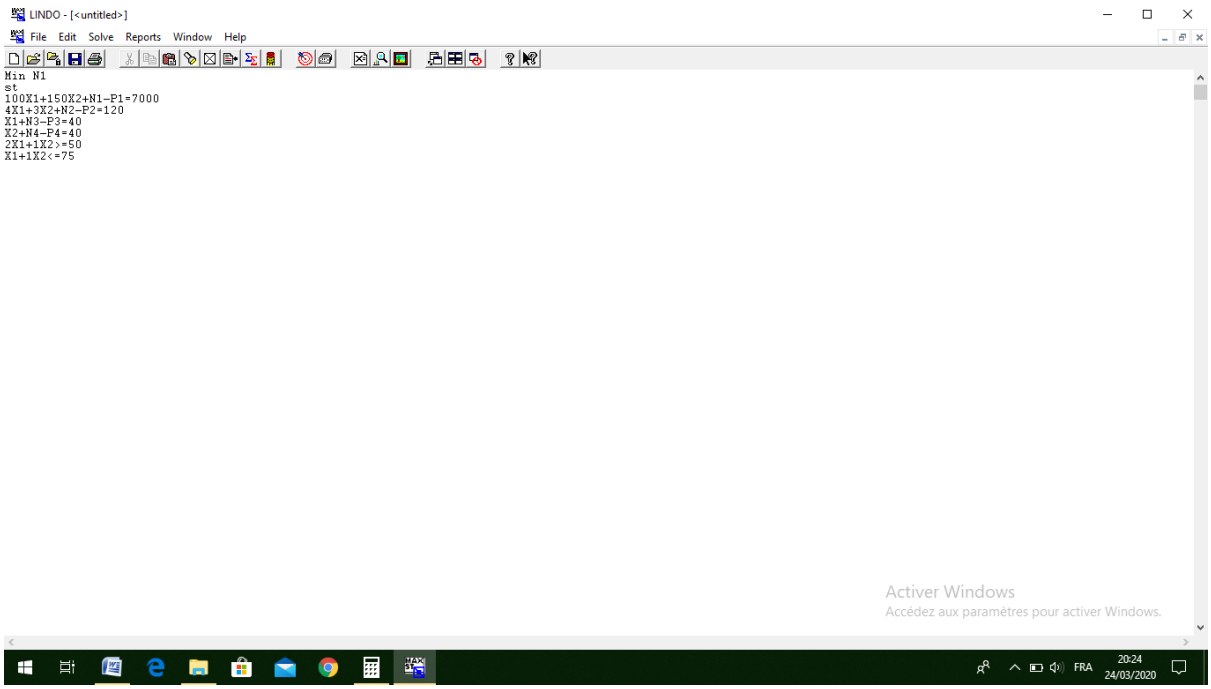
$$X_2 + N4 - P4 = 40$$

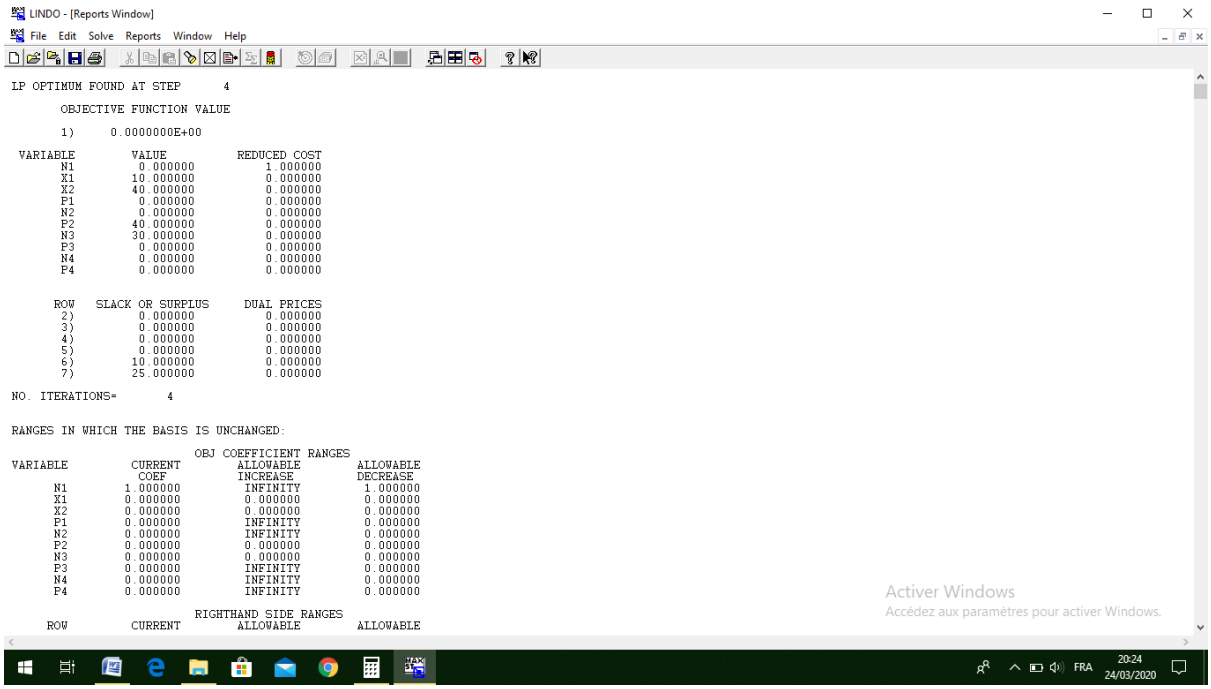
$$2X_1 + 1X_2 \geq 50$$

$$X_1 + 1X_2 \leq 75$$

$$(X1, X2, P1, N1, P2, N2, P3, N3, P4, N4) \geq 0$$

حل النموذج أعلاه باستعمال برنامج LINDO هو كالتالي:






ما نحتاجه من مخرجات نموذج الخطو الاولى هو قيمة Z1 والمساوية إلى 0 وهي قيمة N1 التي سوف نضيفها الى نموذج الخطوة الثانية كقيد إضافي إلى القيود الأولوية للنموذج العام.

الخطوة الثانية : الأولوية الثانية P2 تضم الهدف الثالث والرابع والنموذج الموافق لذلك هو:

$$Min\ Z2 = P2(N3 + N4)$$

Subject to: تحت شرط

$$100X_1 + 150X_2 + N1 - P1 = 7000$$

$$4X_1 + 3X_2 + N2 - P2 = 120$$

$$X_1 + N3 - P3 = 40$$

$$X_2 + N4 - P4 = 40$$

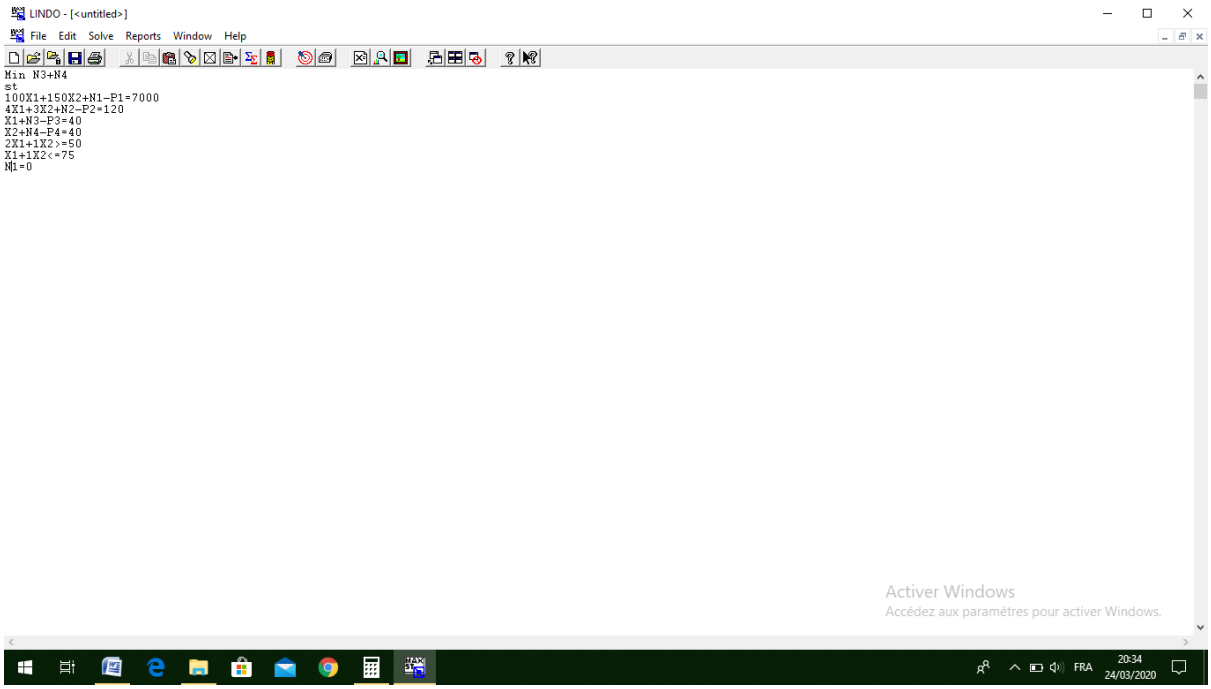
$$2X_1 + 1X_2 \geq 50$$

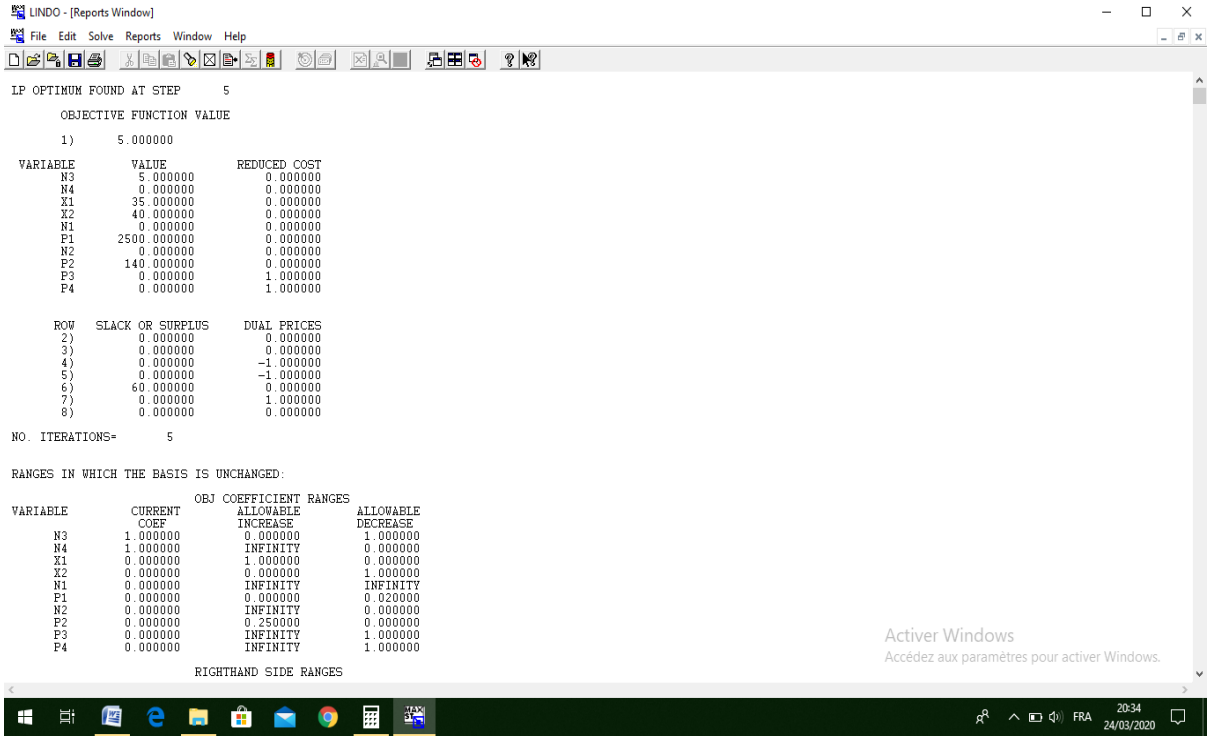
$$X_1 + 1X_2 \leq 75$$

$N1 = 0$ حل الخطوة الأولى (قيد إضافي )

$$(X1, X2, P1, N1, P2, N2, P3, N3, P4, N4) \geq 0$$

الحل باستعمال برنامج LINDO هو :




ما نحتاجه من مخرجات نموذج الخطوة الثانية هو قيمة Z2 والمساوية إلى 5 وهي قيمة N3 مع N4 التي سوف نضيفها إلى نموذج الخطوة الثالثة كقيد إضافي إلى القيود الأولوية مع إضافة حلول الخطوة الأولى .

خطوة 1 : الاولوية الثالثة P3 تضم الهدف الثاني والنموذج الموافق لذلك هو:

$$Min\ Z = P3(P2)$$

Subject to: تحت شرط

$$100X_1 + 150X_2 + N1 - P1 = 7000$$

$$4X_1 + 3X_2 + N2 - P2 = 120$$

$$X_1 + N3 - P3 = 40$$

$$X_2 + N4 - P4 = 40$$

$$2X_1 + 1X_2 \geq 50$$

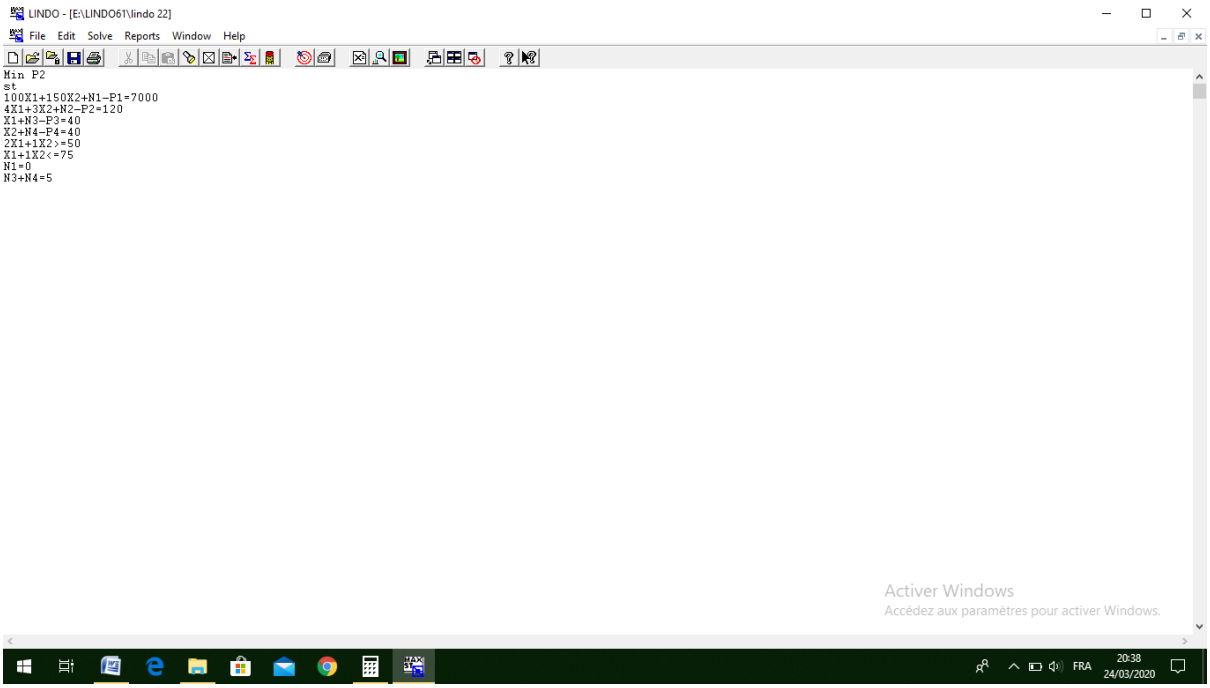
$$X_1 + 1X_2 \leq 75$$

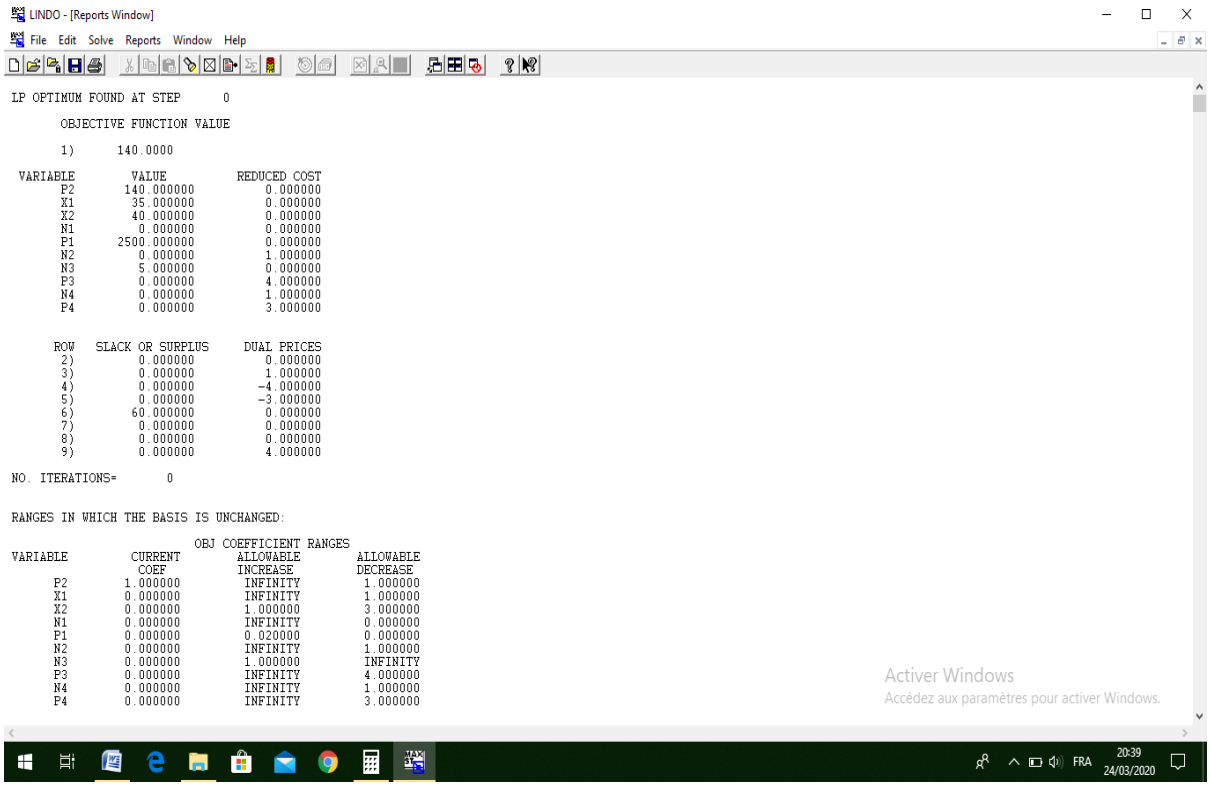
$N1 = 0$ حل الخطوة الأولى (قيد إضافي)

$N3 + N4 = 0$ حل الخطوة الثانية (قيد إضافي )

$$(X1, X2, P1, N1, P2, N2, P3, N3, P4, N4) \geq 0$$

حل النموذج أعلاه باستعمال برنامج LINDO هو كالتالي:






وهكذا نصـل في الأخير إلى الحل النهائي للنموذج وهذا تتبعا إلى هيكل الاولوية المفترض و النتائج نسـتخلصـها من مخرجات البرنامج الموضحة في الشكل أعلاه في الجدول التالي:

| المتغيرات | القيمة | الأهداف | نسبة الانجاز | الرضا على الانجاز |
|---|---|---|---|---|
| $X_1$ | 35 | الهدف الأول : الربح | 135,71% | نعم |
| $X_2$ | 40 | الهدف الثاني : العمل | %116,66 بالانخفاض | لا |
| P1 | 2500 | الهدف الثالث: استراتيجية الإنتاج | | |
| | | استراتيجية المنتج الاول | 87,5% | لا |
| | | استراتيجية المنتج الثاني | 100% | نعم |
| N1 | 0 | | | |
| P2 | 140 | | | |
| N2 | 0 | | | |
| P3 | 0 | | | |

| | |
|---|---|
| N3 | 5 |
| P4 | 0 |
| N4 | 0 |

ملاحظة: فيما يخص نسبة الانجاز لجميع التمارين تحسب بكل بساطة كما يلي:

بالنسبة للهدف الأول: يلاحظ أن الانحراف غير المرغوب فيه مساوي إلى 0 ولكن الانحراف المرغوب فيه أي الايجابي قد كان يساوي إلى 2500 هذا ما يوضح أن هذا الهدف قد تحقق بنسبة تجاوزت التمام قدرها 135,71% (135,71% =100%+35,71%=0,3571=2500/7000 ) يعني قيمته الفعلية فهي مساوية إلى 9500 ون تحسب هكذا ( 135,71%*7000=9499,72=9500 )؛

بالنسبة للهدف الثاني: يلاحظ أن الانحراف غير المرغوب فيه مساوي إلى 140 ون بنسبة قدرها 116,66% الحاصلة من قسمة قيمة الانحراف 140 على القيمة المستهدفة (140/120=1,1666 ) ونقول في هذه الحالة أن الهدف المراد الوصول اليه من المفروض حسب رغبة متخذ القرار لا يتجاوز 120 ساعة ولكن ما تبينه النتائج هو الابتعاد عن القيمة المستهدفة كان بمقدار 140 ساعة أي اصبحت القيمة الفعلية للهدف الثاني مساوية إلى 260 ساعة بالتقريب.

وللتوضيح بالنسبة للهدف الثاني هو أن الانحراف غير مرغوب فيه المعبر عنه بـــ P2 بدل ما يقلل إلى أدنى حد ممكن فقد كان العكس أي زاد في حجمه أي المسافة زادت من 0 الى أن وصلت إلى 140 يعني العملية عكسية الشيئ الذي جعلنا نضيف 140 ساعة إلى 120 ساعة القيمة المستهدفة ما جعل قيمة الهدف الحقيقة والفعلية تأخذ القيمة 260 ساعة.

بالنسبة للهدف الثالث: هنا بالنسبة للمنتج الأول فيلاحظ أن الانحراف غير المرغوب فيه مساوي إلى 5 وحدة بنسبة قدرها 12,5% الحاصلة من قسمة قيمة الانحراف 5 وحدة على القيمة المستهدفة (5/40=0,125 ) ومن تم نقول أن إنجاز الهدف لم يكن بالتمام وإنما بنسبة قدرها (87,5% =12,5%- 100%) أما قيمته الفعلية فهي مساوية إلى 35 ساعة تحسب هكذا ( 87,5%*40=35 )؛

أما بالنسبة للمنتج الثاني فأن الانحراف غير المرغوب فيه مساوي إلى 0 يعني أن الهدف قد تحقق بنسبة كاملة (100%).

القرار: يلاحظ من الجدول أعلاه أن تحقيق الهدف الاول كان بنسبة كاملة أي انجاز تام أما الهدف الثاني فكان إنجازه دون التمام (100%) أي بنسبة قدرها 116,66% (-) بالانخفاض والهدف الثالث من ناحية المنتج الأول فانجازه كانت نسبته في حدود 87,5 % أما من ناحية المنتج الثاني فقد تحقق بنسبة كاملة (100%).

2- حل نموذج البرمجة بالأهداف باستعمال النسب:

في هذه الحالة نقوم بحل النموذج المصاغ في المطلب الأول مع إدخال النسب بدل الأوزان وهيكل الأولوية والنسب هي حاصل قسمة الانحراف غير المرغوب فيه بالنسبة للقيمة المستهدفة، والصياغة الرياضية الموافقة لذلك هي على النحو التالي:

$$Min\ Z = \frac{N1}{7000} + \frac{P2}{120} + \frac{N3}{40} + \frac{N4}{40}$$

Subject to: تحت شرط

$$100X_1 + 150X_2 + N1 - P1 = 7000$$

$$4X_1 + 3X_2 + N2 - P2 = 120$$

$$X_1 + N3 - P3 = 40$$

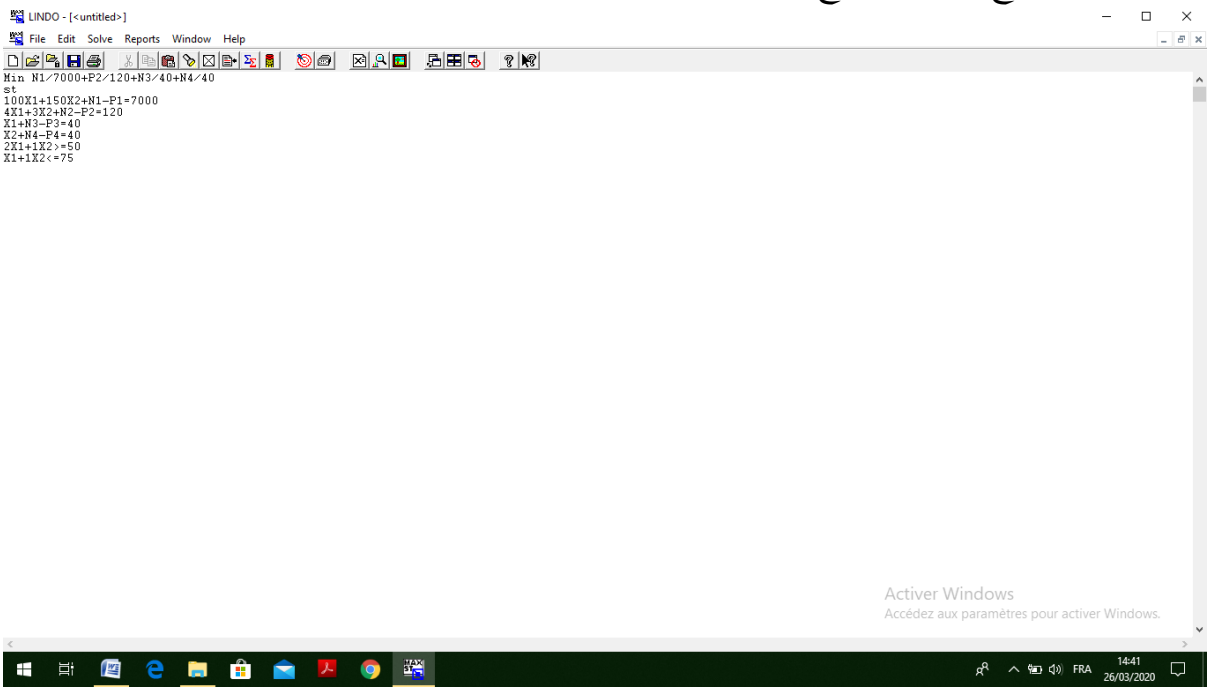
$$X_2 + N4 - P4 = 40$$

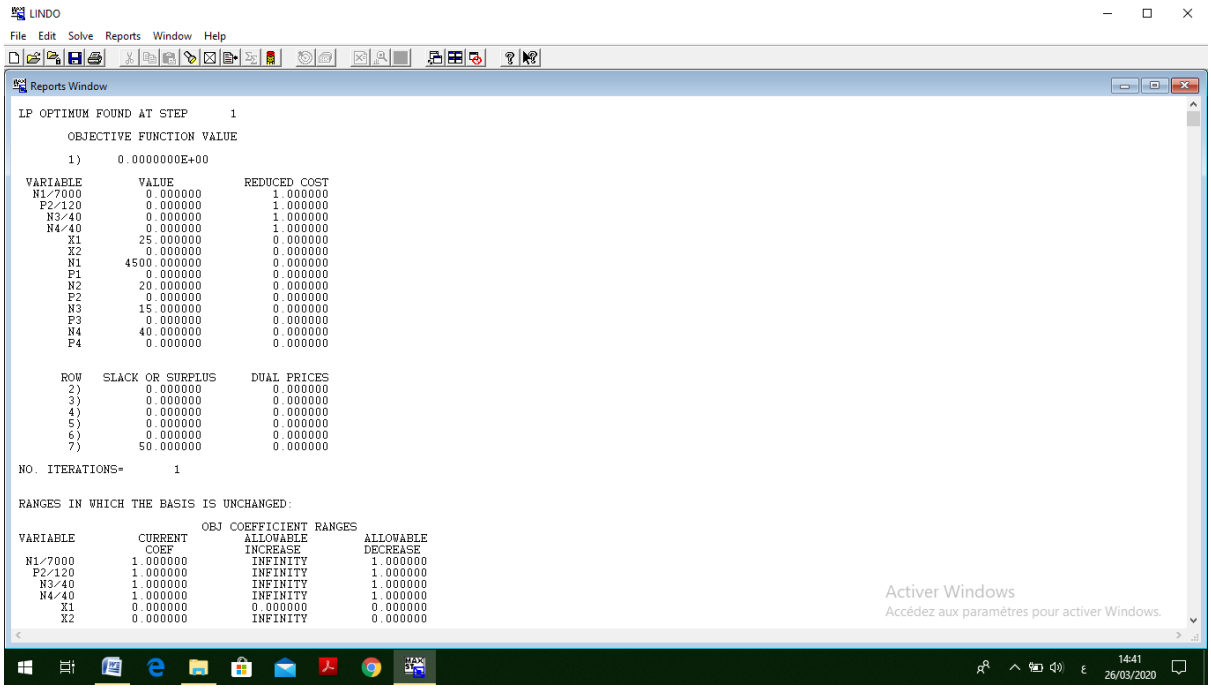
$$2X_1 + 1X_2 \geq 50$$

$$X_1 + 1X_2 \leq 75$$

$$(X1, X2, P1, N1, P2, N2, P3, N3, P4, N4) \geq 0$$

حل النموذج باستعمال برنامج LINDO هو:






و النتائج نستخلصها من مخرجات البرنامج الموضحة في الشكل أعلاه في الجدول التالي:

| المتغيرات | القيمة | الأهداف | نسبة الانجاز | الرضا على الانجاز |
|---|---|---|---|---|
| $X_1$ | 35 | الهدف الأول : الربح | 135,71% | نعم |
| $X_2$ | 40 | الهدف الثاني : العمل | %116,66 بالانخفاض | لا |
| P1 | 2500 | الهدف الثالث: استراتيجية الإنتاج | | |
| | | استراتيجية المنتج الاول | 87,5% | لا |
| | | استراتيجية المنتج الثاني | 100% | نعم |
| N1 | 0 | | | |
| P2 | 140 | | | |
| N2 | 0 | | | |
| P3 | 0 | | | |
| N3 | 5 | | | |
| P4 | 0 | | | |

| | |
|---|---|
| N4 | 0 |

ملاحظة: فيما يخص نسبة الانجاز لجميع التمارين تحسب بكل بساطة كما يلي:

بالنسبة للهدف الأول: يلاحظ أن الانحراف غير المرغوب فيه مساوي إلى 0 ولكن الانحراف المرغوب فيه أي الايجابي قد كان يساوي إلى 2500 هذا ما يوضح أن هذا الهدف قد تحقق بنسبة تجاوزت التمام قدرها 135,71% (135,71% =100%+35,71%=0,3571=2500/7000 ) يعني قيمته الفعلية فهي مساوية إلى 9500 ون تحسب هكذا ( 9500=9499,72=7000*135,71% )؛

بالنسبة للهدف الثاني: يلاحظ أن الانحراف غير المرغوب فيه مساوي إلى 140 ون بنسبة قدرها 116,66% الحاصلة من قسمة قيمة الانحراف 140 على القيمة المستهدفة (1,1666=140/120 ) ونقول في هذه الحالة أن الهدف المراد الوصول اليه من المفروض حسب رغبة متخذ القرار لا يتجاوز 120 ساعة ولكن ما تبينه النتائج هو الابتعاد عن القيمة المستهدفة كان بمقدار 140 ساعة أي اصبحت القيمة الفعلية للهدف الثاني مساوية إلى 260 ساعة بالتقريب.

وللتوضيح بالنسبة للهدف الثاني هو أن الانحراف غير مرغوب فيه المعبر عنه بـــ P2 بدل ما يقلل إلى أدنى حد ممكن فقد كان العكس أي زاد في حجمه أي المسافة زادت من 0 الى أن وصلت إلى 140 يعني العملية عكسية الشيئ الذي جعلنا نضيف 140 ساعة إلى 120 ساعة القيمة المستهدفة ما جعل قيمة الهدف الحقيقة والفعلية تأخذ القيمة 260 ساعة.

بالنسبة للهدف الثالث: هنا بالنسبة للمنتج الأول فيلاحظ أن الانحراف غير المرغوب فيه مساوي إلى 5 وحدة بنسبة قدرها 12,5% الحاصلة من قسمة قيمة الانحراف 5 وحدة على القيمة المستهدفة (0,125=5/40 ) ومن تم نقول أن إنجاز الهدف لم يكن بالتمام وإنما بنسبة قدرها (87,5% =12,5%- 100%) أما قيمته الفعلية فهي مساوية إلى 35 ساعة تحسب هكذا ( 35=40*87,5% )؛

أما بالنسبة للمنتج الثاني فأن الانحراف غير المرغوب فيه مساوي إلى 0 يعني أن الهدف قد تحقق بنسبة كاملة (100%).

القرار: يلاحظ من الجدول أعلاه أن تحقيق الهدف الاول كان بنسبة كاملة أي انجاز تام أما الهدف الثاني فكان إنجازه دون التمام (100%) أي بنسبة قدرها 116,66% (-) بالانخفاض والهدف الثالث من ناحية المنتج الأول فانجازه كانت نسبته في حدود 87,5 % أما من ناحية المنتج الثاني فقد تحقق بنسبة كاملة (100%).

# المحاضرة رقم 07: نظرية الالعاب

## GAME THEORY

### 1. تمهيد مختصر حول نظرية الألعاب:

- تعني كلمة مبارة المنافسة بين جهتين أو أكثر وفقا لقاعدة محددة مسبقا حيث أن كل جهة أو منافس يملك مجموعة من الاستراتيجيات التي تساعده.
- تسعى نظرية الالعاب الى تحديد الاستراتيجيات المثلى التي تحقق أعلى ربح متوقع أو أقل خسارة متوقعة مع الأخذ في الحسبان منافسة جهات أخرى.
- اللاعب يطلق على كل متنافس والذي له دور مهم في عملية اتخاذ القرار عن طريق تحديد الاستراتيجية المناسبة له.
- مصفوفة الدفع هي عبارة عن مصفوفة ذات صفوف وأعمدة عناصرها تمثل النتائج التي يحصل عليها كل لاعب نتيجة لتطبيقه لمختلف الاستراتيجيات ويمكن أن تكون النتيجة ربح أو خسارة أو تعادل.
- اللعبة غالبا ما تعبر عن حساب اللاعب A وبالتالي المصفوفة كالآتي:

B

$$A \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{2n} \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{mn} \end{bmatrix}$$

2. **معيار MinMax(MaxMin):** بالنسبة للاعب A وعند اختياره الاستراتيجية الاولى ممكن أن يربح $(a_{11}, a_{12}, \ldots, a_{1n})$ ولكن في كل الحالات يضمن Min $(a_{11}, a_{12}, \ldots, a_{1n})$ وهكذا في الاستراتيجيات الأخرى وثم نأخذ أكبر قيمة من بين القيم الدنيا التي اخترناها في كل استراتيجية أي MaxMin أما اللاعب المنافس وعند اختياره للاستراتيجية الاولى يمكن أن يخسر $\begin{bmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ a_{m1} \end{bmatrix}$ وبالتالي في أسوأ الحالات يمكن أن يخسر $\text{Max}(a_{11}, a_{21}, \ldots, a_{m1})$ ونفس الشيء بالنسبة لباقي الاستراتيجيات ثم نأخذ أقل قيمة من بين القيم التي اخترناها في كل استراتيجية أي MinMax فإذا وجدت نقطة تعادل بين MaxMin و MinMax فهي نقطة التوازن والقيمة المقابلة لها هي قيمة المباراة والاستراتيجيات التي تؤدي اليها هي التي يختارها كل لاعب.
3. **حل اللعبة بمزيج الاستراتيجيات:** اذا تعذر ايجاد نقطة توازن حسب المعيار السابق فإن اللاعبين سيختاران مزيج من الاستراتيجيات ونحسب احتمال أن يلعب اللعب كل استراتيجية بطريقتين:

- الحل البياني: يصلح فقط اذا كان عدد الأعمدة أو الأسطر يساوي اثنين ففي حالة 2xn نمثل المستقيمات ثم نختار أكبر أو أعلى تقاطع في الغلاف السفلي أما في حالة mx2 نمثل المستقيمات ونختار أقل قيمة أو التقاطع الأقرب للمحور العمودي من الغلاف الخارجي أو الأيمن بعد تحديد احداثيات الحل نعوض في احدى معادلات التقاطع الذي خلف الحل لنحسب قيمة اللعبة.
- معيار الهيمنة: في حالة عدد الاسطر وعدد الاعمدة معا أكبر من اثنين يأتي أسلوب الهيمنة لتقليص المصفوفة اما أعمدة أو عدد الأسطر حتى يتوفر لدينا العدد اثنين من الاسطر أو الاعمدة وذلك بالتخلي عن بعض الاستراتيجيات غير المربحة أو التي تؤدي الى خسارة كبيرة ويمكن أن نستخدم المتوسط المرجح للمفاضلة بين استراتيجيتين أو أكثر مقارنة باستراتيجية واحدة.
- الحل بطريقة السمبلكس: وعند تعذر الحل بالطريقة البيانية تأتي طريقة السمبلكس القوية ويمكن تلخيصها:

| B / A | $y_1$ | $y_2$ | ... | $y_n$ |
|---|---|---|---|---|
| $x_1$ | $a_{11}$ | $a_{12}$ | ... | $a_{1n}$ |
| $x_2$ | $a_{21}$ | $a_{22}$ | ... | $a_{2n}$ |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| $x_m$ | $a_{m1}$ | $a_{m2}$ | .... | $a_{mn}$ |

ويصبح البرنامج الخطي باختصار:

$$Min\ Z_0 = X_1 + X_2 + \cdots + X_m$$

$$a_{11}X_1 + a_{21}X_2 + \cdots + a_{m1}X_m \geq 1$$

$$a_{12}X_1 + a_{22}X_2 + \cdots + a_{m2}X_m \geq 1$$

... ... ... ...

$$a_{1n}X_1 + a_{2n}X_2 + \cdots + a_{mn}X_m \geq 1$$

$$X_1, X_2, \dots, X_m \geq 0$$

حيث: $V^* = \frac{1}{\blacksquare_0} - k$

ثم نقوم بحل النموذج المقابل لكونه الأسهل في الحل:

$$Max\ y_0 = Y_1 + Y_2 + \cdots + Y_n$$

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \cdots + a_{1n}X_n \leq 1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \cdots + a_{2n}X_n \leq 1$$

... ... ... ...

$$a_{n1}X_1 + a_{n2}X_2 + \cdots + a_{mn}X_n \leq 1$$

$$y_1, y_2, \ldots, y_n \geq 0$$

حيث: $V^* = \frac{1}{\blacksquare_0} - k$

K: هو ثابت نضيفه للمصفوفة في حالة وجود أرقام سالبة حتى تكون جميع الارقام موجبة أو معدومة.

# تمارين تطبيقية مع الحلول حول نظرية الالعاب

**التمرين رقم 01:** إن حصيلة المنافسة بين اثنين من المؤسسات Y,X أدت الى ظهور مصفوفة الدفع التالية:

| المؤسسة X | المؤسسة Y | | |
|---|---|---|---|
| | | $y_1$ | $y_2$ |
| | $x_1$ | -2 | 5 |
| | $x_2$ | 2 | -3 |

المطلوب:

1. أوجد قيمة اللعبة باستعمال الطريقة البيانية؟

**حل التمرين رقم 01:**

1. إيجاد الحل البياني:

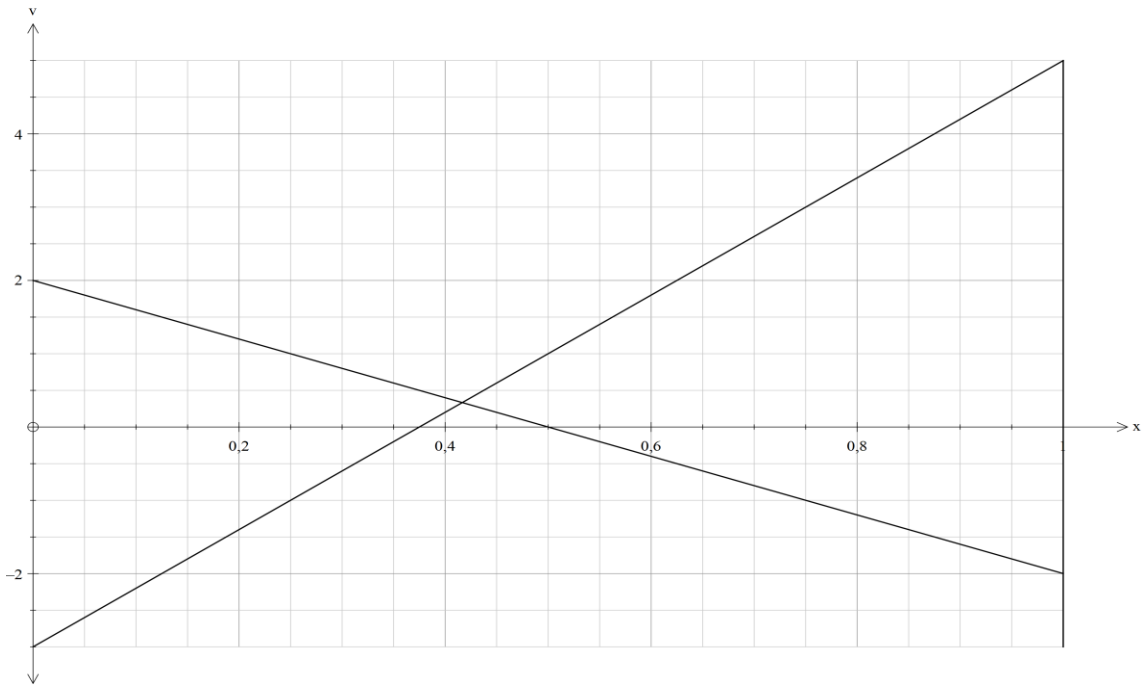
| المؤسسة X | المؤسسة Y | | |
|---|---|---|---|
| | | $y_1$ | $y_2$ |
| | $x_1$ | -2 | 5 |
| | $x_2$ | 2 | -3 |

| B strategy | A payoff |
|---|---|
| 1 | $(-2-2)x_1+2=v$ |
| 2 | $(5-(-3))x_1+(-3)=v$ |

| B strategy | A payoff |
|---|---|
| 1 | $-4x_1+2=v$ |
| 2 | $8x_1+(-3)=v$ |

| $x_1$ | 0 | 1 |
|---|---|---|
| v | 2 | -2 |

| $x_1$ | 0 | 1 |
|---|---|---|
| v | -3 | 5 |




نلاحظ وجود نقطة وحيدة للتقاطع في الغلاف السفلي نظرا لوجود مستقيمين فقط.

$$-4x_1 + 2 = 8x_1 - 3 \Rightarrow 12x_1 = 5$$

$$x_1 = \frac{5}{12}$$

$$x_1 + x_2 = 1 \Rightarrow x_2 = \frac{7}{12}$$

$$v = 8(x_1) - 3 = 8\left(\frac{5}{12}\right) - 3 = \frac{1}{3}$$

إذن حلول اللعبة هي: $x_1 = \frac{5}{12}, x_2 = \frac{7}{12}, v = \frac{1}{3}$

**التمرين رقم 02:** المصفوفة التالية تلخص نتائج الاستراتيجيات التي تنتهجها مؤسستين متنافستين في السوق:

| | | اللاعب B | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ |
| اللاعب A | $A_1$ | 1 | 8 | 3 |
| | $A_2$ | 6 | 4 | 5 |
| | $A_3$ | 0 | 1 | 2 |

المطلوب:

حل اللعبة باستعمال أسلوب الهيمنة؟

**حل التمرين رقم 02:**

1. الحل باستعمال أسلوب الهيمنة:

| | | اللاعب B | | | MaxMin |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ | |
| اللاعب A | $A_1$ | 1 | 8 | 3 | 1 |
| | $A_2$ | 6 | 4 | 5 | 4 |
| | $A_3$ | 0 | 1 | 2 | 0 |
| MinMax | | 6 | 8 | 5 | |

نلاحظ أننا عندما نستخدم أسلوب MaxMinMinMax لا نجد نقطة توازن أو تعادل بين اللاعبين كما نلاحظ بالنسبة للاعب B أن الاستراتيجية $B_2$ مهيمنة من الإستراتيجيات $B_2,B_1$ لذلك تصبح مدفوعة اللعبة كما يلي:

| | | $B_1$ | $B_3$ |
|---|---|---|---|
| اللاعب A | $A_1$ | 1 | 3 |
| | $A_2$ | 6 | 5 |
| | $A_3$ | 0 | 2 |

وبالتالي يمكن حل اللعبة بيانيا:

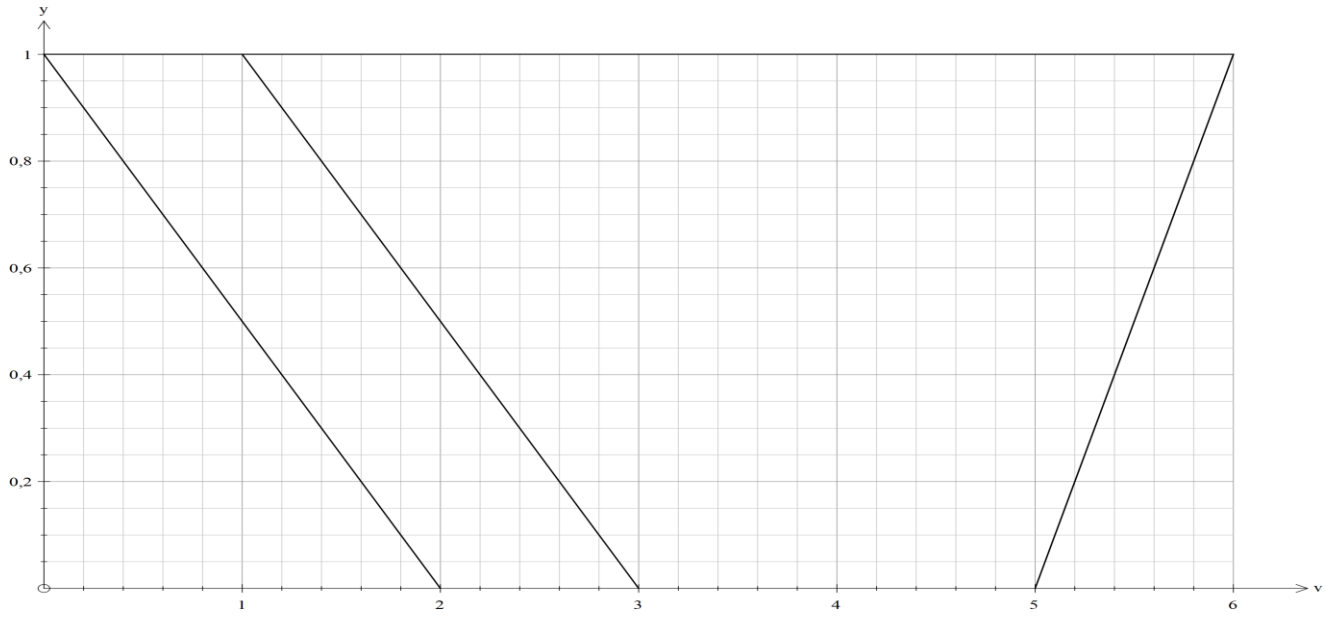
| A strategy | B payoff |
|---|---|
| 1 | $(1-3)y_1+3=v$ |
| 2 | $(6-5)y_1+5=v$ |
| 3 | $(0-2)y_1+2=v$ |

| A strategy | B payoff |
|---|---|
| 1 | $-2y_1+3=v$ |
| 2 | $y_1+5=v$ |
| 3 | $-2y_1+2=v$ |

| $y_1$ | 0 | 1 |
|---|---|---|
| v | 3 | 1 |

| $y_1$ | 0 | 1 |
|---|---|---|
| v | 5 | 6 |

| $y_1$ | 0 | 1 |
|---|---|---|
| v | 2 | 0 |




نظرا لعدم وجود نقطة تقاطع بين المستقيمات الممثلة للمعادلات فلا يوجد حل للعبة.

# المحاضرة رقم 08: نظرية صفوف الانتظار

## QUEUENING THEORY

**1- تمهيد مختصر:**

كثيرا ما نجد العديد من المشاكل اليومية سواء للمواطنين أو للمنتجات تأخذ طوابير وصفوف انتظار لقضاء مهامها، الامر الذي يجعل ذلك مؤثرا على نفسية المواطنين طالبي الخدمة من جهة ومؤدي الخدمة من جهة أخرى أو من ناحية المنتجات مثلا في تصنيعها مما قد تتأخر في إكمالها، وهذا كله قد يكون له تابعات أخرى، ولكن مع تطور نظم القرار على رأسها بحوث العمليات جاء أسلوب نظرية صفوف الانتظار للمساعدة على حل تلك المشاكل بشكل قد يخلق لي صناع القرار سهولة وارتياح في تأدية مهامهم بالشكل المطلوب، وهذا ما نتناوله في هذا الجزء من خلال استعراض جانب نظري يتضمن ملخص حول هذا الاسلوب بشكل غير ممل مختصر على أهم النقاط الرئيسية التي ينبغي على الطالب فهمها وضبطها للتمكن من حل التمارين التطبيقية، وجانب تطبيقي يستعرض فيه مجموعة من التمارين مرفقة بالحل.

2- **مفهوم شامل لنظرية صفوف الانتظار: (WAITING THEORY)** : هي مجموعة من الاساليب الرياضية جاءت نتيجة للتطور الذي عرفته بحوث العمليات عبر الزمن مع أدوات رياضية تعمل على تحليل وحل مشكلة صفوف الانتظار التي قد نجدها في مراكز تقديم الخدمات على مستوى العديد من المؤسسات سواء اقتصادية أو إدارية أو خدماتية ...الخ.

**3- مجالات استخدام نظرية صفوف الانتظار: تستخدم في العديد من المجالات والتي من بينها:**

- الانتظار أمام المتاجر؛
- الانتظار في العيادات الطبية؛
- الانتظار في محطات الوقود؛
- الانتظار في المطارات؛
- الانتظار في تصنيع المنتجات؛

4- **الحاجة إلى دراسة صفوف الانتظار:** هنالك أسباب تجعل متخذي القرارات الاستعانة بنظرية صفوف الانتظار على رأسها نجد ما يلي:

- خلق جو مناسب وملائم للعملاء؛
- احتمال فقدان عدد معين من العملاء؛
- احتمال انخفاض رضا العملاء؛
- انخفاض مستوى أداء الخدمات؛

- الاكتظاظ المتواجد في العديد من المؤسسات مثل المطارات، البنوك، مراكز البريد، الطلب على سلعة ما في المؤسسات الصناعية...الخ.

5- **تعريف شامل لصفوف الانتظار :** قد يسميها البعض بطوابير الانتظار أي الصف هو الطابور والمعنى لذلك هو الوحدات المنتظمة بشكل صف أو طابور مثل : المكالمات، السيارات، أفراد، ملفات، منتجات. تكون بصدد طلب خدمتها أو قضاء مهامها. حيث يكون ذلك في شكل نظام متكامل يشمل العناصر التالية:

- الوحدات: وهي العملاء أو المنتجات المقبلة على الخدمة؛
- المعالجة: وهي الخدمة المقدمة للوحدات (العملاء أو المنتجات)؛
- المخرج : وهي الطريقة التي تقدم بها الخدمة.

6- **المصطلحات الاساسية في نظرية صفوف الانتظار :** قد نسميها بمكونات صفوف الانتظار وهي:

- وصول العملاء: وهنا قد يكون الامر متعلق بوقت وصول العملاء أو عددهم وقد يكون محدد يعني ثابت ومنتظم أو عشوائي عموما يخظع للتوزيع الاحتمالي بواسوني؛
- أداء الخدمة: وهنا الامر متعلق بوقت تقديم الخدمة قد يكون محدد ومنتظم أو عشوائي يتبع عموما التوزيع الاحتمالي الاسي؛
- مراكز تقديم الخدمة: وهنا الأمر يتعلق بعدد مراكز تقديم وتأدية الخدمة للوحدات قد يكون مركز واحد يعني فردي (Single) أو متعدد (Multi)؛
- نظام تقديم الخدمة: هنا الأمر يتعلق بالطريقة أو النمط الذي تتبعه المؤسسة أو النظام في تقديم الخدمة وغالبا ما نجد الانماط التالية:
  - ✓ الداخل (الذي يصل ARRIVAL ) في الأول تقدم له الخدمة في الأول (FIFS)؛
  - ✓ الداخل (الذي يصل ARRIVAL) في الأخير تقدم له الخدمة في الأول (LIFS)؛
  - ✓ تقديم الخدمة عشوائيا (RS)؛
  - ✓ تقديم الخدمة بالأولوية (PS).

حيث :

FIFS : FIRST INPUT FIRST SERVED

LIFS : LAST INPUT FIRST SERVED

RS : RANDOM SERVED

PS: PRIORITY SYSTEM

والمقصود بـ INPUT في صفوف الانتظار الوصول والدخول إلى النظام.

- مصدر طلب الخدمة: هنا الامر يتعلق بالمجتمع الذي يطلب الخدمة قد يكون محدد أو غير محدد؛

- عدد الوحدات: وهنا الامر يتعلق بعدد الوحدات المسموح لهم الدخول الى النظام للانتظار فممكن أن يكون عددهم محدد أو غير محدد؛
- السلوك البشري: وهنا الامر يتعلق بالسلوك الذي يتصف بيه العميل خلال الانتظار أي دراسة نفسية العميل فممكن أن نجد الشخصيات التالية:
  - ✓ عميل صبور: هو العميل الذي لذيه قدرة على الصبر في الانتظار في النظام حتى يحصل على الخدمة؛
  - ✓ عميل ممتنع: هو العميل الذي لا يلتحق بصف الانتظار؛
  - ✓ عميل متردد: هو العميل الذي يلتحق بالنظام ولكن لا يستطيع إكمال الانتظار بسبب القلق والملل؛
  - ✓ عميل مناور: هو العميل الذي يلتحق بالنظام ويحصل على خدمته ولكن بتخطي صف الانتظار إما بالوساطة أو بالعنف.

# المحاضرة رقم 09: نظرية صفوف الانتظار (تابع)

## QUEUENING THEORY

6- **أنواع صفوف الانتظار** : قد نجد في الواقع العملي أنواع عديدة من أشكال صفوف الانتظار ويرجع ذلك على أساس معايير نختصرها على النحو التالي:

1- على أساس مراكز تقديم الخدمة : وهنا الأمر يرجع إلى عدد مراكز تقديم الخدمة ومراحلها فغالبا ما نجد ما يلي:

- صفوف انتظار تعتمد على مركز تقديم الخدمة واحد وبمرحلة واحدة؛
- صفوف انتظار تعتمد على مراكز تقديم الخدمة عديدة وبمرحلة واحدة؛
- صفوف انتظار تعتمد على مركز تقديم الخدمة واحد وبمراحل متعددة؛
- صفوف انتظار تعتمد على مراكز تقديم الخدمة متعددة وبمراحل متتالية؛
- صفوف انتظار تعتمد على مراكز الخدمة متعددة وصفوف متعددة.

2- على أساس كيفية تقديم الخدمة: وهنا الأمر يتعلق بالنمط المتبع في النظام لتقديم الخدمة حيث نجد ما يلي:

- صفوف انتظار تعتمد على الداخل (الذي يصل ARRIVAL ) في الأول تقدم له الخدمة في الأول (FIFS)؛
- صفوف انتظار تعتمد الداخل (الذي يصل ARRIVAL) في الأخير تقدم له الخدمة في الأول (LIFS)؛
- صفوف انتظار تعتمد على تقديم الخدمة عشوائيا (RS)؛
- صفوف انتظار تعتمد على تقديم الخدمة بالأولوية (PS).

3- على أساس عشوائية وتنظيم وصول الوحدات وتقديم الخدمة: وهنا يُنظر إلى صفوف الانتظار من جانب وقت الوصول ووقت أداء الخدمة فهل يكون منتظم أم غير منتظم؟ وهنا قد نجد ما يلي:

- صفوف انتظار تعتمد على وصول الوحدات منتظم وتقديم الخدمة لهم بشكل منتظم؛
- صفوف انتظار تعتمد على وصول الوحدات غير منتظم (عشوائي) وتقديم الخدمة لهم بشكل منتظم؛
- صفوف انتظار تعتمد على وصول الوحدات منتظم وتقديم الخدمة لهم بشكل غير منتظم (عشوائي) ؛
- صفوف انتظار تعتمد على وصول الوحدات غير منتظم (عشوائي) وتقديم الخدمة لهم بشكل غير منتظم (عشوائي) ؛

4- على أساس عدد الوحدات : وهنا يُنظر إلى صفوف الانتظار من حيث عدد طالبي الخدمة ونجد ما يلي:

- صفوف انتظار تعتمد على مجتمع محدود أي عدد معين من الوحدات (طالبي الخدمة)؛

- صفوف انتظار تعتمد على مجتمع غير محدود أي عدد غير معين من الوحدات (طالبي الخدمة)؛

وإضافة إلى ما سبق يمكن تبسيط ووصف أنواع صفوف الانتظار وفق تصنيف الباحث Kandall (1953) والذي جعل رموزا خاصة تعبر عن المعايير السالفة الذكر وذلك كما يلي:

الوصف العام للرموز كلها هو: (A/B/X/Y/Z) حيث لكل رمز معنى ولتوضيحها نجعل الجدول التالي:

جدول رقم 01: يوضح شرح رموز Kandall

| الرمز | المعنى (الدلالة) | النوع |
|---|---|---|
| A | وصول الوحدات إلى النظام | M : توزيع عشوائي عموما يخضع إلى التوزيع بواسني |
| | | D: غير عشوائي أي ثابت ومحدد |
| B | تقديم أو أداء الخدمة في النظام | M : توزيع عشوائي عموما يخضع إلى التوزيع الاسي |
| | | D: غير عشوائي أي ثابت ومحدد |
| X | عدد مراكز تقديم الخدمة في النظام | S: مركز واحد يعني فردي (Single) |
| | | K: متعدد المراكز(Multi) |
| Y | كيفية تقديم الخدمة (نمط العمل في النظام) | (FIFS) ، (LIFS) ، (RS) ، (PS) |
| Z | عدد الوحدات | N: محدود |
| | | ∞: غير محدود |

## 7- المؤشرات المتعلقة بصفوف الانتظار :

في غالب الحالات عند دراسة صفوف الانتظار يطلب تحديد ما يلي:

- معدل وصول الوحدات (عملاء، منتجات، سلع...) ويقاس بـ (عدد / زمن) ويرمز اليه بـ $\lambda$؛
- معدل خدمة الوحدات (عملاء، منتجات، سلع...) ويقاس بـ (عدد / زمن) ويرمز اليه بـ $\mu$؛
- نسبة معدل وصول الوحدات مقارنة مع معدل تقديم الخدمة ويقاس ذلك بـ (نسبة) ويرمز اليه بـ $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ ؛
- الوقت المتوقع لتقديم الخدمة ويقاس بـ ( زمن/ عدد) ويرمز اليه بـ WA ؛
- عدد الوحدات المتوقع في النظام (مركز الخدمة+ صف الانتظار) ويقاس بـ (عدد) ويرمز اليه بـ$L_S$ ؛
- عدد الوحدات المتوقع في صف الانتظار فقط ويقاس بـ (عدد) ويرمز اليه بـ $L_q$؛
- زمن الانتظار في النظام (مركز الخدمة+ صف الانتظار) ويقاس بـ (الزمن) ويرمز اليه بـ$W_S$ ؛
- زمن الانتظار في صف الانتظار فقط ويقاس بـ (الزمن) ويرمز اليه بـ$W_q$ ؛
- احتمال عدم وجود أي وحدة (عملاء، منتجات، سلع...) في صف الانتظار ويقاس بـ (نسبة) ويرمز اليه بـ$P_0$ ؛
- احتمال وجود عددn من الوحدات (عملاء، منتجات، سلع...) في صف الانتظار ويقاس بـ (نسبة) ويرمز اليه بـ $P_n$.

- عدد العملاء أو الوحدات الوفدين الى النظام ويرمز له بـ N
- نسبة حالات الوصول الضائعة ويرمز لها بـ $P_L$

**8- القياسات و الحسابات في كل نوع من أنواع نماذج صفوف الانتظار :**

يُلاحظ من السابق أن أنواع نماذج صفوف الانتظار تختلف باختلاف المعايير التي ينتسب إليها ولتبسيطها جاء الباحث كاندال Kandall (1953) ليعبر عنها برموز تم توضيحها في الجدول رقم 01، لكن القياسات والحسابات المتعلقة بالمؤشرات المذكورة سالفا والتي ينبغي حسابها والانتفاع منها من طرف متخذ القرار بتطبيق نظرية صفوف الانتظار قد تختلف من نموذج إلى نموذج أخر وهذا ما نوضحه من خلال هذا الجزء.

1- النموذج الأول من النوع: M/M/1/∞/FIFS :

المقصود بهذا النموذج هو أن صفوف الانتظار في هذه الحالة هي من النوع التالي:

M : توزيع عشوائي لوصول الوحدات؛

M : توزيع عشوائي لتقديم الخدمة؛

1 : مركز واحد يعني فردي (Single) ؛

∞ : عدد الوحدات غير محدود؛

FIFS: الداخل الأول هو من تقدم له الخدمة في الأول.

أما كيفية حساب المؤشرات السابقة الذكر فهي كالتالي:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

$$WA = \frac{1}{\mu}$$

$$L_S = \frac{\rho}{1-\rho} = \left(L_q + \frac{\lambda}{\mu}\right)$$

$$L_q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \left(\frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)}\right)$$

$$W_S = \frac{1}{\mu(1-\rho)}$$

$$W_q = \frac{\rho}{\mu(1-\rho)}$$

$$P_0 = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$$

$$P_n = \rho^n(1-\rho)$$

أما $\lambda$ و $\mu$ فهي تحسب أو تستخرج مباشرة من المعطيات.

2- النموذج الثاني من النوع: M/M/K/ ∞/FIFS :

المقصود بهذا النموذج هو أن صفوف الانتظار في هذه الحالة هي من النوع التالي:

M : توزيع عشوائي لوصول الوحدات؛

M : توزيع عشوائي لتقديم الخدمة؛

K : متعدد المراكز(Multi)؛

∞ : عدد الوحدات غير محدود؛

FIFS: الداخل الأول هو من تُقدم له الخدمة في الأول.

أما كيفية حساب المؤشرات السابقة الذكر فهي كالتالي:

$$\rho = \frac{\lambda}{K*\mu}$$

$$L_S = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

$$L_q = \frac{\rho*(k\rho)^k}{k!(1-\rho)^2} * P_0$$

$$W_S = \frac{L_S}{\lambda} = W_q + \frac{1}{\mu}$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = P_k * \frac{1}{k*\mu*(1-\rho)^2}$$

$$P_k = \frac{\rho}{(1-\rho)^2}$$

$$P_0 = \left[\sum_{n=0}^{k-1} \frac{(k\rho)^n}{n!} + \frac{k^k}{k!} * \left(\frac{\rho^k}{1-\rho}\right)\right]^{-1}$$

$$P_n = \begin{cases} \frac{1}{n!} * \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n * P_0 \text{ , if } n = 0,1,2, \dots \dots \dots \dots \dots k-1 \\ \frac{1}{k!} * \frac{1}{k^{n-k}} * \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n * P_0, \text{if } n = K, k+1, k+2 \dots \end{cases}$$

## تمارين تطبيقية مع الحلول:

تمرين 01: لديك نماذج صفوف الانتظار التالية:

أ- M/M/K/∞/FIFS

ب- M/D/1/∞/FIFS

ت- M/D/1/ 10/RS

ث- D/M/3/ ∞/LIFS

ج- M/D/2/ 5/LIFS

المطلوب:

1- قم بتفسير النماذج المذكورة أعلاه وفق رموز كاندال Kandall (1953) ؛
2- اقترح مثال واقعي عن كل نموذج.

تمرين 02: لدينا متجر دو مركز خدمة وحيد وكان معدل وصول العملاء اليه هو 45 عميل في الساعة ومعدل تقديم الخدمة هو 60 زبون في الساعة.

المطلوب: بعد تحديد نوع النموذج في هذه الحالة قم بحساب المؤشرات التالية:

1- عدد العملاء في صف الانتظار؛
2- احتمال عدم وجود عملاء في صف الانتظار؛
3- متوسط عدد العملاء اللذين ينتظرون في صف الانتظار؛
4- متوسط عدد العملاء في النظام؛
5- وقت الانتظار في صف الانتظار؛
6- متوسط الوقت الذي يقضيه العميل في النظام؛

تمرين رقم 03: إذا اعتبرنا نفس التمرين الثالث إلا أن صاحب المتجر يريد تحسين نظام صفوف الانتظار من خلال زيادة معدل خدمة العملاء عن طريق زيادة موظف آخر مع إبقاء الأمور الأخرى على حالها، فعند ذلك يصبح معدل تقديم الخدمة هو 80 زبون في الساعة، فالمطلوب هو إعادة حساب نفس المؤشرات السابقة.

تمرين رقم 04: إذا كان لدينا في شركة صناعية ما ثلاث مراكز للشحن، وكان أوقات وصول الشاحنات إلى الشركة موزعة حسب توزيع بواسن بمعدل خمس شاحنات في الساعة، وكان أوقات تقديم الخدمة (التفريغ والتحميل في المراكز) يتبع التوزيع الأسي بمعدل شاحنتين في الساعة، ونظام العمل هو من النوع القادم في الأول هو من يُخدم أولاً.

المطلوب هو:

1- تحديد نوع نموذج الانتظار؛

2- تحديد كل المؤشرات المتعلقة بنظام صفوف الانتظار.

الحلول:

حل التمرين رقم 01:

1- التفسير وفق رموز كاندال Kandall (1953) يكون كما يلي:

أ- M/M/K/∞/FIFS

المقصود بهذا النموذج هو أن صفوف الانتظار في هذه الحالة هي من النوع التالي:

M : توزيع عشوائي لوصول الوحدات؛

M : توزيع عشوائي لتقديم الخدمة؛

K : متعدد المراكز لتقديم الخدمة (Multi)؛

∞ : عدد الوحدات غير محدود؛

FIFS: الداخل الأول هو من تُقدم له الخدمة في الأول.

ب - M/D/1/ ∞/ FIFS

المقصود بهذا النموذج هو أن صفوف الانتظار في هذه الحالة هي من النوع التالي:

M : توزيع عشوائي لوقت وصول الوحدات؛

D : وقت تقديم غير عشوائي ثابت ومحدد؛

1 : مركز واحد لتقديم الخدمة يعني فردي (Single)

∞ : عدد الوحدات غير محدود؛

FIFS: الداخل الأول هو من تُقدم له الخدمة في الأول.

ت - M/D/1/ 200/RS

المقصود بهذا النموذج هو أن صفوف الانتظار في هذه الحالة هي من النوع التالي:

M : توزيع عشوائي لوصول الوحدات؛

D : غير عشوائي ثابت ومحدد؛

1 : مركز واحد لتقديم الخدمة يعني فردي (Single)؛

200 : عدد طالبي الخدمة محدد وهو100عملاء (سعة النظام أو قدرة النظام) ؛

RS: صفوف الانتظار تعتمد على تقديم الخدمة عشوائيا.

ث - D/M/3/ 100/ PS

المقصود بهذا النموذج هو أن صفوف الانتظار في هذه الحالة هي من النوع التالي:
D : وقت وصول الوحدات غير عشوائي ثابت ومحدد؛
M : توزيع عشوائي لتقديم الخدمة؛
3 : عدد مركز تقديم الخدمة ثلاثة (3)؛

100 : عدد الوحدات محدود؛
PS: تقدم الخدمة بنظام الاولوية.

ج - M/D/2/ 5000/LIFS
المقصود بهذا النموذج هو أن صفوف الانتظار في هذه الحالة هي من النوع التالي:
M : توزيع عشوائي لوقت وصول الوحدات؛
D : تقديم الخدمة غير عشوائي ثابت ومحدد؛
2 : عدد مركز تقديم الخدمة إثنان (2)؛

5000 : عدد الوحدات محدود؛
LIFS: الأخير هو من تُقدم له الخدمة في الأول.

2- ضرب أمثلة عن كل نموذج:
بالنسبة للنموذج - أ- بإمكان أن نقترح مثال عن مراكز البريد فقد يكون فيها وصول العملاء عشوائي وتقديم الخدمة عشوائي وعدد الشبابيك(مراكز تقديم الخدمة) متعدد وعدد العملاء (الوحدات) غير محدود طوال اليوم من الثامنة صباحا إلى الخامسة مساءا مثلا، وتقديم الخدمة يكون من النوع FIFS (الداخل الأول هو من تُقدم له الخدمة في الأول).

بالنسبة للنموذج - ب - بإمكان اقتراح مثال عن الصراف الآلي كذلك فيكون عند وصول العملاء عشوائي وتقديم الخدمة ثابت مع مركز تقديم الخدمة فردي واحد وعدد طالبي الخدمة غير محدود، أما فيما يخص تقديم الخدمة يكون من النوع FIFS (الداخل الأول هو من تُقدم له الخدمة في الأول).

بالنسبة للنموذج – ت - بإمكان اقتراح مثال عن الصراف الالي كذلك فيكون عند وصول العملاء عشوائي وتقديم الخدمة ثابت مع مركز تقديم الخدمة فردي واحد وعدد طالبي الخدمة هو 200 شخص، أما فيما يخص تقديم الخدمة يكون من النوع RS (تقديم الخدمة عشوائي).

بالنسبة للنموذج - ث - بإمكان اقتراح مثال عن إحدى السفارات مثل سفارة فرنسا فنجد فيها مصلحة مخصصة للتقديم التأشيرة لأصحاب الأولوية، فوقت وصول الوحدات إليها يكون عموما غير عشوائي ثابت وذلك حسب التوقيت المعطى عند التسجيل في الموقع، ونجد وقت تقديم الخدمة عشوائي قد يختلف من شخص إلى شخص آخر ، ونجد عدد الشبابيك التي تقدم الخدمة مثلا 3 مراكز تستقبل في اليوم الواحد من الثامنة صباحا إلى الرابعة أو الخامسة مساءا 100 شخص فقط يعني العدد محدود، وأما فيما يخص نظام تقديم الخدمة في هذه الحالة يكون من النوع PS (تقديم الخدمة بالأولوية).

بالنسبة للنموذج - ج - بإمكان اقتراح مثال عن إحدى المؤسسات الصناعية مختصة في مجال تصنيع منتج ما فتكون المادة الأولية في شكلها الخام أين تذهب بشكل عشوائي إلى الالة التي تقوم بتحويلها وجعلها في الشكل النهائي وهنا الأمر متعلق بوقت وصول المادة إلى الآلة الذي يكون عشوائي، وأما المدة التي تستغرقها في انتاج وحدة واحدة فقد تكون ثابتة وهنا الأمر متعلق بوقت تقديم الخدمة، ويلاحظ كذلك أن النموذج يحتوي على مركزين لتقديم الخدمة وهنا قد يكون لدى الشركة آلتين مثلا للتحويل، وقد يكون عدد الوحدات من المنتج الممكن تصنيعه من الشركة محدود بحوالي 5000 وحدة، أما نوع النظام المعتمد عليه في تقديم الخدمة هو من النوع LIFS (الأخير هو من تُقدم له الخدمة في الأول).

ملاحظة: كل الرموز هي موضحة ومشروحة في الجانب النظري.

حل التمرين رقم 02:

النموذج المصادف في هذه الحالة هو من النوع: M/M/1/∞/FIFS

يعني أن هذا المتجر يتبع نموذج صفوف الانتظار من النوع الدي نجد فيه عشوائية في وقت وصول العملاء، وعشوائية في وقت أداء الخدمة، وشباك وحيد لتقديم الخدمة، وعدد لانهائي من الزبائن، وذو نظام معتمد على الداخل في الأول هو من تُقدم له الخدمة في الأول (FIFS).

ولإجابة على الأسئلة المطلوبة في هذا التمرين ينبغي حساب معدل وصول العملاء إلى المتجر ومعدل تقديم الخدمة ولكن في الدقيقة الواحدة، ويتم حساب ذلك كما يلي:

معدل الوصول العملاء في الدقيقة $\lambda = \frac{45}{60} = 0.75$ عميل/ دقيقة

معدل تقديم الخدمة في الدقيقة $\mu = \frac{60}{60} = 1$ عميل/ دقيقة

وبالتالي يمكن حساب ما هو مطلوب كالآتي:

1- وقت تقديم الخدمة:

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{1} = 1 \text{ دقيقة للعميل}$$

ملاحظه: هناك فرق بين معدل وقت تقديم الخدمة ووقت تقديم الخدمة، حيث الأول يحدد من خلاله عدد العملاء الممكن تقديم لهم الخدمة في الدقيقة الواحدة، أما الثاني فيحدد منه كم من الوقت ينبغي قضاءه لتقديم الخدمة للعميل الواحد، يعني رياضيا وقت تقديم الخدمة هو مقلوب معدل تقديم الخدمة والذي يحسب بالعلاقة.

2- حساب عدد العملاء في صف الانتظار:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{0.75}{1} = 0.75$$

3- احتمال عدم وجود عملاء في صف الانتظار:

$$P_0 = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) = 1 - 0.75 = 0.25$$

4- متوسط عدد العملاء اللذين ينتظرون في صف الانتظار:

$$L_q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \left(\frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)}\right) = \frac{0.75^2}{1(1-0.75)} = 2.25 \text{ عميل}$$

5- متوسط عدد العملاء في النظام:

$$L_S = \frac{\rho}{1-\rho} = \left(L_q + \frac{\lambda}{\mu}\right) = 2.25 + 0.75 = 3 \text{ عميل}$$

6- وقت الانتظار في صف الانتظار:

$$W_q = \frac{\rho}{\mu(1-\rho)} = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{2.25}{0.75} = 3 \text{ دقيقة}$$

7- متوسط الوقت الذي يقضيه العميل في النظام:

$$W_S = \frac{1}{\mu(1-\rho)} = \left[W_q + \frac{1}{\mu}\right] = 3 + 1 = 4 \text{ دقيقة}$$

حل التمرين رقم 03:

حل هذا التمرين هو نفس حل التمرين الثالث فقط الاختلاف في النتائج نتيجة لتغير معدل تقديم الخدمة الذي تغير من 60 عميل إلى 80 عميل في الساعة، وعليه يكون الحل كما يلي:

النموذج المصادف في هذه الحالة هو من النوع: M/M/1/∞/FIFS

يعني أن هذا المتجر يتبع نموذج صفوف الانتظار من النوع الدي نجد فيه عشوائية في وقت وصول العملاء، وعشوائية في وقت أداء الخدمة، وشباك وحيد لتقديم الخدمة، وعدد لانهائي من الزبائن، وذو نظام معتمد على الداخل في الأول هو من تُقدم له الخدمة في الأول (FIFS).

ولإجابة على الأسئلة المطلوبة في هذا التمرين ينبغي حساب معدل وصول العملاء إلى المتجر ومعدل تقديم الخدمة ولكن في الدقيقة الواحدة، ويتم حساب ذلك كما يلي:

معدل الوصول العملاء في الدقيقة $\lambda = \frac{45}{60} = 0.75$ عميل/ دقيقة

معدل تقديم الخدمة في الدقيقة $\mu = \frac{80}{60} = 1.33$ عميل/ دقيقة

ملاحظة: يبقى معدل وصول العملاء نفسه 0.75 عميل في الدقيقة.

وبالتالي يمكن حساب ما هو مطلوب كالآتي:

1- وقت تقديم الخدمة:

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{1.33} = 0.75$$ دقيقة للعميل

2- حساب عدد العملاء في صف الانتظار:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{0.75}{1.33} = 0.56$$

3- احتمال عدم وجود عملاء في صف الانتظار:

$$P_0 = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) = \left(1 - \frac{0.75}{1.33}\right) = 0.43$$

4- متوسط عدد العملاء اللذين ينتظرون في صف الانتظار:

$$L_q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \left(\frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)}\right) = \frac{0.75^2}{1.33(1.33-0.75)} = 0.72$$ عميل

5- متوسط عدد العملاء في النظام:

$$L_S = \frac{\rho}{1-\rho} = \left(L_q + \frac{\lambda}{\mu}\right) = 0.72 + 0.56 = 1.28$$ عميل

6- وقت الانتظار في صف الانتظار:

$$W_q = \frac{\rho}{\mu(1-\rho)} = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{0.72}{0.75} = 0.96$$ دقيقة

7- متوسط الوقت الذي يقضيه العميل في النظام:

$$W_S = \frac{1}{\mu(1-\rho)} = \left[W_q + \frac{1}{\mu}\right] = 0.96 + 0.75 = 1.71$$ دقيقة

يلاحظ من خلال توظيف عامل جديد قد تحسن نظام صفوف الانتظار في المتجر.

حل التمرين رقم 05:

يلاحظ تغير عدد مراكز تقديم الخدمة من 1 إلى K مركز مقارنة بالتمارين السابقة، وعندئذ يصبح النموذج المصادف في هذه الحالة هو من النوع: M/M/K/∞/FIFS .

يعني أن نموذج صفوف الانتظار في هذه الحالة من النوع الذي نجد فيه عشوائية في وقت وصول العملاء، وعشوائية في وقت أداء الخدمة، وK مركز لتقديم الخدمة، وعدد لانهائي من الزبائن، وذو نظام معتمد على الداخل في الأول هو من تُقدم له الخدمة في الأول (FIFS).

ولإجابة على الأسئلة المطلوبة في هذا التمرين ينبغي حساب معدل وصول العملاء إلى الشركة ومعدل تقديم الخدمة في الساعة الواحدة، ويتم ذلك كما يلي:

معدل الوصول العملاء في الساعة $\lambda = 5$ شاحنة/ الساعة

معدل تقديم الخدمة في الساعة $\mu = 2$ شاحنة/ الساعة

عدد مراكز تقديم الخدمة هو k=3

وبالتالي يمكن حساب مؤشرات نظام صفوف الانتظار كالآتي:

1- وقت تقديم الخدمة:

$$WA = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{2} = 0.5$$

يعني نصف ساعة لخدمة شاحنة واحدة

2- حساب عدد العملاء في صف الانتظار:

$$\rho = \frac{\lambda}{k*\mu} = \frac{5}{3*2} = \frac{5}{6} = 0.833$$

يعني نسبة وصول العملاء أي الشاحنات مقارنة بتقديم الخدمة هي في حدود 83.33% .

3- احتمال عدم وجود عملاء في صف الانتظار:

$$P_0 = \left[\sum_{n=0}^{k-1} \frac{(k\rho)^n}{n!} + \frac{k^k}{k!} * \left(\frac{\rho^k}{1-\rho}\right)\right]^{-1} = \left[\sum_{n=0}^{3-1} \frac{\left(3 * \frac{5}{6}\right)^n}{n!} + \frac{3^3}{3!} * \left(\frac{\left(\frac{5}{6}\right)^3}{1-\left(\frac{5}{6}\right)}\right)\right]^{-1} =$$

$$= \left[\left[\frac{\left(3*\frac{5}{6}\right)^0}{0!} + \frac{\left(3*\frac{5}{6}\right)^1}{1!} + \frac{\left(3*\frac{5}{6}\right)^2}{2!}\right] + \frac{3^3}{3!} * \left(\frac{\left(\frac{5}{6}\right)^3}{1-\left(\frac{5}{6}\right)}\right)\right]^{-1} \simeq 0.044$$

يعني احتمال أن يكون صف الانتظار فارغ لا يوجد فيه أي شاحنة هو 4.40%.

4- متوسط عدد العملاء اللذين ينتظرون في صف الانتظار:

$$L_{\mathrm{q}} = \frac{\rho * (k\rho)^k}{k!\,(1-\rho)^2} * P_0 = \frac{\left(\frac{5}{6}\right) * \left(3 * \left(\frac{5}{6}\right)\right)^3}{3!\left(1-\left(\frac{5}{6}\right)^2\right)} * 0.044 \simeq 3.72$$

يعني عدد الشاحنات المتواجدة في صفوف الانتظار هو 3 بالتقريب 4.

5- متوسط عدد العملاء في النظام:

$$L_{\mathrm{S}} = L_q + \frac{\lambda}{\mu} = 3.72 + (\frac{5}{2}) = 6.22$$

يعني عدد الشاحنات المتواجدة في الانتظار في النظام كله (صف الانتظار + مراكز تقديم الخدمة) هو بالتقريب 6.

6- وقت الانتظار في صف الانتظار:

$$W_{\mathrm{q}} = \frac{L_{\mathrm{q}}}{\lambda} = P_k * \frac{1}{k*\mu*(1-\rho)^2} = \frac{3.72}{5} = 0.744$$

يعني وقت الانتظار في الصف هو في حدود 44 دقيقة و 38 ثانية بالتقريب.

7- متوسط الوقت الذي يقضيه العميل في النظام:

$$W_{\mathrm{S}} = \frac{L_{\mathrm{S}}}{\lambda} = W_{\mathrm{q}} + \frac{1}{\mu} = \frac{6.22}{5} = 1.244$$

يعني وقت الانتظار في نظام كله هو ساعة و14 دقيقة و 38 ثانية بالتقريب أي ما يعادل 75 دقيقة بالتقريب.

8- احتمال وجود شاحنات في صف الانتظار حسب تغير عدد مراكز تقديم الخدمة:

$$P_{\mathrm{n}} = \begin{cases} \frac{1}{n!} * \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n * P_0 \text{ , if n} = 0,1,2, \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \mathrm{k}-1 \ldots\ldots 1 \\ \frac{1}{k!} * \frac{1}{k^{n-k}} * \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n * P_0, \text{if n} = \mathrm{K}, \mathrm{k}+1, \mathrm{k}+2 \ldots\ldots\ldots 2 \end{cases}$$

الحالة الأولى: n<k يتم الحساب بالعلاقة رقم 1 كما يلي:

$$P_{\mathrm{n}} = \frac{1}{n!} * \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n * P_0 \text{ , if n= 0,1,2}$$

$$P_0 = \frac{1}{0!} * \left(\frac{5}{2}\right)^0 * 0.044 = 0.044$$

$$P_1 = \frac{1}{1!} * \left(\frac{5}{2}\right)^1 * 0.044 = 0.110$$

$$P_2 = \frac{1}{2!} * \left(\frac{5}{2}\right)^2 * 0.044 = 0.1375$$

الحالة الثانية: n>=k يتم الحساب بالعلاقة رقم 2 كما يلي:

$$P_{\mathrm{n}} = \frac{1}{k!} * \frac{1}{k^{n-k}} * \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{n} * P_0, \text{if } \mathrm{n} = 3{,}3 + 1{,}3 + 2$$

$$P_3 = \frac{1}{3!} * \frac{1}{3^{3-3}} * \left(\frac{5}{2}\right)^{3} * .044 = 0.110$$

$$P_4 = \frac{1}{3!} * \frac{1}{3^{4-3}} * \left(\frac{5}{2}\right)^{4} * .044 = 0.0.0908$$

$$P_5 = \frac{1}{3!} * \frac{1}{3^{5-3}} * \left(\frac{5}{2}\right)^{5} * .044 = 0.0763$$

# المحاضرة رقم 10: المحاكاة

# simulation

1- **تمهيد مختصر:** المحاكاة هي أسلوب كذلك من الأساليب التي افرزتها تطورات بحوث العمليات عبر مرور الزمن والتي عرفت تطبيقات واسعة خصوصا في المجال التكنلوجي، وما يعرف على المحاكاة هو أنها من النماذج التي لا تعتمد على العلاقات الرياضية أو القوانين الرياضية، وإنما هي تكرار لتجربة ما لعدة مرات في شكل سيناريوهات تخضع للتحليل الاحصائي والغرض منها معرفة الخلل والخطر الممكن تلقيه عند تطبيق نظام ما، وللتوضيح أكثر **نضرب مثال** عن أنظمة الطيران حيث يتدربون الطيارون الجدد على أجهزة الطائرة تكون صورة طبق الأصل مما قد يجري على الطبيعة مما يمكن الطيارين من التحكم في الأحوال الحرجة مثل العواصف أو عطل في المحركات حيث كأنهم يقودون الطائرة حقيقة، وبمعنى أخر المحاكاة هي بمثابة تمثيل عن شيء ما قد وقع في الماضي مثل سقوط طائرة ما قد يقوم المكلفون بالبحث عن سبب السقوط من خلال محاكاة عدة سيناريوهات في شكل توقعات مبنية على الاحتمالات لمعرفة كيف سقطت الطائرة، أو مثال آخر عن تجريب محرك ما لسيارة مثلا من أجل معرفة العطب الدي يقع على المحرك...الخ.

ومن خلال ما سبق توسعت فكرة استخدام المحاكاة في العديد من المجلات خصوصا في المجال الاقتصادي وهذا ما سنراه في هذه المحاضرة وهو: **كيف يتم تطبيق أسلوب المحاكاة في التسيير للمساعدة على اتخاذ القرار بشكل مثولي؟**

## 2- مفهوم المحاكاة:

المحاكاة في اللغة العربية هي مصدر وفعله حكي، ويقال حكيت فلانا أو حاكيته أي فعلت نفس فعله أو قلت مثل قوله، فالمحاكاة هي تعني المماثلة والمشابهة في الفعل والقول، وكان المصطلح يستخدم سابقا باسم الحكاية وبعدها سميت بالمحاكاة. والبعض يعرف المحاكاة بالتقليد أو النسخ.

المحاكاة هي محاولة كشف الملامح والمظاهر والفات لنظام حقيقي واقعي.[1]

## 3- المجلات التي تطبق فيها المحاكاة:[2]

من المجالات التي عرفت تطبيق للمحاكاة نجد ما يلي:

- محاكاة المشاكل الصناعية (تسيير المخزون، الصيانة، صفوف الانتظار، جدولة الإنتاج، ...)؛
- محاكاة مشاكل الاعمال والاقتصاد (سلوك المستهلك، تخطيط المشاريع الاستثمارية، تحديد الأسعار، دراسة الاقتصاد الوطني، التضخم، التنبؤ...)؛

[1] إبراهيم محمد المهدي، مقدمة في بحوث العمليات (الطرق الكمية في الإدارة)، دار النشر مكتبة الجلاء الجديدة بالمنصورة، 2006-2007، ص5.

[2] إبراهيم محمد المهدي، نفس المرجع السابق الذكر، ص05.

- محاكاة المشاكل الاجتماعية ( النمو الديمغرافي، الفقر، البطالة،
- محاكاة الخطط الحربية.

**4- خطوات تطبيق المحاكاة:**

تتمثل خطوات إجراء المحاكاة فيما يلي:[1]

- تحديد وتعريف المشكلة (تشخيص المشكلة)؛
- تحديد المتغيرات والعوامل الهامة؛
- عمل نموذج المحاكاة ؛
- تحديد قيم المتغيرات التي تم اختيارها؛
- القيم بإجراء المحاكاة؛
- اختبار النتائج؛
- اختيار أحسن طريقة للعمل (اختيار التصرف أو الاجراء الأمثل).

**5- مزايا وعيوب أسلوب المحاكاة:[2]**

❖ **المزايا:**

- أسلوب يتصف بالمرونة ومباشر؛
- تستخدم المحاكاة لتحليل الحلات المعقدة والتي يصعب حلها باستخدام النماذج الرياضية؛
- يمكن من خلال المحاكاة استخدام أي توزيعات احتمالية وليس من الضروري الاقتصار على توزيعات محددة؛
- اختصار الوقت وخاصة عند استخدام البرامج الإلكترونية.

❖ **العيوب:**

- تتطلب المحاكاة الجيدة تكاليف مرتفعة، وقد تستغرق لسنوات لتصميمها؛
- لا تقدم المحاكاة حلولا مثلى للمشاكل إذ أنها أسلوب يقوم بالتجربة والخطأ ومن ثم يتولد عن المحاكاة حلولا عديدة من كل محاولة؛
- يمثل كل نموذج للمحاكاة ألوبا منفردا، ومن ثم لا يمكن تحويل الحلول والاستنتاجات من نموذج يصمم لمشكلة معينة إلى مشكلة أخرى.

[1] إبراهيم محمد المهدي، نفس المرجع السابق الذكر، ص 05،06.

[2] إبراهيم محمد المهدي، نفس المرجع السابق الذكر، ص 06.

## 6- أنواع أساليب المحاكاة:

بتتبع بعض المراجع قد يوجد عدة أشكال للمحاكاة ومن بينها هناك:[1]

**النموذج المماثل:** ويعتبر هذا النموذج من المحولات الأولى في استخدام علم المحاكاة، فعلى سبيل المثال نموذج القياس الفيزيائي باستخدام نماذج ميكانيكية، كهربائية، أو هيدروليكية ولحد الان مازالت هذه الأنواع من النماذج المستخدمة في حالات خاصة وفي السنوات الأخيرة تم استبدالها بنماذج المحاكاة بواسطة لغة الحاسوب.

**نموذج منتي كارلو:** وهو أحد اشكال تحليل المحاكاة والذي يستخدم الأرقام العشوائية لتحقيق قيم إحصائية لتغيرات النظام وهذا ما سنركز عليه في هذه المحاضرة نظرا لسهولة وشهرة استخدامه سيتم التفصيل فيه مع ضرب أمثلة في شكل تمارين تطبيقية مرفقة مع الحلول فيما سياتي.

**المحاكاة بالحاسوب:** وهي كذلك شكل من أشكال المحاكاة يعتمد على الأرقام العشوائية ولكن بعدد كبير مما يتطلب الاستعانة بالبرامج الالكترونية.

## 8- المحاكاة باستخدام أسلوب مونتي كارلو (Mote Carlo Simulation)

يعتبر هذا الأسلوب من الأساليب الاحتمالية يقوم على تجربة الفرص المحتملة من خلال عينات عشوائية، ولتشغيله ينبغي اتباع الخطوات التالية:[2]

- جعل توزيع احتمالي للمتغيرات الهامية في النظام؛
- إعداد توزيع احتمالي متجمع؛
- تحديد مدى من الأرقام العشوائية لكل متغير؛
- توليد الأرقام العشوائية؛
- القيام بالمحاكاة لسلسلة من المحاولات. (عدة مرات).

[1] أبو القاسم مسعود الشيخ، دار النشر المجموعة العربية للتدريب والنشر، 2009، ص 369-370.

[2] إبراهيم محمد المهدي، نفس المرجع السابق الذكر، ص 07.

# تمارين مع الحلول حول أسلوب المحاكاة

**التمرين رقم 01:** ليكن أحد وكلاء السيارات يريد أن يقدر حجم المبيعات خلال فترة زمنية قادمة، ولتكن سنة قادمة باستخدام المحاكاة ولتحقيق هذا الغرض، تمكن الحصول على ارقام المبيعات خلال السنة الماضية (300يوم عمل) وهي موضحة في الجدول التالي:

| عدد السيارات المباعة | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | المجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| التكرار (عدد الأيام) | 15 | 75 | 90 | 60 | 45 | 15 | 300 |

**المطلوب:** هو تقدير حجم المبيعات لعشرة أيام قادمة.

يمكن استخدام الأرقام العشوائية الآتية والمستخرجة من جدول الأرقام العشوائية:

78 ، 28 ، 08، 02 ، 23 ، 54 ، 57 ، 00 ، 84 ، 95

**حل التمرين رقم 01:**

للإجابة عن ذلك نتبع الإجراءات التالية:

- **أولا:** تحويل جدول التوزيع التكراري إلى جدول توزيع احتمالي وذلك بقسمة كل تكرار على القيمة 300 (مجموع التكرارات) وذلك كم يلي:

0.05 =300/15  0.25 =300/75  0.30=300/90  0.20 =300/60  0.15=300/45  0.25=300/15

-**ثانيا:** إيجاد الاحتمال المتجمع الصاعد بتجميع الاحتمالات السابقة؛

-**ثالثا:** تخصيص الأرقام العشوائية حسب قيم الاحتمال المتجمع.

ولنجعل جميع الخطوات السابقة في الجدول التالي:

| عدد السيارات المباعة | التكرار (عدد الأيام) | الاحتمال | الاحتمال المتجمع | الأرقام العشوائية المخصصة |
|---|---|---|---|---|
| 00 | 15 | 0.05 | 0.05 | من 00 إلى 4 |
| 1 | 75 | 0.25 | 0.30 | من 05 إلى 29 |
| 2 | 90 | 0.30 | 0.60 | من 30 إلى 59 |
| 3 | 60 | 0.20 | 0.80 | من 60 إلى 79 |
| 4 | 45 | 0.15 | 0.95 | من 80 إلى 94 |
| 5 | 15 | 0.05 | 1 | من 95 إلى 99 |
| | المجموع 300 | المجموع 1 | | |

ثم بعد نستخرج الجدول التالي:

| الأرقام العشوائية المستخرجة او المنتجة | 78 | 28 | 08 | 02 | 23 | 54 | 57 | 00 | 84 | 95 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عدد السيارات المباعة | 3 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 | 4 | 5 |

وللإشارة تمت ترجمة الأرقام العشوائية المستخرجة حسب كل رقم يقع في أي فئة في عمود الأرقام العشوائية المخصصة.

فمثلا: الرقم 78 يقع في الفئة ( 60 الى 79) والتي يقابلها 3 سيارات مباعة.

والرقم 28 يقع في الفئة ( 60 الى 79) والتي يقابلها سيارة واحدة مباعة.

والرقم 08 يقع في الفئة ( 05 الى 29) والتي يقابلها سيارة واحدة مباعة.

وأيضا الرقم 02 يقع في الفئة (00 الى 04) والتي يقابلها صفر سيارة مباعة.

وبالتالي يكون المتوسط عن العشرة أيام القادمة من واقع نظام المحاكاة = (مجموع عدد السيارات المباعة)/ 10

= (3+1+1+0+1+2+2+0+4+5)/10

=10/19= 1.9 سيارة بالتقريب 2.

ونلاحظ أنه كلما زاد عدد أيام المحاكاة، كلما قربت النتائج من القيمة المتوقعة، والقيمة المتوقعة هي عبارة عن مجموع حاصل ضرب كل رقم (عدد من السيارات) X احتماله.

فالقيمة المتوقعة في هذا المثالي:

= 0.05*0 +0.25*1 +0.3*2 +0.2*3+0.15*4+0.05*5 =0+0.25+0.6+0.6+0.6+0.25 2.3 سيارة.

**التمرين رقم 02:** يرغب أحد الأفراد في شراء منشأة، ويريد أن يقدر الأرباح المتوقعة خلال العشرين شهرا القادمة باستخدام نظام المحاكاة اعتمادا على خبرة السنوات السابقة، وقد أمكن الحصول على البيانات التالية عن 100 شهر السابقة.

| التكاليف الشهرية (بالألف) | عدد الشهور | الإيرادات الشهرية (بآلاف) | عدد الشهور |
|---|---|---|---|
| 31 | 15 | 34 | 10 |
| 32 | 20 | 35 | 20 |
| 33 | 35 | 36 | 40 |
| 34 | 20 | 37 | 20 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 35 | 10 | 38 | 10 |
| | المجموع 100 | | المجموع 100 |

يمكنك استخدام الأرقام العشوائية التالية:

بالنسبة للإيرادات:

57 92 08 46 75 23 88 66 99 07 08 22 45 12 05 02 06 65 95 78

بالنسبة للتكاليف:

68 76 31 42 83 12 92 05 37 94 82 61 98 41 88 38 90 29 56 75

**حل التمرين رقم 02:**

بنفس طريقة المثال السابق يتم إيجاد الاحتمال وكذلك الاحتمال المتجمع وتخصيص الأرقام العشوائية لكل من التكاليف والإيرادات ويظهر ذلك في الجدول الاتي:

| التكاليف بألاف | الاحتمال | الاحتمال المتجمع | الأرقام العشوائية المخصصة |
|---|---|---|---|
| 31 | 0.15 | 0.15 | من 00 إلى 14 |
| 32 | 0.20 | 0.35 | من 15 إلى 34 |
| 33 | 0.35 | 0.70 | من 35 إلى 69 |
| 34 | 0.20 | 0.90 | من 70 إلى 89 |
| 35 | 0.10 | 1 | من 90 إلى 99 |

| الإيرادات بألاف | الاحتمال | الاحتمال المتجمع | الأرقام العشوائية المخصصة |
|---|---|---|---|
| 34 | 0.10 | 0.10 | من 00 إلى 09 |
| 35 | 0.20 | 0.30 | من 10 إلى 29 |
| 36 | 0.40 | 0.70 | من 30 إلى 69 |
| 37 | 0.20 | 0.90 | من 70 إلى 89 |
| 38 | 0.1 | 1 | من 90 إلى 99 |

بعد ذلك يتم ترجمة الأرقام العشوائية إلى قيم التكاليف والايرادات، فعلى سبيل المثال أول رقم عشوائي للإيراد 57 وهو يعادل الإيراد 36 ألف، وأول رقم عشوائي للتكاليف هو 68 ويعادل التكلفة 33 الف، والفرق بينهما هو 36-33=3 ألف يمثل الربح الصافي ويمكن توضيح ذلك في الجدول التالي:

| الشهور | الأرقام العشوائية للإيرادات | الأرقام العشوائية للتكاليف | الإيرادات | التكاليف | الربح الشهري |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 57 | 68 | 36 | 33 | 3 |
| 2 | 92 | 86 | 28 | 34 | 4 |
| 3 | 08 | 31 | 34 | 32 | 2 |
| 4 | 46 | 42 | 36 | 33 | 3 |
| 5 | 75 | 83 | 37 | 34 | 3 |
| 6 | 23 | 12 | 35 | 31 | 4 |
| 7 | 88 | 92 | 37 | 35 | 2 |
| 8 | 66 | 5 | 36 | 31 | 5 |
| 9 | 99 | 37 | 38 | 33 | 5 |
| 10 | 07 | 94 | 34 | 35 | 1- |
| 11 | 08 | 82 | 34 | 34 | 0 |
| 12 | 22 | 61 | 35 | 33 | 2 |
| 13 | 45 | 98 | 36 | 35 | 1 |
| 14 | 12 | 41 | 35 | 33 | 2 |
| 15 | 05 | 88 | 34 | 34 | 0 |
| 16 | 02 | 38 | 34 | 33 | 1 |
| 17 | 06 | 90 | 34 | 35 | 1- |
| 18 | 65 | 29 | 36 | 32 | 4 |
| 19 | 95 | 56 | 38 | 33 | 5 |
| 20 | 78 | 75 | 37 | 34 | 3 |

وإذا اعتبرنا النموذج الرياضي:

**الإيراد الشهري – التكاليف الشهرية= الربح الشهري**

فإن التوزيع الاحتمالي للربح الشهري من واقع المحاكاة يصبح كما يلي:

| الربح | 1- | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | المجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| التكرار | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 3 | 3 | 20 |
| الاحتمال | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.15 | 0.15 | 1 |

**التمرين رقم 03: (مقترح)**

فيما يلي متوسط وقت أداء الخدمة بورشة اصلاح السيارات والاحتمالات الخاصة بها موضحة في الجدول التالي:

| متوسط الزن بالدقائق | 15 | 30 | 60 | 120 |
|---|---|---|---|---|
| الاحتمال | 0.20 | 0.40 | 0.30 | 0.10 |

المطلوب: إجراء المحاكاة بالنسبة لعشر حلات إصلاح بفرض أن الأرقام العشوائية المستخرجة:

78 28 08 02 23 54 57 00 84 95

# المحاضرة رقم 11: تسيير المخزون

## Inventory Management

### 1- تمهيد مختصر:

من الأمور المهمة التي ينبغي على أي مؤسسة خاصة الإنتاجية هو التحكم في مسألة التخزين، وذلك من خلال خلق خطط استراتيجية تساعده في التسيير الأمثل للمخزون، وفقا للمواصفات المطلوبة وفي الوقت المناسب وفي المكان الملائم وبأقل التكاليف، ناهيك على تجنب الفساد والتلف الذي قد يلحق بالسلع خاصة ذات الاستهلاك الواسع كالمواد الغذائية، وعلى أساس تلك الأهمية المعطاة لتسيير المخزون اصبح نظام التحكم في التخزين ليس مجرد إعداد وجرد ومراقبة، وإنما أصبح نظام متقدم يستخدم فيه نماذج رياضية وعلاقات احصائية متعددة على إسها بحوث العمليات واساليبها المختلفة كالمحاكاة والبرمجة الخطية والبرمجة بالأهداف ...الخ.

### 2- مصطلحات ومفاهيم حول تسيير المخزون:

- **المخزون بصفة عامة :** هو مجموعة من السلع والبضائع والمنتجات الوسيطة والمنتجات قيد الإنجاز والاغلفة والمهملات والمواد الأولية واللوازم وقطع الغيار التي يمكن أن تتوفر في المخازن والأسواق وساحات العمل.
- **المخزون العادي: يمثل** تلك السلع والبضائع وعلى نحو ذلك المتواجدة في المخزن من أجل تلبية الطلب اليومي او الشهري او السنوي ويتناقص بمرور الزمن الى تاريخ إعادة التموين والتخزين من جديد.
- **مخزون الأمان:** هو المخزون الذي يحفظ به لمواجهة التقلبات العشوائية والمفاجئة في الطلب.
- **المخزون الاستراتيجي:** وهو المخزون المحتفظ به للمدى الطويل لغرض الاستمرار في نشاط المؤسسة وعدم توقفها مما قد ينجم عنها خسائر مالية.
- ومن المصطلحات والمفاهيم الأخرى نجد ما يلي:[1]
- **المخزون الانتقالي:** وهو المخزون المتكون والناتج من الاستمرار في عملية الإنتاج ويكون في حالة انتقال بين مراكز التوزيع؛
- **مخزون الدورة** وهو الذي يتكون بفعل الطلبية فقد يكون مخزون في حده الأعلى وقد يكون مخزون في حده الأدنى؛
- **مخزون في حده الأعلى:** وهو المخزون الذي يكون عند استلام الطلبية؛
- **مخزون في حده الأدنى:** وهو المخزون الذي يكون قبل استلام الطلبية وهو يكون مساوي للصفر عند عدم وجود مخزون الأمان؛

[1] نجم عبود نجم، مدخل الى الأساليب الكمية، دار النشر والتوزيع الوراق، الطبعة الأولى، 2013، ص 191-192.

**المخزون الموسمي:** وهو المخزون الدي يتكون حسب اختلاف الطلب من وقت لآخر، فيكون الطلب ممكن مرتفعا عند الرواج ومنخفض عند فترة الركود؛

**المخزون لأسباب أخرى:** وهو المخزون الذي يحتفظ به للمستقبل.

### 3- المجلات التي يستخدم فيها نظام تسيير المخزون:

يستخدم نظام تسيير المخزن في مجالات عدة يمكن دكرها فيما يلي:[1]

- المواد التي تتم التعاقد على شرائها من المؤسسات الداخلية أو الخارجية؛
- المواد التي تسلم إلى المخازن فعلا والتي دخلت في قوائم المخازن؛
- المواد التي تم صرفها من المخازن الى طالبيها بناء على أوامر صرف معتمدة ولا يشترط بهذه المواد أن يكون ثمنها مدفوعا مقدما.
- المواد الموجودة فعلا في المخازن.
- المواد المحتجزة لعمليات معينة والمواد التي تم التعاقد على صرفها من المخازن ولم تصرف بعد، ولكنها تنتظر أوامر من المشتري لنقلها من المخازن إلى المكان الذي يرغب المشتري.
- المواد التي سهل الدخول عليها بسهولة ويسر من الموردين عند الحاجة اليها والتي يعتبرها مسؤول المخزن موجودة فعلا في المخازن.
- كافة المواد التي تم استخراجها إلى المخازن أو المواد التي تنتظر دورها لدخول المخازن وتشمل هذه المواد كل ما موجود بالجمارك ومراكز الفحص والاستلام.

### 4- الأهداف المرجوة من التحكم في تسيير المخزون:

يمكن تلخيص الأهداف فيما يلي:[2]

- حساب الحجم الأمثل لكمية المخزون، وعدد دفعات الشراء وفترات التوريد، وشراء الاحتياجات ذات الاستهلاك المتغير ومعدل التخزين ومتوسط التخزين واحتياطي الطوارئ ورصيد الأمان...الخ.
- التأكد من أن الإنتاج لا يتأثر أو يتغير أو يتوقف بسبب نقص في المواد أو الأخيرة أو قطع الغيار.
- التأكد من وجود كميات كافية من المواد المخزونة لمواجهة الطلب غير الطبيعي عليها، مثل ازدياد الطلب على مادة ما فجأة، أو حدوث حلات طارئة تستوجب مواد وأخيرة ومعدات فورية وبكميات كافية لسد الحاجة، لم يكن مخططا لها مسبقا.

---

[1] أبو القاسم مسعود الشيخ، مرجع سبق الدكر، ص 293.

[2] أبو القاسم مسعود الشيخ، مرجع سبق الدكر، ص . 294

- تهدئة العمليات حسب الظروف رواج او ركود ...؛
- تحديد كمية الطلبية الاقتصادية المثلى مقابل التقليل في التكاليف الاجمالية للتخزين؛
- الوقاية من نفاد المخزون نتيجة تدبدب وعدم التحكم في الطلب؛
- التحكم في نظام الرقابة على المخزون؛
- مواجهة تقلبات السوق؛

**5- نماذج تسيير المخزون:**

قد تسمى بنماذج أو أساليب أو طرق تسيير أو التحكم في المخزون

من خلال ما تطلعنا من العديد من المراجع وبعض البحوث لاحظنا هناك العديد من النماذج المتعرف عليها في تسيير المخزون ومن تم تحديد الكمية المثلى من الطلبية مقابل التقليل من التكاليف الاجمالية للتخزين، ومن التصنيفات التي خضعت اليها نماذج تسيير المخزون نجد ما يلي:[1]

- **نماذج حسب طبيعة الطلبية** فقد تكون على أساس الكمية الثابتة وقد تكون على أساس الفترة الثابتة،

على أساس ثبات الكمية فهي تعتمد على وضع الطلبيات بنفس المقدار حيث يتم السحب من المخزون إلى ان يصل مستوى معين يتم وضع طلبية جديدة بنفس الكمية؛

على أساس ثبات الفترة الزمنية فهي تعتمد على وضع الطلبية على أساس الفترة الدورية وليس على أساس الكمية

- **نماذج حســـب الظروف** وهنا قد نميز بين نوعين من الظروف وهي الظروف الاكيدة والتي يكون فيها معالم القرار واضحة وأكيدة مثل الطلب ومعدل الطلب والطلبية وفترة التوريد .... الخ، والظروف الاحتمالية أين تكون معالم القرار تلك غير مضبوطة أي عشوائية.

وحســب ما تطلعنا عليه فان أشــهر النماذج اســتعمالا في مســائل تســيير المخزون هي مصــدرها من نموذج الكمية الطلبية الاقتصادية الذي تم وضعه في وقت مبكر من القرن السابق، وعليه سيتم التركيز في هذه المطبوعة على نموذج ذلك.

**نموذج كمية الطلبية الاقتصادية Economic Order Quantity**

وهو نموذج جاء به الباحث wilson ســنة 1915 ويعتبر اول نموذج رياضي لتســيير المخزون حيث يقوم على الفرضــيات التالية:

- معدل الاستهلاك ثابت حسب دورة الطلبية كان نقول سنة مثلا؛

[1] نجم عبود نجم، مدخل الى الأساليب الكمية، دار النشر والتوزيع الوراق، الطبعة الأولى، 2013، ص 194.

- فترة التوريد أي الإنتاج وهي الفترة ما بين وقت وضع الطلبية ووقت استلامها وتكون معروفة ولا تتغير من دورة طلبية إلى أخرى؛
- كلفة الشراء ثابتة؛

ويعتمد هذا النموذج في الحساب على العلاقة الرياضية التالية:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2D(O)}{H}}$$

حيث:

$Q^*$ : تمثل كمية الطلبية الاقتصادية التي تكون عندها الكلفة الكلية للمخزون هي الكلفة الأدنى؛

$D$ : تمثل كمية الطلب حسب الفترة مثلا في السنة؛

$O$ : تمثل كلفة الطلبية وهي التكاليف المخصصة للأعداد الطلبية مثل المكالمات الهاتفية وفحص السلعة وحركة السلعة ...الخ.

$H$: تمثل كلفة الاحتفاظ وهي التكاليف المتعلقة بتخزين كل وحدة من السلعة المخزونة في الفترة المتمثلة في مصاريف التبريد والتقادم التكنلوجي ...الخ.

## تمارين محلولة حول تسيير المخزون

**التمرين رقم 1:**

لديك المعطيات التالية حول مسالة التخزين بإحدى المؤسسات الصناعية موضحة فيما يلي:

كمية الطلب السنوي: 24000 وحدة؛

كلفة الطلبية : 90 ون

كلفة الاحتفاظ 0.75 ون

المطلوب: حساب كمية الطلبية الاقتصادية $Q^*$

**حل التمرين رقم 01:**

ببساطة يتم تطبيق القاعدة مباشرة وذلك كما يلي:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2D(O)}{H}} = \sqrt{\frac{2 * 24000 * 90}{0.75}} = 2400 \text{ وحدة}$$

**التمرين رقم 02:**

لديك المعطيات التالية حول مسالة التخزين بإحدى المؤسسات الصناعية موضحة فيما يلي:

كمية الطلب السنوي: 10000 وحدة؛

كلفة الطلبية : 100 ون

كلفة الاحتفاظ0.5 ون

المطلوب: حساب كمية الطلبية الاقتصادية $Q^*$

**حل التمرين رقم 02:**

ببساطة يتم تطبيق القاعدة مباشرة وذلك كما يلي:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2D(O)}{H}} = \sqrt{\frac{2 * 10000 * 100}{0.5}} = 2000 \text{ وحدة}$$

**التمرين رقم 03:**

لديك المعطيات التالية حول مسالة التخزين بإحدى المؤسسات الصناعية موضحة فيما يلي:

كمية الطلب السنوي: 24000 وحدة؛

كلفة الطلبية : 90 ون

كلفة الاحتفاظ 0.75 ون

أيام العمل في السنة: 300 يوم

فترة التوريد : 4 يوم

المطلوب: حساب نقطة إعادة الطلب.ROP

**حل التمرين رقم 03:**

$$ROP = \frac{D*L}{300} = \frac{24000*4}{300} = 320 \text{وحدة}$$

# المحاضرة رقم 12: إدارة المشاريع

## Project Management

**نظرة موجزة حول شبكات الأعمال:**

شبكة الأعمال هي مخطط يربط بين جميع النشاطات الجزئية لمشروع ما ويبين طبيعة هذه النشاطات والعلاقة بينها والمدة اللازمة لتنفيذ كل منها ودرجة المرونة المتاحة في ذلك.

1. **مفهوم المشروع:** هو عبارة عن مجموعة من العمليات أو النشاطات تربطها علاقات محددة ومعروفة تنفذ بزمن محدد بغرض تحقيق مجموعة من الأهداف.
2. **تخطيط المشروع:** " التخطيط عملية خلق نوع من النظام من حالة واضحة من الفوضى التي خلقت تعقيدا في البيئة التي تعمل فيها بحيث تواجه تغير دائم وهي نشاط جماعي يشارك فيه الجميع من أجل تحفيز الفريق وتدعيم تماسكه وخلف فريق يبذل قصارى جهده لتنفيذ الخطط الموضوعة، مثل هذا الالتزام ضروري لنجاح المشروع أما اعدادك للخطة بنفسك ثم محاولة الحصول على موافقة الجميع عليها تكون عملية طويلة ولا تخلق إحساسا بالالتزام بين أفراد الفريق إذ أنها تصبح خطتك وليست خطتنا"( يونج 2005).
3. **الأحداث:** عبارة عن لحظة من الزمن تدل على انجاز بعض الأنشطة وبداية لأنشطة أخرى فالبداية والنهاية لكل نشاط يعبر عنها بحدثين أحدهما حدث البداية والآخر حدث النهاية وتتميز الاحداث بأنها لحظة من الزمن وليس مدة منه تمثل بدائرة أو مربع أو مثلث أو مستطيل.
4. **النشاطات:** هي احدى عناصر المشروع التي يجب انجازها وتقع بين حدثين الأول يعرف باسم الحدث السابق والثاني بالحدث اللاحق، فهـــي حصيلة مجموعة من أحداث لا يمكـن البدء بها إلا إذا انجزت النشاطات السابقة لها بالكامـل ، تحتاج الى وقت وموارد مالية تمثل في الرسم بسهم واتجاه السهم يبين تتابع حدوث الأحداث أما طول السهم فلا يمثل أي شيء، وقت الانجاز يمكن كتابته أسفل أو أعلى السهم وكل سهم يمثل نشاطا مستقلا.
5. **قواعد رسم شبكات الأعمال:**

أ. يجب أن تتوفر في المشروع:

- ✓ إمكانية تقسيم المشروع إلى وحدات وأجزاء مستقلة أو مرتبطة ؛
- ✓ لكل مشروع بداية ونهاية بينها مجموعة من الأنشطة ؛
- ✓ الجزء الأساسي للمشروع هو النشاط الذي يعبر عن الجهد المبذول.

ب. يتم التعبير عن أجزاء ووحدات المشروع أو مكوناته من خلال أشكال هندسية معينة:

- ✓ الأحداث ؛

✓ الأنشطة أو الفعاليات.

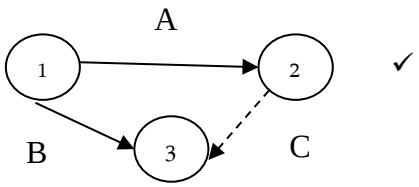
أنشطة حقيقية يعبر عنها بخط متصل ⟶

أنشطة وهمية يعبر عنها بخط متقطع ⇢

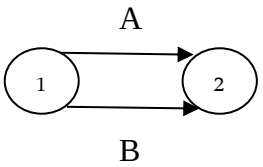
قد تكون الأنشطة اعتيادية يعبر عنها بخط واحد ⟶ أو حرجة يعبر عنها بخط مزدوج ⟹

ج. لكل نشاط حدث بداية وحدث نهاية.

د. لا يمكن أن يبدأ أكثر من نشاط واحد من حدث واحد وينتهي في حدث واحد ويعالج هذا بادخال حدث وهمي.

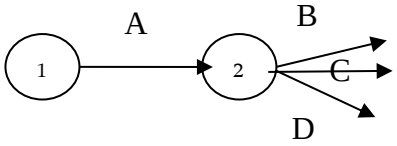


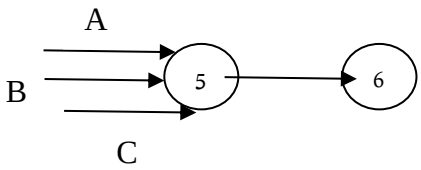
✓



×

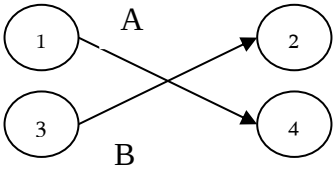
هـ. يمكن أن يكون حدث النهاية لأحد الأنشطة هو بمثابة حدث بداية لأنشطة أخرى.



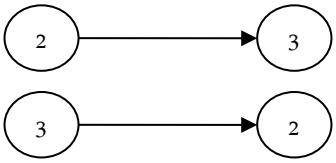




و. إن تقاطع الأنشطة غير مرغوب فيه في شبكات العمل إلا في بعض الحالات الضرورية لإنجاز العمل.

من المفروض انجاز A قبل B




ب. اتجاه الرسم يكون على أساس قاعدة البدء من الحدث الصغير لغاية الحدث الكبير وليس العكس ولا يجوز العودة الى أحاث سابقة.

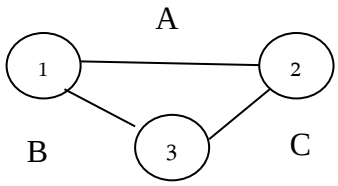



✓

×

ج. تبدأ عادة شبكات العمل من حدث بداية واحد وتنتهي بحدث نهاية واحد أيضا، يطلق على خطوط تصل نقاط تقاطع بنفسها تكرار.

خطوط غير موجهة




الحدث يعبر عنه على شكل زوج مرتب (ij) حيث يمثل (i) نقطة بداية الحدث وتمثل (j) نقطة نهاية ذلك الخط.

# المحاضرة رقم 13: إدارة المشاريع (تابع)

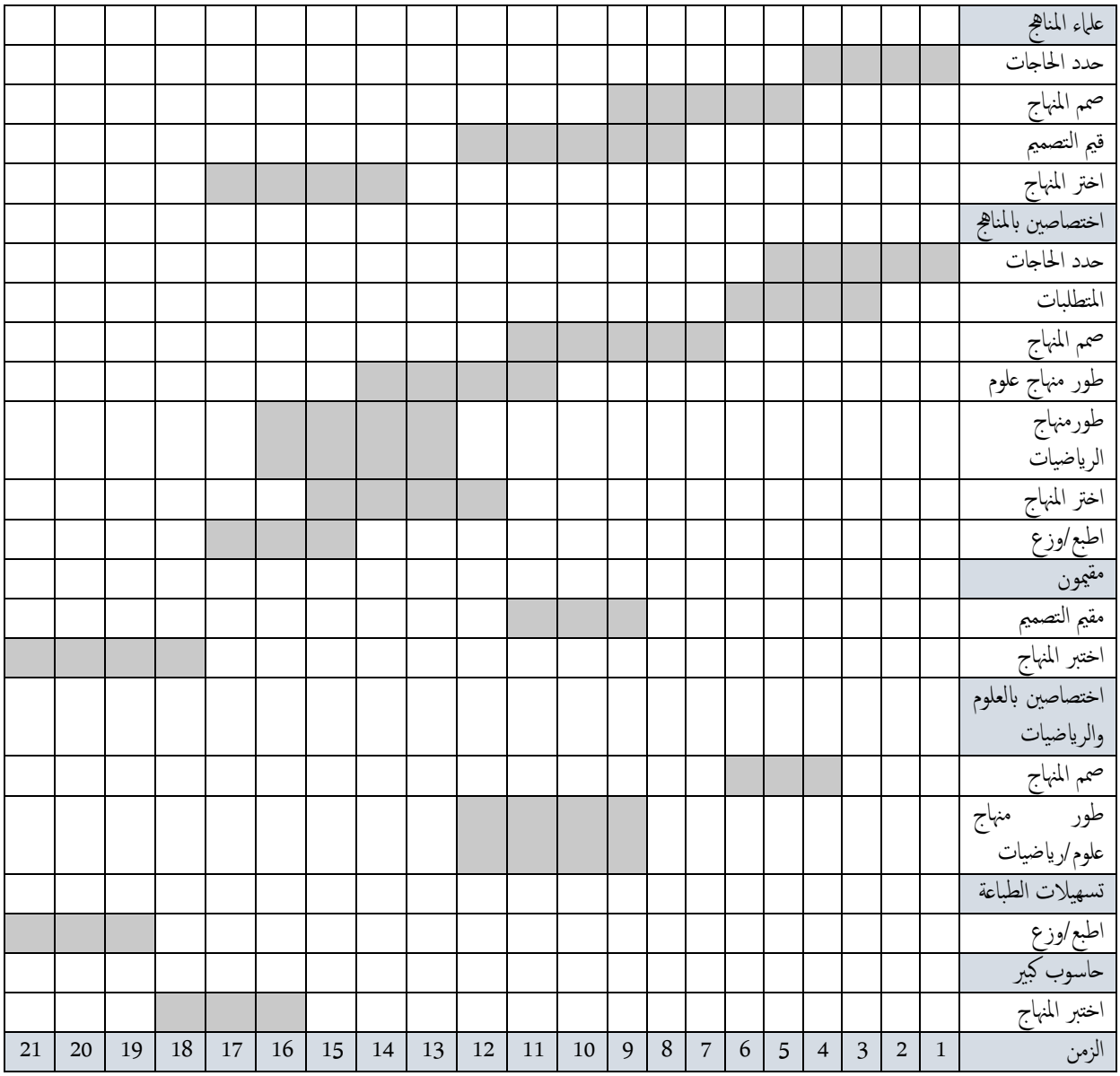
## Project Management

### 6- أهم الأساليب المعتمد عليها في إدارة المشاريع:

حسب العديد من المراجع يتم تخطيط ومتابعة المشاريع باستعمال الأساليب التالية:

1- **مخطط غانت**: ( Gantt Chart)

يمكن توضيحها مباشرة باستعمال الخريطة التالية:



2- **أسلوب المسار الحرج**: (Critical Path Methods) ظهر هذ الأسلوب سنة 1957 ويستخدم لأغراض التخطيط والجدولة والرقابة على المشاريع المتوسطة والكبيرة ومن أجل معرفة الموعد النهائي للإنجاز.

ويتم استعماله وفق الخطوات التالية:

أ. رسم شبكة أسلوب المسار الحرج المتضمنة للنشاطات المكونة للمشروع ;
ب. تحليل المسارات وتحديد المسار الحرج الذي يمثل أطول مسار في الشبكة وتحديد الزمن المتوقع لإنجاز المشروع ;
ج. حساب البداية المبكرة لكل نشاط $ET_i$ ؛
د. حساب النهاية المبكرة لكل نشاط $ET_j$ ;
هـ. حساب البداية المتأخرة $LT_i$ والنهاية المتأخرة $LT_j$ لكل نشاط؛
و. حساب الزمن الفائض لكل نشاط ؛

i ⟵ رقم لحدث البداية؛

j ⟵ رقم لحدث النهاية؛

$t_{ij}$ ⟵ وقت اتغراق النشاط الواقع بين i وj

ET: الوقت المبكر

LT: الوقت المتأخر

$ET_i$: الوقت المبكر لوقوع حدث البداية i

$LT_i$: الوقت المتأخر لوقوع حدث البداية i

$ET_j$: الوقت المبكر لوقوع حدث النهاية j

$LT_j$: الوقت المتأخر لوقوع حدث النهاية j

- **الحسابات الأمامية:**

$Et_i=Lt_i=0$

اذا ارتبط بالحدث i نشاط واحد $Et_j=Et_i+t_{ij}$

اذا ارتبط بالحدث i أكثر من نشاط $Et_j = Max \begin{vmatrix} Et_i + t_{ij} \\ Et_i + t_{ij} \end{vmatrix}$

- **الحسابات الخلفية:**

$Et_j=Lt_j$

اذا ارتبط نشاط بالحدث i ( $Lti=Ltj+t_{ij}$)

اذا ارتبط أكثر من نشاط بالحدث i $Lt_i = Min \begin{vmatrix} Lt_j + t_{ij} \\ Lt_j + t_{ij} \end{vmatrix}$

في الحسابات الأمامية ولغرض تحديد عدد الأنشطة المرتبطة بالحدث j يؤخذ بعين الاعتبار رأس السهم أما في الحسابات الخلفية لتحديد عدد الانشطة المرتبطة بالحدث i يؤخذ بعين الاعتبار قاعدة السهم.

يمكن أن يظهر أكثر من مسار حرج إلا أنه يؤخذ أطول المسارات أو بعبارة أخرى يؤخذ المسار الحرج الذي يكون فيه الوقت مساويا لما هو موجود في الحدث الأخير في المخطط الشبكي من أزمنة.

- **أسلوب الجدولة:**

- ✓ استخراج زمن الابتداء المبكر $Et_i$ التي تمثل في العمود الأول بموجب قواعد الحسابات الأمامية من أول حدث من الشبكة الى الحدث الأخير في نهاية الشبكة علما بأن زمن البدء المبكر للحدث الاول هو 0 وكذلك زمن البدء المتأخر يساوي0؛
- ✓ يتم استخراج زمن الانتهاء المبكر $Et_j$ لكل نشاط من خلال جمع قيم عمود زمني الابتداء المبكر لكل نشاط مع زمن انجاز النشاط نفسه $t_{ij}$ ؛
- ✓ استخراج من زمن الانتهاء المتأخر $Lt_j$ وذلك بتحديد الانتهاء المتأخر لأخر حدث في الشبكة ويكون مساويا لأكبر قيمة انتهاء مبكر في العمود الثاني (عمود زمن الانتهاء المبكر)
- ✓ استخدام قواعد الحسابات الخلفية ويتم استخراج بقية القيم للشبكة ؛
- ✓ استخراج قيم الابتداء المتأخر Ltj وذلك بطرح زمن انجاز كل نشاط من عمود القيمة الخاصة بزمن الانتهاء المتأخر وحسب كل نشاط ؛
- ✓ يتم استخراج الأزمنة الفائضة ST وذلك بطرح قيم الانتهاء المبكر من زمن الانتهاء المتأخر أو بطرح قيم الابتداء المبكر من قيم الابتداء المتأخر وعلى أساس النتائج تحدد الأنشطة الحرجة حيث يكون الزمن الفائض لها يساوي الصفر.

3- **أسلوب تقييم ومراجعة تنفيذ البرامج:** Program Evaluation and Review Technique

يعتمد هذا الأسلوب على الأمور التالية:

أ. **الوقت التفاؤلي**: $t_1$ وهو أقصر وقت يتطلبه النشاط إذا كانت جميع المؤثرات الواردة أعلاه تسير في مصلحة تنفيذ المشروع ويحسب لذلك نسبة احتمالية التحقق قليلة.

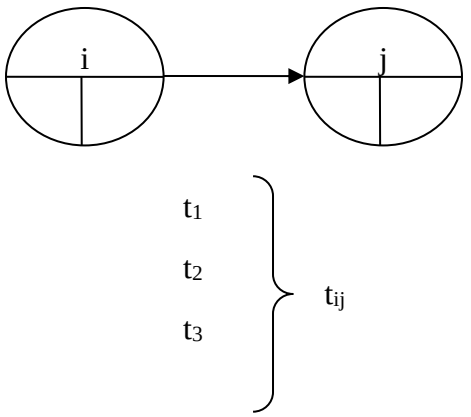
ب. **الوقت التشاؤمي**: $t_3$ وهو أطول وقت يتطلبه النشاط إذا كانت جميع المؤثرات الداخلية والخارجية ليست في مصلحة المشروع واحتمالية حدوثه قليلة أيضا.

ج. **الوقت المحتمل جدا**: $t_2$ الوقت الاعتيادي الذي يستغرقه النشاط في ظل المؤثرات الاعتيادية الخارجية منها والداخلية لذلك تكون إحتمالية تحققه عالية.

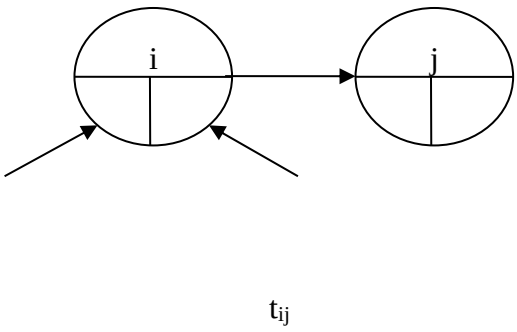
الوقت المتوقع=المتوسط الحسابي المرجح بالأوزان لتقديرات الأوقات الثلاثة

أي أن:

PERT




CPM




من أجل معالجة هذه المشكلة وتحديد وقت واحد لغرض إجراء الحسابات الأمامية والخلفية وبالتالي تحديد المسار الحرج يتم اللجوء الى أسلوب الأوزان أي تقدير وزن معين لكل واحد من الأزمنة الثلاثة $t_3,t_2,t_1$ كما يلي:

| نوع الوقت | إحتمالات الحدوث أو الوزن |
|---|---|
| ($t_3$) الزمن المتشائم (b) | 1 وزن |
| ($t_2$) الزمن الاكثر إحتمالا (m) | 4 وزن |

| | |
|---|---|
| ($t_1$) الزمن التفاؤلي (a) | 1 وزن |
| مجموع الأوزان | 6 |
| تصبح المعادلة: $te = \frac{t_1+4t_2+t_3}{6}$ | |
| الانحراف المعياري $\sigma = \frac{t_3-t_1}{6}$ | |
| التباين $(\sigma^2) = \left(\frac{t_3-t_1}{6}\right)^2$ | |

ويبين التباين الدلالة على مدى تباعد التقدير التفاؤلي عن التقدير التشاؤمي كما يعكس درجة عدم التأكد في تقدير الوقت اللازم لأي نشاط وكلما إرتفع تباين النشاط الحرج كلما قل احتمال الانجاز لهذا النشاط ضمن الوقت المتوقع لإنجازه.

يستفاد من التباين في معرفة درجة عدم التأكد لإنجاز أي نشاط من أنشطة PERT فكلما زاد التباين زادت درجة عدم التأكد.

في أسلوب PERT الوقت المتوقع هو الذي سيتم تثبيته على النشاطات فلو كان الزمن التفاؤلي يساوي ثلاثة ايام والزمن التشاؤمي هو خمسة عشر يوم والوقت المحتمل جدا للنشاط يساوي عشرة أيام فإن الزمن المتوقع للنشاط هو 9,7 يوم ويستخرج: $M = \frac{3+(4\times10)+15}{6}$

إن استخدام أسلوب PERT يساعد إدارة المشروع على الوصول الى الوقت المتوقع للإنجاز النهائي للمشروع وذلك عن طريق المسار الحرج، بعدها يمكن مقارنة هذا الزمن مع الزمن المتعاقد عليه في العقد للوصول إلى احتمالية إنجاز هذا المشروع ضمن الزمن المتعاقد عليه بحساب قيمةZ: $Z = \frac{X-M}{S_r}$

حيث:

M: الوقت المتوقع لإنجاز المشروع

X: الوقت المقترح لإنجاز المشروع

Z: عدد الانحرافات المعيارية لـ X عن الوقت المتوقع M وتعبر عن قوة الاحتمال

ومن ثم فإن قيمة Z تستخدم لإستخراج نسبة الاحتمال المقابل لها من جدول التوزيع الطبيعي والذي يمثل نسبة احتمالية انجاز المشروع ضمن المدة المتعاقد عليها أو أقل من ذلك.

أما بالنسبة لـ $S_R$ فتمثل الجذر التربيعي لمجموع تباينات الأنشطة الواقعة على المسار الحرج أي:

$$r=1,2,\ldots,nS_r = \sqrt{\sum(\sigma^2)}$$

# تمارين محولة حول إدارة المشاريع

**التمرين رقم 01:**

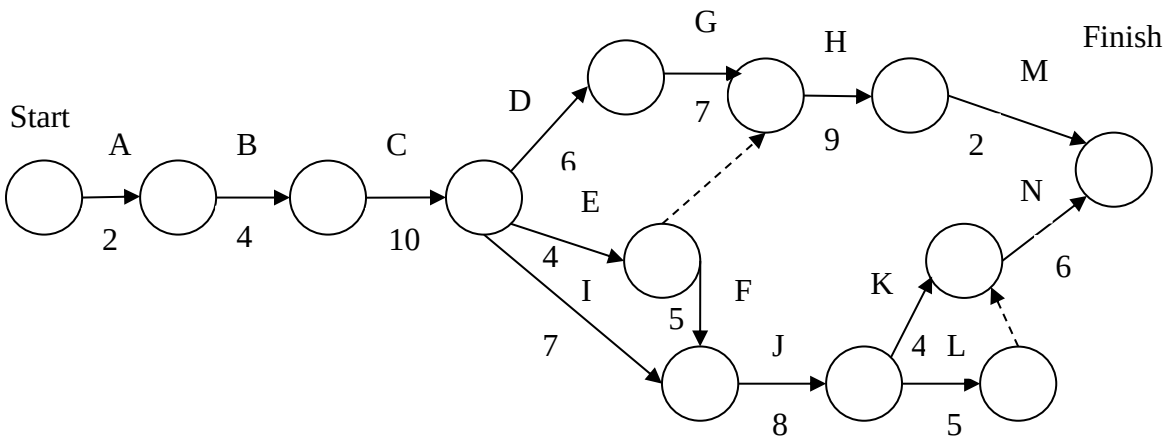
الجدول أدناه يبين تتابع الأنشطة لمشروع ما والمدة اللازمة لإنجاز كل نشاط:

| رمز النشاط | وصف النشاط | النشاط السابق | المدة (أسبوع) |
|---|---|---|---|
| A | الحفر | - | 2 |
| B | ارساء الاساس | A | 4 |
| C | وضع الجدار الخشن | B | 10 |
| D | وضع السقف | C | 6 |
| E | تركيب السباكة الخارجية | C | 4 |
| F | تركيب السباكة الداخلية | E | 5 |
| G | وضع الجانب الخارجي | D | 7 |
| H | التزيين الخارجي | E,G | 9 |
| I | اشغال الكهرباء | C | 7 |
| J | وضع أوراق الحائط | F,I | 8 |
| K | تركيب الارضيات | J | 4 |
| L | التزيين الداخلي | J | 5 |
| M | تركيب التجهيزات الخارجية | H | 2 |
| N | تركيب التجهيزات الداخلية | K,L | 6 |

**المطلوب:**

أرسم شبكة الأعمال ومخطط غانت للمشروع؟

**حل التمرين رقم 01:**




**مخطط غانت:**

| | شهر 1 | شهر 2 | شهر 3 | شهر 4 | شهر 5 | شهر6 | شهر7 | شهر8 | شهر9 | شهر10 | شهر11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | | | | | |
| H | | | | | | | | | | | |
| I | | | | | | | | | | | |
| J | | | | | | | | | | | |
| K | | | | | | | | | | | |
| L | | | | | | | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | |
| N | | | | | | | | | | | |

ينجز المشروع في غضون 44 أسبوع.

**التمرين رقم 02:**

تسعى مؤسسة لإنجاز مبنى صناعي جديد والجدول التالي يظهر تتابع الانشطة والوقت اللازم:

| رمز النشاط | وصف النشاط | النشاط السابق | المدة (يوم) |
|---|---|---|---|
| A | تعريف المشكلة | - | 3 |

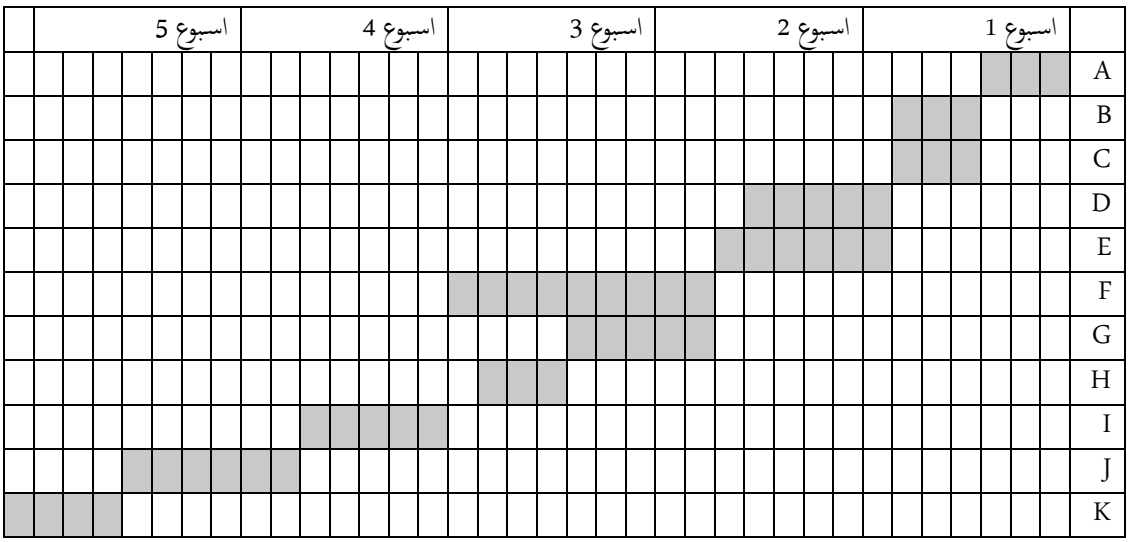
| | | | |
|---|---|---|---|
| B | دراسة اولية للتكاليف والقيود | A | 3 |
| C | تحليل مشاكل المبنى القديم | A | 3 |
| D | دمج المتطلبات الجديدة في المبنى | C | 5 |
| E | الرسومات التفصيلية للمبنى الجديد | B,C | 6 |
| F | بناء نموذج أولي | D,E | 9 |
| G | تحليل التكاليف | E | 5 |
| H | الهندسة ومراقبة الجدوى | G | 3 |
| I | رأي المقاول | G,F | 5 |
| J | تفتيش المبنى | I,H | 6 |
| K | تخطيط المصنع النهائي | J | 4 |

**المطلوب:**

أرسم مخطط غانت وما الوقت اللازم لاتمام مخطط المصنع؟

**حل التمرين رقم 02:**

مخطط غانت:




الوقت اللازم لإنجاز المخطط النهائي هو 36 يوم.

**التمرين رقم 03:**

يوضح الجدول التالي العلاقة بين الأنشطة المختلفة في مثال لمشروع للمسح الصناعي حيث تمت جدولة المشروع على المراحل التالية:

- تحليل المشروع إلى أنشطة ;

- تتابع الأنشطة ;
- إنشاء شبكة الأعمال ;
- تقدير الأزمنة والفائض لكل نشاط.

جدول النشاط لمشروع مسح للمصانع

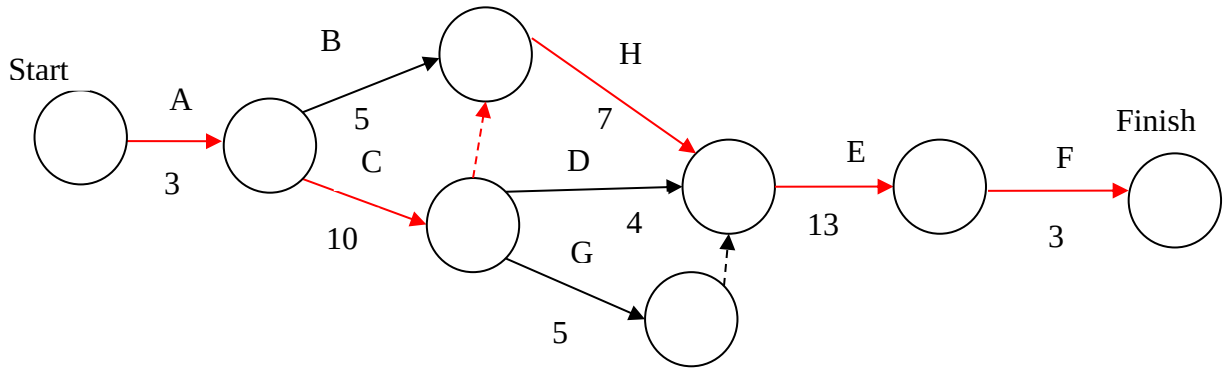
| النشاط | | النشاط السابق | المدة |
|---|---|---|---|
| رمز | الوصف | | |
| A | خطة المسح | - | 3 |
| B | اختيار الباحثين | A | 5 |
| C | صياغة الاستبيان | A | 10 |
| D | اختيار المصانع | C | 4 |
| E | إجراء المسح | D,G,H | 13 |
| F | تحليل النتائج | E | 3 |
| G | طباعة الاستبيان | C | 5 |
| H | تدريب الباحثين | B,C | 7 |

**المطلوب:**

أرسم شبكة الاعمال وأوجد المسار الحرج؟

**حل التمرين رقم 03:**

الاعمال للمشروع وأوجد المسار الحرج؟



| النشاط | | المدة | النشاط السابق | المبكر | | المتأخر | | الفائض |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| رمز | الوصف | | | بداية | نهاية | بداية | نهاية | |
| A | خطة المسح | 3 | - | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 |
| B | اختيار الباحثين | 5 | A | 3 | 8 | 8 | 13 | 5 |
| C | صياغة الاستبيان | 10 | A | 3 | 13 | 3 | 13 | 0 |
| D | اختيار المصانع | 4 | C | 13 | 17 | 16 | 20 | 3 |
| E | إجراء المسح | 13 | D,G,H | 20 | 33 | 20 | 33 | 0 |
| F | تحليل النتائج | 3 | E | 33 | 36 | 33 | 36 | 0 |
| G | طباعة الاستبيان | 5 | C | 13 | 18 | 15 | 20 | 2 |
| H | تدريب الباحثين | 7 | B,C | 13 | 20 | 13 | 20 | 0 |

ومنه المسار الحرج هو: A ⟶ C ⟶ H ⟶ E ⟶ F

3+10+7+13+3=36

**التمرين رقم 04:**

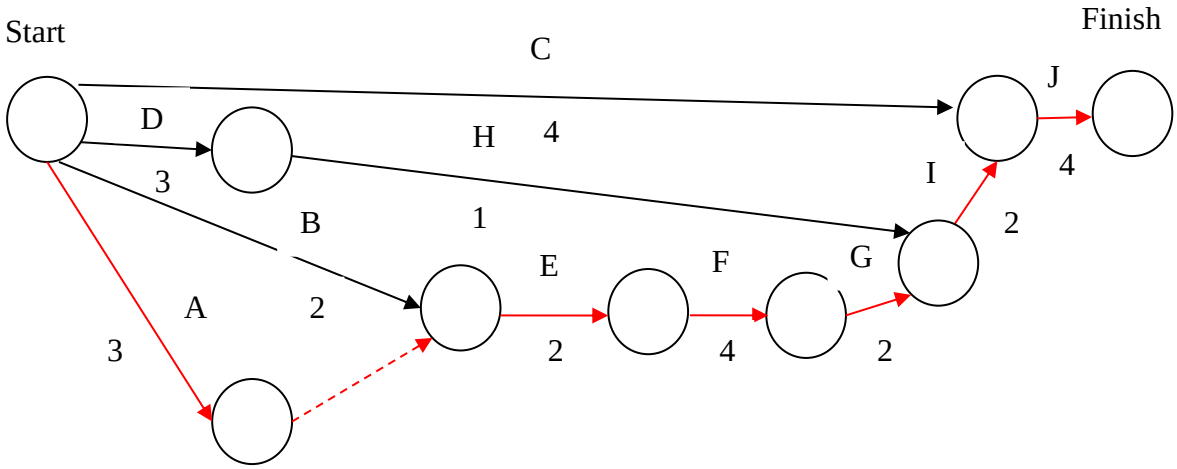
دار نشر عقدت اتفاقية مع مؤلف لنشر كتاب ورقي والأنشطة المتعلقة بتأليف الكتاب مبينة في الجدول وقد قام المؤلف بإرسال نسخة ورقية والكترونية لدار النشر.

| رمز النشاط | النشاط | المدة (أسبوع) | النشاط السابق |
|---|---|---|---|
| A | تدقيق المخطوطات بواسطة المحرر | 3 | - |
| B | إعداد نموذج الصفحات | 2 | - |
| C | تصميم غلاف الكتاب | 4 | - |
| D | تحضير العمل الفني | 3 | - |
| E | موافقة المؤلف على المخطوطة ونموذج الصفحات | 2 | A,B |
| F | تنسيق الكتاب | 4 | E |
| G | مراجعة المؤلف لتنسيق الكتاب | 2 | F |
| H | مراجعة المؤلف للعمل الفني | 1 | D |
| I | إنتاج ألواح الطباعة | 2 | G,H |
| J | إنتاج الكتاب وتجليده | 4 | C,I |

**المطلوب:**

أوجد شبكة الأعمال للمشروع والمسار الحرج؟

**حل التمرين رقم 04:**




| رمز النشاط | النشاط | المدة (أسبوع) | النشاط السابق | المبكر | | المتأخر | | الفائض |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | بداية | نهاية | بداية | نهاية | |
| A | تدقيق المخطوطات بواسطة المحرر | 3 | - | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 |
| B | إعداد نموذج الصفحات | 2 | - | 0 | 2 | 1 | 3 | 1 |
| C | تصميم غلاف الكتاب | 4 | - | 0 | 4 | 9 | 13 | 9 |
| D | تحضير العمل الفني | 3 | - | 0 | 3 | 4 | 7 | 4 |
| E | موافقة المؤلف على المخطوطة ونموذج الصفحات | 2 | A,B | 3 | 5 | 3 | 5 | 0 |
| F | تنسيق الكتاب | 4 | E | 5 | 9 | 5 | 9 | 0 |
| G | مراجعة المؤلف لتنسيق الكتاب | 2 | F | 9 | 11 | 9 | 11 | 0 |
| H | مراجعة المؤلف للعمل الفني | 1 | D | 3 | 4 | 10 | 11 | 7 |
| I | إنتاج ألواح الطباعة | 2 | G,H | 11 | 13 | 11 | 13 | 0 |
| J | إنتاج الكتاب وتجليده | 4 | C,I | 13 | 17 | 13 | 17 | 0 |

A ⟶ E ⟶ F ⟶ G ⟶ I ⟶ J

3+2+4+2+2+4=17

## خاتمة عامة:

في ختام الأمر تم بفضل الله سبحانه وتعالى إنهاء هذه المطبوعة المتواضعة التي كانت شاملة لمجموعة من الأساليب الرياضية المندرجة تحت ما يسمى ببحوث العمليات، وهي إحدى الطرق المهمة عند صنع القرار، هذا ما يلزم على أي طالب خاصة في مجال العلوم الاقتصادية والتسيير والتجارة تعلم ذلك بما يعود عليها بالمنفعة التي قد يعمل بها مستقبلا سواء في حياته اليومية أو في بعض الوظائف الممكن الاشتغال فيها، وهذا خصوصا في المؤسسات الأجنبية التي تتبع العلوم الحديثة في تسيير شؤنها كالمطارات والمؤسسات الصناعية...الخ.

وكانت هذه المطبوعة تتسم صفة البيداغوجية يعني مستعرضة بأسلوب سهل ودو بساطة لغرض إيصال المعلومة بأكثر وضوح للطالب، حيث احتوت على ثلاثة عشر محاضرة مدعمة بتمارين تطبيقية مرفقة بالحل.

# المراجع المعتمد عليها

## المراجع باللغة العربية:


1. حامد سعد نور الشمرتي، علي خليل الزبيدي، مدخل الى بحوث العمليات، الطبعة الأولى، دار مجدلاوي للنشر والتوزيع، عمان، الأردن،2007.
2. حسن علي مشرقي، زياد عبد الكريم القاضي، بحوث العمليات، الطبعة الأولى، دار المسيرة للنشر والتوزيع، عمان، الأردن،1999.
3. رند عمران مصطفى الأسطل، بحوث العمليات والاساليب الكمية في صناعة القرارات الادارية، الطبعة السادسة، جامعة فلسطين، فلسطين،2016.
4. سليمان محمد مرجان، بحوث العمليات، دار الكتب الوطنية بنغازي، ليبيا، الطبعة الأولى، 2002.
5. سهيلة عبد الله سعيد، الجديد في الاساليب الكمية وبحوث العمليات، الطبعة الأولى، دار الحامد للنشر والتوزيع، عمان، الأردن،2007.
6. شفيق العتوم، بحوث العمليات، دار المناهج للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، 2016.
7. صالح مهدي محسن العامري، عواطف ابراهيم الحداد، تطبيقات بحوث العمليات في الادارة، الطبعة الأولى، اثراء للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، 2009.
8. صالح مهدي محسن، عواطف ابراهيم الحداد، تطبيقات بحوث العمليات في الادارة، الطبعة الأولى، مكتبة الجامعة، الشارقة، الامارات العربية المتحدة،2009.
9. عبد الرسول عبد الرزاق الموسوي، المدخل الى بحوث العمليات، الطبعة الثالثة، دار وائل للنشر والتوزيع، عمان، الأردن،2009.
10. فريد عبد الفتاح زين الدين، بحوث العمليات وتطبيقاتها في حل المشكلات واتخاذ القرارات، الجزء الأول، البرامج الخطية، الزقازيق، مكتبة التكامل،1997.
11. لحسن عبد الله باشيوة، بحوث العمليات، دار اليازوري للنشر، عمان، الأردن، 2011.
12. محمد راتول، بحوث العمليات، الطبعة الثانية، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر،2006.
13. محمود العبيدي، مؤيد عبد الحسين الفضل، بحوث العمليات وتطبيقاتها في إدارة الأعمال، الطبعة الأولى، دار الوراق للنشر والتوزيع، الأردن، 2004.
14. محمود الفياض، عيسى قدادة، بحوث العمليات، دار اليازوري للنشر والتوزيع، عمان، الأردن،2007.
15. نجم عبود نجم، مدخل غلى الأساليب الكمية (النامدج الاحتمالية مع التطبيقات باستخدام Microsoft Exel )، الطبعة الأولى، دار الوراق للنشر والتوزيع، 2013.
16. سهيلة عبد الله سعيد، الجديد في الأساليب الكمية وبحوث العمليات، الطبعة الأولى، دار الحامد للنشر والتوزيع، 2007.
17. أبو القاسم مسعود الشيخ ، بحوث العمليات، المجموعة العربية للتدريب والنشر القاهرة مصر، الطبعة الثانية،2009 .
18. عبد اللطيف عبد الفتاح أبو علا، إبراهيم محمد مهدي، سلطان محمد عبد الحميد، ياسر محمد العدل، الإحصاء التطبيقي وبحوث العمليات، الجزء الثاني المخصص لبحوث العمليات، مكتبة الجلاء الجديدة المنصورة، 2004.
19. إبراهيم محمد المهدي، مقدمة في بحوث العمليات (الطرق الكمية في الإدارة)، دار النشر مكتبة الجلاء الجديدة بالمنصورة، 2006-2007.
20. أبو القاسم مسعود الشيخ، دار النشر المجموعة العربية للتدريب والنشر، .2009
21. نجم عبود نجم، مدخل الى الأساليب الكمية، دار النشر والتوزيع الوراق، الطبعة الأولى، 2013.


## المراجع باللغة الأجنبية:


1. Aouni. B, Le Modèle De Programmation Mathematique avec Buts Dans Un Environnement Imprécis: Sa Formulation, Sa Résolution Et Une Application, Thèse Présentée à LA faculté Des Etudes Supérieures De L'Université Laval Canda Pour L'obtention Du Grade De Philosophie Doctor (Ph.D), 1998.
2. August, A goal programming Approch for Multi-objective Function in a Production Company, University of Nigeria Research Publications, UGW danty kamaka Cynthia. Pg/M.S/04/358940,2007.

3. B .B,Pal and B .N .Moitre, A Goal programming Procedure For Solving Problems With Multi Fuzzy Goals Using Dynamic Programming, European Journal of operational Research,Vol Issue,3,2003.
4. D. Jones, M. Tamis, Practical Goal Programming, International Series in Operations Research & Management Science, Springer New York Dordrecht Heidelberg London, 2010.

5. D.R. Anderson, D.J.Sweemey, and T.A.Williams, An Introduction to management science: Quantitative Approaches to Decision Making, New Yourk, Sorth Westem College Publishing, 2000.
6. Frederick S.Hiller, Gerald J.Lieberman, Introduction To Operations Research, Mcgraw-Hill, New York ,United States,2005.

7. H. L. Li, and S. Yu, (2000), "Solving Multiple Objective Quasi – Convex Goal Programming Problems by Linear Programming", International Transactions in Operational Research, No.7.
8. H.A.Eiselt, C.L.S and blom, Operations Research, Springer, Heidelberg, Germany, 2010.
9. Hamdy.A. Taha, Operations Research : An introduction, PEARSON EDITION, New Jersey, USA, 2007.
10. Ijiri y. , Management Goals and Accounting for Control», North Holland, 1965Amsterdam
11. John F. Shortle, James M. Thompson, Donald Gross, Carl M.Harris, Fundamentals Of Queueing Theory, Fifth Edion, 111 River Street, Hoboken, Nj 07030, Usa, 2018.( https://lccn.loc.gov/2017031755).

12. Lin ,J.,Cheong , B. and Yao ,X. , Universal Multi-Objective Function For optimising Superplastic –Damage Constitutive Equations Journal of Materials Processing Technology Vol. ( 125 ) ,2002.
13. M .A. Budri, Didavels, and, Avis, A Comprehensive 0-1 Goal Programming Model For Project Selection, International Journal of Project Management, Vol, 19. Issue 4, 2001.
14. Marc J, Schniederjans Departement Of Management University Of Nebraska- Usa? Goal Programmingm: Methodology And Applications, Springer Science, 1995.
15. Rama Murthy, Operations Research, New AGE INTERNATIONAL PUBLISHERS, Second Edition, New Delhi, india, 2007.
16. Rama. m, operation research, second Edition, Published by New Age International (P) Ltd.,2007.
17. Richard Bronson, Govindasami Naadimuthu, Operations Research,Second Edition, Schaum's Otlines ,USA.1997.
18. Robert Faure, Exercices Et Problemes Resolus De Recherche Opérationnelle, Dunod, Paris, France,2000.