# إستخدام أسلوب البرمجة الديناميكية

# لحل نماذج أقصر طريق

## " دراسة تطبيقية "


إعداد

**إيمان محمد جمال محمد**

**باحث ماجستير بقسم الإحصاء**

**كلية التجارة - جامعة الزقازيق**

eman.gamal20082008@gmail.com



**مجلة البحوث التجارية - كلية التجارة جامعة الزقازيق**

**المجلد السادس والأربعون - العدد الرابع أكتوبر 2024**

**رابط المجلة:** https://zcom.journals.ekb.eg/

**ملخـــص الدراسة:**

تهدف الدراسة إلى إستخدام أسلوب البرمجة الديناميكية المحددة لتحديد الإستراتيجية والحلول المثلى لمشكلة أقصر طريق ، وتستند الدراسة إلى البيانات المنشورة وغير المنشورة الصادرة عن بعض الجهات الرسمية كالجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء والموقع الالكتروني التابع لها www.capmas.gov.eg، والهيئة العامة للطرق والكباري ومديرية الطرق والنقل بمحافظة الشرقية وتم جمع البيانات عن عام 2023.

وتعتمد الدراسة في جانبها التطبيقي على تطبيق أسلوب Shortest Route Networks التقليدي وأسلوب البرمجة الديناميكية المحددة بإستخدام أسلوب الحسابات الأمامية لحل مشكلة أقصر طريق والمقارنة بين الأسلوبين للوصول إلى الحل الأمثل مع التطبيق على شبكة النقل بمحافظة الشرقية لتصل الدراسة إلى نتيجة مفادها أن أسلوب البرمجة الديناميكية يعتمد على تجزئة المشكلة الرئيسية إلى مجموعة من المسائل الجزئية المتتابعة والمترابطة وإيجاد الحل الأمثل الشرطي لكل مسألة جزئية على حدة ، ومن مجموعة الحلول المثلى للمسائل الجزئية يتم الحصول على الحل الأمثل للمشكلة الرئيسية مما يجعله الأسلوب الأفضل لحل نماذج أقصر طريق من خوارزميات تحديد أقصر طريق .

**الكلمات الدالة: البرمجة الديناميكية، خوارزميات، الشبكات.**

## الإطـار العـام للـدراسـة

## مقـدمة الـدراسـة:

يعد أسلوب البرمجة الديناميكية (Dynamic Programming ) من أهم الأساليب لحل مشاكل الأمثلية ( Optimization) ، فهو يشكل أداة مهمة تسهم في تخطيط الإنتاج وإتخاذ القرار الأمثل كأن يكون هذا القرار متمثلاً في تعظيم الأرباح أوتقليل التكاليف أو زيادة الطاقة الإنتاجية ، وذلك لكون القرار النهائي يتخذ اعتماداً على قرارات جزئية سابقة للمشكلة ، اضافة إلى كونه أحد الفروع المهمة في الرياضيات التطبيقية والتي تساهم في إتخاذ القرار الأمثل، والتي تحولت من شكلها النظري إلى الشكل الحسابي بصعوبة ، وتعد تقنية رياضية مفيدة لصنع سلسلة من القرارات المترابطة لدعم طريقة نظامية لتتمكن من تقدير أو تحديد إندماج أمثل للقرارات ، لذا هي طريقة مثلى لتحويل مشكلة معقدة إلى سلسلة من مشاكل أبسط أو أصغر ، لذلك يمكن القول أن البرمجة الديناميكية بإمكأنها التوصل للحل الأمثل لمشكلة ذات المتغيرات المتعددة عن طريق تجزئتها إلى مراحل وكل مرحلة تهتم بحل مشكلة فرعية تتضمن متغير منفرد بهدف إيجاد الحل الأمثل لكل مرحلة ذات المتغير الواحد من خلال إستخدام أسلوب تعدد المراحل والمتمثلة بخطوات الحل الأمثل وكون أن عملية تخطيط الانتاج تتغير متغيراتها الأساسية بإستمرار مما جعل تطبيق البرمجة الديناميكية مهمة لعدد من المجالات منها مشاكل النقل وتخطيط الانتاج والمخزون ومشاكل إيجاد الحلول المثلى ، وتطبق في مجالات عديدة مثل الهندسة والإقتصاد الإدارة ...إلخ ، ولما لها من فاعلية في عملية صنع القرار في التخطيط والسيطرة على الإنتاج ولها التأثير المباشر في السيطرة على التخزين وتكلفة العملية الإنتاجية.

## مشكلة الـدراسـة:

تعتبر محافظة الشرقية ثالث محافظة فى تعداد السكان على مستوى الجمهورية بعد محافظتى القاهرة والجيزة حيث يبلغ عدد سكأنها التقديرى (8) مليون نسمه تقريباً بالمغتربين ، وتبلغ مساحتها 4911 كم2 مايعادل 1072470 مليون فدان وهى ثانى محافظة على مستوى الجمهورية من حيث المساحة الزراعية مما يوضح أنها من المحافظات مترامية الأطراف وتضم عدد (6) مدن وعدد (2) حي وعدد (13) مركز وتتمتع بشبكة كبيرة من الطرق والكباري لربط مراكز ومدن المحافظة.

وتتمثل مشكلة الدراسة في البحث عن أقصر الطرق التي تستخدم لنقل المنتجات من مدينة العاشر من رمضان بإعتبارها المدينة الصناعية الأولى بالمحافظة وإلى باقي مدن ومراكز المحافظة وبالتحديد مدينة صان الحجر لما في ذلك من فوائد إقتصادية كبيرة تتمثل في توفير الوقت والجهد وتقليل التكاليف .

**أهداف الـدراسـة :**

تهـدف الـدراسـة إلى الوصول لأقصر الطرق التي تستخدم لنقل المنتجات من مدينة العاشر من رمضان إلى باقي مدن ومراكز المحافظة وبالتحديد مدينة صان الحجر ولتحقيق هذا الهدف نقوم بتطبيق أسلوب (Shortest Route Networks) التقليدي وأسلوب البرمجة الديناميكية المحددة بإستخدام أسلوب الحسابات الأمامية لحل مشكلة أقصر طريق والمقارنة بين الأسلوبين للوصول إلى الحل الأمثل .

**هيكل الدراسة:**

في ضوء مشكلة الدراسة وتحقيقاً لهدفها ، يمكن تقسيم الدراسة إلى الفصول الأتية :

**الفصل الاول**: شبكات الأعمال ونماذج أقصر طريق .

**الفصل الثاني**: البرمجة الديناميكية.

**الفصل الثالث:** إستخدام أسلوب نماذج أقصر طريق (Shortest Route Networks) التقليدي وإستخدام البرمجة الديناميكية المحددة بإستخدام أسلوب الحسابات الأمامية في حل مشكلة أقصر طريق والمقارنة بين الأسلوبين.

## الفصل الأول: شبكات الأعمال ونماذج أقصر طريق

تعتبر شبكات الأعمال أحد الأساليب الكمية الهامة والتي تستخدم في إدارة المشروعات من خلال تحليل الأهداف وتجزئتها إلى مراحل ثم يتم إنجاز الأهداف حسب الأوقات الزمنية المحددة لها للوصول إلى الأهداف النهائية ، وتعتبر من أهم الوسائل المستخدمة في حل المشاكل التي تواجه إدارة المشروع وعلى وجه الخصوص المشروعات الكبيرة والمعقدة حيث أنها تساعد متخذي القرار في التخطيط وجدولة العمليات المختلفة واللازمة لتنفيذ مشروع معين بحيث يتم إنجازه

بأعلى كفاءة ممكنة ، فهي تمكن من التحكم في وقت إنجاز مختلف أنشطة المشروع وبالتالي في وقت إنجازه كما تعمل على خفض التكاليف .

ولما كان نموذج شبكات أقصر طريق أحد نماذج شبكات الأعمال وإستخداماته ذات الأهمية في حل كثير من المشاكل التي تواجه متخذي القرار والقائمين على إدارة المنشآت المختلفة حيث يمكن إستخدامه في تحديد أقصر طريق يمكن إتباعه في نقل منتجات المنشأة بين مدينتين أو عند المفاضلة بين عدد من البدائل المتاحة للنقل أمام متخذ القرار لذلك سيتم تركيز الضوء عليه حيث أنه هو النموذج المستخدم في هذه الدراسة .

## أولاً: تعريف شبكات الأعمال ( Activity Networks )

تعددت التعريفات الخاصة بشبكات الأعمال ومن أهمها :

**التعريف الأول:** هي مجموعة الدوائر والتفرعات متجمعة في تمثيل بياني وتستخدم عادة لتحديد أقل مدة زمنية للإنتهاء من تنفيذ المشروع أو التكلفة الأقل لتحقيق عمليات الإنتاج الممكنة ووضع الخطط البديلة لتقليل الفترات الزمنية الطويلة ومقايضتها بالتكاليف عند الحاجة وذلك ضمن الموارد المتاحة وقواعد وشروط المشروع ومقدار الحاجة إلى سرعة التنفيذ. (الصفدي، 1999)

**التعريف الثاني:** شبكة الأعمال هي مخطط يتكون من مجموعة من النقاط المتصلة بعضها ببعض والتي تسمى بالعقد والتي تمثل فعاليات المشروع ، وتكون الأسهم أو التفرعات هي حلقة الوصل بين العقد ولذلك فإن العقد تنقسم إلى نوعين : النوع الأول هو المصدر والثاني هو المصب وذلك حسب إتجاه السهم الرابط بين العقدتين. (الشمرتي، 2007)

**التعريف الثالث : "**هي أحد أساليب بحوث العمليات التي تستخدم في مجال التخطيط والرقابة على الأداء، وأن عملية التخطيط والرقابة تؤدي دوراً مهماً وبارزاً في إنجاح المشاريع، بكونها ذات طابع هندسي يعتمد على الأشكال والرسومات البيانية و الهندسية كأساس لتطبيق العلاقات الرياضية التي تربط بين متغيرات التخطيط والرقابة المختلفة ومنها الوقت والتكلفة ، الموارد المادية وما إلى ذلك ". (علي، 2011)

**التعريف الرابع :** "هي عبارة عن تمثيل بياني لمجموعة من الأنشطة المرتبطة والمتتابعة التي يتكون منها مشروع معين ، إذ تظهر تسلسل الأنشطة والأحداث لإنجاز المشروع وبحسب تتابعها الفني المنطقي، وحتى يتم بناء الشبكة ، فإن الأمر يتطلب قيام الجهات الفنية بتحديد كافة الأنشطة

التي يتكون منها المشروع مع توضيح أي الأنشطة التي يجب البدء بها أولاً حتى يتم الإنتقال إلى النشاط التالي منه ". (تينيلان، 2020)

## ثانياً: أهم أنواع شبكات الأعمال:

سوف نتناول تلك الانواع كما يلى:

- **شبكات الأنشطة :**

تنقسم شبكات الأنشطة إلى العديد من الأنواع ومن أهم أنواع شبكات الأنشطة هي :

1) **أسلوب المسار الحرج (CPM) (Critical Path Method)**

يعد أسلوب المسار الحرج أقدم أسلوب من بين أساليب تحليل شبكات الأعمال المستخدمة في عملية تخطيط وجدولة المشروعات التي تتسم بالتأكيد ويعتبر أسلوب المسار الحرج أحد أساليب شبكات الأعمال والتي تركز على الأنشطة الأساسية لأداء المشروع حيث يعتبر أداة التخطيط وتنفيذ ومراقبة المشروعات الضخمة والمعقدة بإستخدام عامل زمنى واحد لكل نشاط فقط ويستخدم في المشروعات التي يمكن تقدير وإحتساب زمن أنشطتها بشكل محدد ودقيق بعيداً عن حالات عدم التأكد .

2) **طريقة تقويم ومراجعة البرنامج (PERT)**

**(Project Evaluation And Review Technique)**

يعد أسلوب بيرت من الأساليب الهامة والتي تمكن متخذي القرار من تخطيط وجدولة وتخطيط ورقابة المشروعات التي تحتوي على نوع من عدم التأكد في مدة إنجاز بعض الأنشطة التي تتكون منها، حيث يعالج هذا النموذج مسألة عدم التأكد في ظل الإحتمالات المتوقعة ، وذلك لوجود عوامل ومتغيرات خارجية تؤثر في عملية الإنجاز.

فمن الصعب الاعتماد على تقدير واحد لزمن النشاط، وللحد من هذا التأثير ومعالجة الإنحرافات في أزمنة النشاط يعتبر زمن كل نشاط متغيرا عشوائيا خاضعا لتوزيع إحتمالي معين وليس مقداراً ثابتا ، وبما أن زمن انجاز كل نشاط من أنشطة المشروع هو متغير عشوائي مستمر فهو يخضع لتوزيع إحتمالي مستمر.

### 3) طريقة التقديم والمتابعة البيانية (GERT)

**( Graphical Evaluation and Review Technique)**

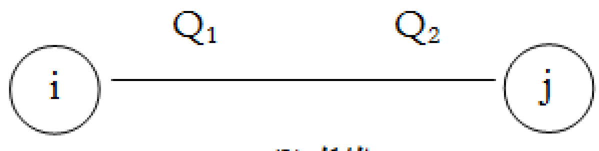
يعد نموذج شبكة (GERT ) تطويراً لأسلوب شبكة (PERT) التقليدية ليعالج قصورها ويكون أكثر واقعية منها في تخطيط المشروع وجدولته زمنيا حيث يفترض أسلوب المسار الحرج وأسلوب بيرت أن أنشطة المشروع محددة بدقة وستنجز تماماً ولا يمكن أن يبقى نشاط واحد دون تنفيذ وينفذ بطريقة معينة ولا تؤخذ في الحسبان الطرق البديلة والإختيارية لتنفيذ المشروع ، إلا أن أسلوب (GERT) يرى البنية الشبكية في شكلها الكلى إحتمالية في حد ذاتها وليس فقط زمن النشاط نظرا لان بيئة عمل المشروعات في الوقت الحالى لم تعد مستقرة ويتم معرفة طرق إنجازها فوجد هذا الأسلوب ليتناسب مع تغيير بيئة العمل وأن يكون هناك بعض الأنشطة غير مطلوبة وليس من الضروري إنجازها.

- **شبكات أقصى كمية تدفق (The Maximal–Flow Networks)**

ظهر نموذج أقصى كمية تدفق لحل المشاكل المرتبطة بتحديد أقصى كمية يمكن مرورها أو تدفقها بين نقطتين وذلك من خلال عدد من المسارات المختلفة في طاقتها وحجم إستيعابها بحيث يتكون كل مسار من مجموعة من الفروع المتتابعة والتي تصل بين نقطة البداية (المصدر) ونقطة الوصول أو النهاية (المصب) وتحدد طاقة كل مسار من خلال الحد الأدنى لإستيعاب الفروع المكونة لهذا المسار. (صابر، 2009)

ويفترض أن لكل فرع (نشاط) بالشبكة طاقة إستيعابية تمثل أقصى كمية تدفق يمكن أن تمر أو تتدفق في هذا الفرع خلال مدة زمنية معينة ولا يوجد سعة أو طاقة محددة لمسارات الشبكة ولكن لكل مسار طاقته الإستيعابية ، ويفترض أن كمية التدفق التي تخرج من أي مسار بالشبكة تساوي كمية التدفق التي تدخل إليه حيث أنه لا يسمح بتخزين أو هدر المواد المطلوب تدفقها أو نقلها بأي مسار من مسارات الشبكة . (عبدالفتاح، 2006)

ويرتبط بكل مسار ( i- j ) بالشبكة طاقتين أو سعتين احداهما توضع عند بداية المسار $Q_1$ والأخرى عند نهايته $Q_2$ .




الشكل (1)

حيث $Q_1$ هي أقصى كمية تدفق يمكن أن تمر خلال المسار (i- j) من الحدث i إلى الحدثj، بينما $Q_2$ تشير إلى أقصى كمية تدفق يمكن أن تمر في الإتجاع العكسي للمسار ( i- j ) أي من الحدث j وصولاً للحدث i .

ومن الممكن أن يتم صياغة مشكلة أقصى كمية تدفق كنموذج برمجة خطية ويمكن حلها بإستخدام طريقة السمبلكس ولكن إستخدام أسلوب التحليل الشبكي أكثر سهولة للوصول إلى أقصى كمية تدفق بالشبكة بشكل مباشر من إستخدام طريقة السمبلكس .

- **شبكات أقصر طريق (Shortest Route Networks)**

تعتبر مشكلة أقصر طريق (مسار) أقدم وأشهر مشاكل النقل ، حيث وضعت وطورت عدة خوارزميات و خصوصا في خمسينات القرن الماضي تعمل على إيجاد أقصر طريق بين نقطتين (مدن ، محطات ، أماكن ،........) وأشهرها وأكثرها إستعمالًا إلى يومنا هذا خوارزمية ديكسترا.

ويشير نموذج أقصر طريق إلي مجموعة الخطوط (الفروع) التي تربط بين عدة أنشطة تشكل أقصر مسار بين نقطة البداية أو المصدر (Source) أي الحدث الأول في أحداث الشبكة ونقطة النهاية أو الوصول (Destination) أي الحدث الأخير في الشبكة وفي هذا النوع من الشبكات يرتبط بكل نشاط من أنشطة الشبكة مسافة أو زمن أو تكلفة ويكون الهدف في شبكات أقصر طريق هو تحديد أقصر الطرق أو الطريق الأقل زمناً أو الأقل تكلفة بين نقطة المصدر ونقطة الوصول (Hendy, 2021).

هذا ويمكن إستخدام نموذج أقصر طريق في حل كثير من المشاكل التي تواجه متخدي القرار والقائمين علي إدارة المنشآت المختلفة حيث يمكن إستخدامه في تحديد أقصر طريق يمكن أن تنقل به منتجات المنشأة بين مدينتين، كما يمكن تطبيقه عند المفاضلة بين عدد من البدائل المتاحة أمام متخذ القرار ....الخ. (زقزوق، 2010)

**رابعا: خطوات تحديد أقصر طريق بالطريقة التقليدية:**

يتطلب تحديد أقصر طريق إتباع الخطوات التالية:

**(الخطوة الأولى )**

رسم شبكة الأعمال متضمنة الأحداث المختلفة والخطوط (الفروع) التي تربط بين هذه الأحداث موضحاً عليها المسافات أو الأزمنة أو التكلفة علي كل خط (فرع) .

**(الخطوة الثانية )**

إعداد جدول ونضع كل نشاط ( طريق ) أسفل حدث البداية الخاص به مع مراعاه ترتيب الأنشطة أسفل كل حدث ترتيبا تصاعديا من حيث المسافة أو الزمن أو التكلفة ويتم حذف أي طريق أو نشاط يكون حدث النهاية له هو الحدث رقم 1 أي حدث البداية و يتحدد لحدث البداية أو نقطة المصدر دائماً القيمة 0 بإعتبارها نقطة البدء .

**(الخطوة الثالثة )**

يتم تحديد أقصر طريق أو نشاط يقع تحت حدث البداية ونضعه داخل دائرة لتمييزه ثم نميز حدث النهاية لهذا الطريق بنجمة ونرفق بهذا الحدث قيمة تساوي طول أو تكلفة الطريق ثم بعد ذلك تحذف كل الطرق الأخرى التي يكون هذا الحدث هو حدث النهاية لها .

**(الخطوة الرابعة )**

إذا كان الحدث المميز بنجمة هو حدث النهاية نكون قد إنتهينا من الخطوات ، و إذا لم يكن كذلك تحدد كل الأحداث المميزة بنجوم والتي يوجد تحتها طرق أو أنشطة غير محاطة بدوائر وبالنسبة لكل حدث من هذه الأحداث نضيف القيمة المرفقة بكل حدث إلى قيمة أقصر طريق أو نشاط غير محاط بدائرة وموجود أسفل هذا الحدث ونختار الطريق الأصغر مجموع من بين هذه المجاميع .

**(الخطوة الخامسة )**

بعد إختيار الطريق الأصغر بين المجاميع نعيد نفس الخطوة رقم ( ٤ ) وهي أن نقوم بتمييز هذا الحدث بنجمة ونرفق به المسافة الخاصة به ثم نقوم بحذف الأحداث التي تنتهي بهذا الحدث.

**(الخطوة السادسة )**

نعيد تكرار هذه الخطوات حتى يصبح حدث النهاية المميز بنجمة هو حدث المصب وتكون أقصر مسافة هي القيمة المرافقة لحدث النهاية ويتم تحديد مسار أقصر طريق بشكل عكسي إبتداءً من حدث النهاية وذلك بإضافة كل الطرق المحاطة بدوائر إلى المسار والتي تتبع كل أحداث النهاية لها هذا المسار ." (عبدالفتاح، 2006)

## الفصل الثاني: أسلوب البرمجة الديناميكية

### أولاً: تعريف البرمجة الديناميكية (D.P) Dynamic Programming

قد يعتقد الكثيرون أن أسلوب البرمجة الديناميكية يختص لحل المشكلات التي يمثل الزمن أحد المتغيرات المكونة لها حيث أن كلمة ديناميكية تعني عدم السكون على مرور الوقت (الزمن)

وأن عامل الزمن من العوامل المهمة في تحديد صفة الديناميكية ولكن هذا غير صحيح لأن البرمجة الديناميكية بشكل دقيق هي التوصل إلى الحل الأمثل لمجموعة من المشكلات التي يتم فيها إتخاذ قرارات معينة والتي تتميز بتعدد المراحل ، ولقد أشير إلى البرمجة الديناميكية وذلك في مستهل المحاولات البحثية المتعلقة بها علـى أنها تلك البرمجة الخطية الإحتمالية (غير المؤكدة) أو مشكلات البرمجة الخطية التي تتعامل مع عدم التأكد ، وهي بذلك تغطي أحد أوجه القصور الأساسية في البرمجة الخطية وبرمجة الأهداف ذلك القصور المتمثل في عدم قدرة هذين النموذجين على التعامل مع ظروف الخطر وعدم التأكد. (هدى، 1983)

وقد أعتبر بعض الكتاب والمؤلفين أسلوب البرمجة الديناميكية أمتداداً لنموذج البرمجة الخطية المعتاد حيث يتم النظر إليه بإعتباره إجراء متكرراً يهدف للوصول إلى الحل الأمثل مرحلة بمرحلة حيث يتم إستخدام القرارات التي يتم الحصول عليها من المرحلة السابقة أي أن القرار الأمثل لا يتم من خلال مرحلة واحدة على حدة أو قرار واحد بل بناءً على مجموعة القرارات في كل مرحلة حيث يتم أستخدام مخرجات كل مرحلة كمدخلات للمرحلة التالية لها. (العطار، 1983)

أما في الأوقات الأكثر حداثة فإن "البرمجة الديناميكية قد تم تطويرها كأسلوب كمي يفيد في حل العديد من المشكلات التي تعجز عنها البرمجة الخطية وبرمجة الأهداف " (أحمد، 1991)

وتعرف أيضاً بأنها تقنية رياضية هامة في بحوث العمليات لحل مسائل القرارات متعددة المراحل و تهدف إلى إيجاد الأمثلية طبقا لمجموعة شروط ، وذلك بتجزئة المسألة الأصلية إلى مجموعة من المسائل الجزئية وربطها بعلاقة رياضية وإتباع أسلوب العلاقات التتابعية لكي يتم معالجتها وبما أن الحل الأمثل يستخرج لكل مسالة فرعية فإن الحل غير الأمثل يختفي بشكل أوتوماتيكي ومن خلال تحديد الحلول الفرعية لكل مرحلة للوصول إلى الحل الأمثل النهائي للمشكلة وتقديم الحل النهائي الأمثل لها.(Bertsekas, 1995)

وتعتبر البرمجة الديناميكية أسلوباً رياضياً تم تصميمه بإتخاذ سلسلة من القرارات بترتيب معين للوصول إلى السياسة المثلى بحيث تمكن الباحث من التوصل للقرارات المثلى للمرحلة المستقبلية بغض النظر عن القرارات السيئة التي تم إتخاذها في الماضي. (حسين، 1997)

ويمكن القول أن البرمجة الديناميكية ماهي إلا أسلوب لتنفيذ الخطة المثلى للوصول إلى أهداف معينة لمجموعة من المشاريع التي تخضع للعديد من التحديات ، وبعبارة أخرى طريقة لتحديد أكبر قدر من الكفاءة في الموارد الإنتاجية المحددة بين مختلف الحلول البديلة والمسئولة عن

تحديد الحلول المثلى للمشكلات وعلى هذا الأساس يمكن تعريفها على أنها طريقة تساعد في الوصول للحل الأمثل من بين العديد من الحلول البديلة. (الحمداني، 1999)

كما تم تعريفها بأنها أسلوب رياضي صمم في الأساس لرفع وزيادة الكفاءة الحسابية المتعلقة بالمشكلات متعددة المراحل وذلك من خلال تجزئة المشكلة الرئيسية لعدد من المشكلات الفرعية تسهيلاً لتناولها حسابيا. (Taha ,2011) Operations Research : (An Introduction)

كما يمكن تعريفها أنها " إحدى الطرق الرياضية في نمذجة المسائل والتي تهتم بإيجاد الحل الأمثل للمسائل التي يتميز كل منها بتعدد المراحل بحيث يسهل تجزئتها إلى مراحل متعددة ومترابطة وذلك عن طريق تحويل كل منها إلى عدة مسائل جزئية ومن ثم إيجاد الحل الأمثل الشرطي لكل مسألة جزئية على حدة، ثم يتقدم الحل من مرحلة إلى أخرى ، بحيث يكون القرار الذي يمكن إتخاذه في أي مرحلة لاحقة هو القرار الأمثل بصرف النظر عن نوعية القرار الذي تم إتخاذه في المرحلة الثانية ، وأخيراً نحصل على الحل المثالي للمسألة الكلية " . (شكري، 2015)

ومن هنا لا يجب النظر إلى أسلوب البرمجة الديناميكية على أنه أسلوب له قواعد محددة أو شكل نمطي واضح يتم إتباعه في حل كل المشكلات التي نتعرض لها ، بل أنه مدخل عام لحل المشكلات ذات المراحل المتعددة .

**ثانيا: أهم الخصائص الأساسية لأسلوب البرمجة الديناميكية:**

1- صفة الديناميكية المقترنة بأسلوب البرمجة الديناميكية لا تعني بالضرورة وجود عنصر الزمن كأحد متغيرات المشكلة محل الدراسة بل تعني التحرك في حل المشكلة عن طريق الإنتقال من مرحلة إلى أخرى طبقا لما تقتضيه طبيعتها ويتم ذلك من خلال علاقة كمية تسمى الدالة الإنتقالية Transition Function والتي تعمل على ربط العملية الكلية لإتخاذ القرار عند مرحلة ما بالمراحل الأخرى اللاحقة لها ، ولذلك يمكن إستخدام أسلوب البرمجة الديناميكية على المشكلات التي يكون عنصر الزمن أحد المتغيرات المهمة فيها كما يمكن إستخدامه في المشكلات التي لا يكون لعنصر الزمن أي أثر فيها على الإطلاق.

2- إن أحد الخصائص الهامة التى يتصف بها أسلوب البرمجة الديناميكية هي خاصية آحادية الإتجاه وإمكانية الحلول المرحلية وهي تعنى أن تطبيق أسلوب البرمجة الديناميكية يضمن زيادة مستمرة سواء بتخفيض أو تعظيم دالة الهدف عند الإنتقال من مشكلة فرعية إلى أخرى ، أي أن حل كل مشكلة فرعية يقترب بنا أكثر من الحل الأمثل للمشكلة ككل .

3- يستخدم أسلوب البرمجة الديناميكية في حل تلك المشاكل التي يمكن تقسيمها إلى مراحل متعددة Multi-Stages حيث يتم إتخاذ قرار في كل مرحلة وتكون المحصلة النهائية لهذه القرارات أفضل ما يمكن ، وهذه الخاصية تجعل هناك نقطة تلاقي في خطوات الحل بين أسلوب التجزئة لنموذج برمجة الأهداف وأسلوب البرمجة الديناميكية وإن كان أسلوب برمجة الأهداف لا يتخذ قرار عند كل مرحلة ولكن يتم تحقيق مثالية دالة هدف ما في المرحلة بما يؤدي في النهاية إلى الوصول إلى أكثر الحلول إرضاء .

4- يمتاز أسلوب البرمجة الديناميكية بمراعاته للتفاعلات والتداخلات بين المتغيرات على مدار الزمن كما أنه يأخذ في الإعتبار كافة الإحتمالات الممكنة الحدوث حاليا ومستقبلا مما يعني أنه يتعامل مع المشكلات الواقعية والتي تتصف غالبا بعدم التأكد .

5- تعد البرمجة الديناميكية مدخل يستخدم في إيجاد حل أمثل لكل مرحلة على حدة دون وجود طريقة حل شاملة تصلح لحل جميع المشاكل المتنوعة .

6- تهدف إلى تطبيق مبدأ الأمثلية وهذا المبدأ إعتمد عليه العالم ( بلمان ) عند تطويره لأسلوب البرمجة الديناميكية . (يوسف، 1979)

7- تعتبر أحد أساليب بحوث العمليات التي تتعامل مع المعادلات الخطية وغير الخطية بعد تمثيل معادلاتها في صورة دالية و هذا ما يطلق عليه دالة الهدف سواء بهدف تعظيم الربح أو بتخفيض التكاليف.

8- صعوبة صياغته في نموذج مجرد لذلك لا يوجد تصميم محدد لصياغته فالبرمجة الديناميكية ليست لها قواعد جامدة أو شكل نظامي يتبع في كل الحالات .

**ثالثا: أهم المزايا التى يتمتع بها أسلوب البرمجة الديناميكية:**

1- يتمتع أسلوب البرمجة الديناميكية بأنه يستطيع أن يتجاوز العقبات الرئيسية التي تواجه تقنيات الأمثلية إذ يمكنها التعامل مع الأنماط التالية من المسائل :

- المسائل غير الخطية
- المسائل ذات مناطق الحل غير المحدبة
- المسائل ذات المتغيرات المنفصلة (الذهني، 1996)

2- أسلوب البرمجة الديناميكية يهدف للوصول إلى الحل الأمثل للمشكلة أكثر من أي أسلوب أخر وتلك المرونة تمكن من تطبيقه على أنواع مختلفة من مشكلات البرمجة الرياضية .

3- عند إستخدام أسلوب البرمجة الديناميكية لابد من توفير بيانات إضافية لمتخذ القرار من تقويم مجموعة الحلول والبدائل الفرعية التي قد تترتب على المشكلة الأساسية أو تؤثر فيها ، وبالتالي يمكن حل كل مشكلة فرعية وتجميع كل الحلول المثلى لتمثل الحل الكلى والأمثل للمشكلة الأصلية .

4- كلما كانت المشكلة الأصلية أكثر تعقيداً وتعددت المراحل المكونة لها وزادت عدد المتغيرات التي تتضمنها كل مرحلة كلما أصبحت القيمة الإقتصادية للوفورات المترتبة على اتباع اسلوب البرمجة الديناميكية بدلا من الطريقة الحسابية المباشرة كبيرة .

5- "تساعد البيانات الناتجة عن إتباع أسلوب البرمجة الديناميكية عموماً في تسهيل إجراء اختبارات على الحل الأمثل الخاص بالمشكلة الأصلية لإكتشاف مدى حساسية هذا الحل للتغيرات المحتملة في كل متغيرات ومؤشرات المشكلة وأثر كل من هذه التغيرات على القيمة المثلى لدالة الهدف ، مع مراعاة أنه إذا كانت المشكلة لا تأخذ بطبيعتها الشكل التتابعي ، فإنه من المناسب من وجهة نظر الحل معالجتها كما لو كانت تأخذ الشكل التتابعي ". (محمد، 1990)

## خامساً: أنواع البرمجة الديناميكية ( Dynamic Programming Types )

تصنف البرمجة الديناميكية حسب درجة التأكد الناتج من كل قرار إلى نوعين وكالاتي:

**1- المشاكل ذات النهاية المحدودة أو غير العشوائية ( المشاكل الفرعية المنفصلة )**

**البرمجة الديناميكية المحددة Deterministic Dynamic Programming**

هذا النوع يتميز بأن الحالة في المرحلة اللاحقة تحدد بالحالة والقرار في المرحلة الحالية، وليست بمتغيرات عشوائية ويحدد العائد بكل دقة وتكون النتائج لكل جزء من المشكلة محددة بمعنى آخر أن عملية القرار المتعددة المراحل تكون مؤكدة ومحددة.

**2- المشاكل الإحتمالية النهائية ( المشاكل الفرعية المتصلة )**

**البرمجة الديناميكية الإحتمالية Probabilistic Dynamic Programming**

تختلف البرمجة الديناميكية الإحتمالية عن البرمجة الديناميكية المحددة في أن الحالة في المرحلة اللاحقة لا يتم تحديدها بالكامل من خلال قرار الحالة والسياسة المثلى في المرحلة الحالية وبدلا من ذلك هناك توزيع احتمالي لما ستكون عليه الحالة التالية ويكون هذا التوزيع الإحتمالى لايزال يتم تحديده بالكامل من خلال الحالة وقرار السياسة المثلى في المرحلة الحالية ويكون الهيكل الأساسي الناتج للبرمجة الديناميكية الإحتمالية يصف البرمجة بشكل تخطيطي.

**سادساً: أساليب حل البرمجة الديناميكية:**

هناك أسلوبان لحل البرمجة الديناميكية وهما :

**1- أسلوب الحسابات الأمامية:**

ويتم تحديد الحل الأمثل للمشكلة بإستعمال أسلوب الحسابات الأمامية فتبدأ السياسة المثلى من المرحلة الأولى ثم المراحل اللاحقة حتى نصل إلى المرحلة الأخيرة ، أو بمعنى أخر إذا تم ترقيم مراحل المسألة بإتجاه تصاعدي إبتداءً من اليسار إلى اليمين وكان العائد في كل مرحلة دالة في مخرجات هذه المرحلة سمى هذا الحل بالطريقة الأمامية.

**2- أسلوب الحسابات الخلفية:**

في أسلوب الحسابات الخلفية تبدأ السياسة المثلى من المرحلة الأخيرة وصولاً إلى المرحلة الأولى أي أنه بمقتضاها يبدأ البحث عن الحل الأمثل للمشكلة على مراحل تبدأ من نقطة النهاية ويستمر فحص البدائل في إتجاه عكسي حتى نصل إلى نقطة البداية وجدير بالذكر أن الأسلوبين يعطيان نفس النتائج .

## الفصل الثالث: إستخدام أسلوب نموذج أقصر طريق التقليدي وإستخدام البرمجة الديناميكية المحددة بإستخدام أسلوب الحسابات الأمامية في حل مشكلة أقصر طريق والمقارنة بين الأسلوبين.

تتطلب عملية اتخاذ القرار إستخدام الأساليب العلمية الحديثة التي من شأنها تحقيق ربحية عالية للمشروع من خلال خفض التكاليف ،وفي نفس الوقت انجاز المشروع بحسب الإمكانيات والموارد المخصصة للمشروع واحدى هذه المتطلبات هي توفير طريقة علمية لإعداد المشروع، واتخاذ القرار في كل مرحلة من مراحل تنفيذه ,وان اعتماد هذه الطريقة تؤدي إلى تعزيز مكانة المشروع وتطويره ، ومن أجل تطبيق اسلوب البرمجة الديناميكية تم اختيار شبكة الطرق داخل محافظة الشرقية وإختيار مدينة العاشر من رمضان كنقطة بداية بإعتبارها مدينة صناعية تقوم بتوزيع إنتاج مصانعها على باقي مراكز المحافظة ومحافظات ومدن جمهورية مصر العربية.

وتهدف الدراسة إلى الوصول لأقصر مسار داخل محافظة الشرقية يبدأ من مدينة العاشر من رمضان وينتهي بمدينة صان الحجر وذلك باستخدام أسلوب نماذج أقصر طريق التقليدي وأسلوب البرمجة الديناميكية والمقارنة بين الأسلوبين.

## أولاً: تقديم عن محافظة الشرقية:

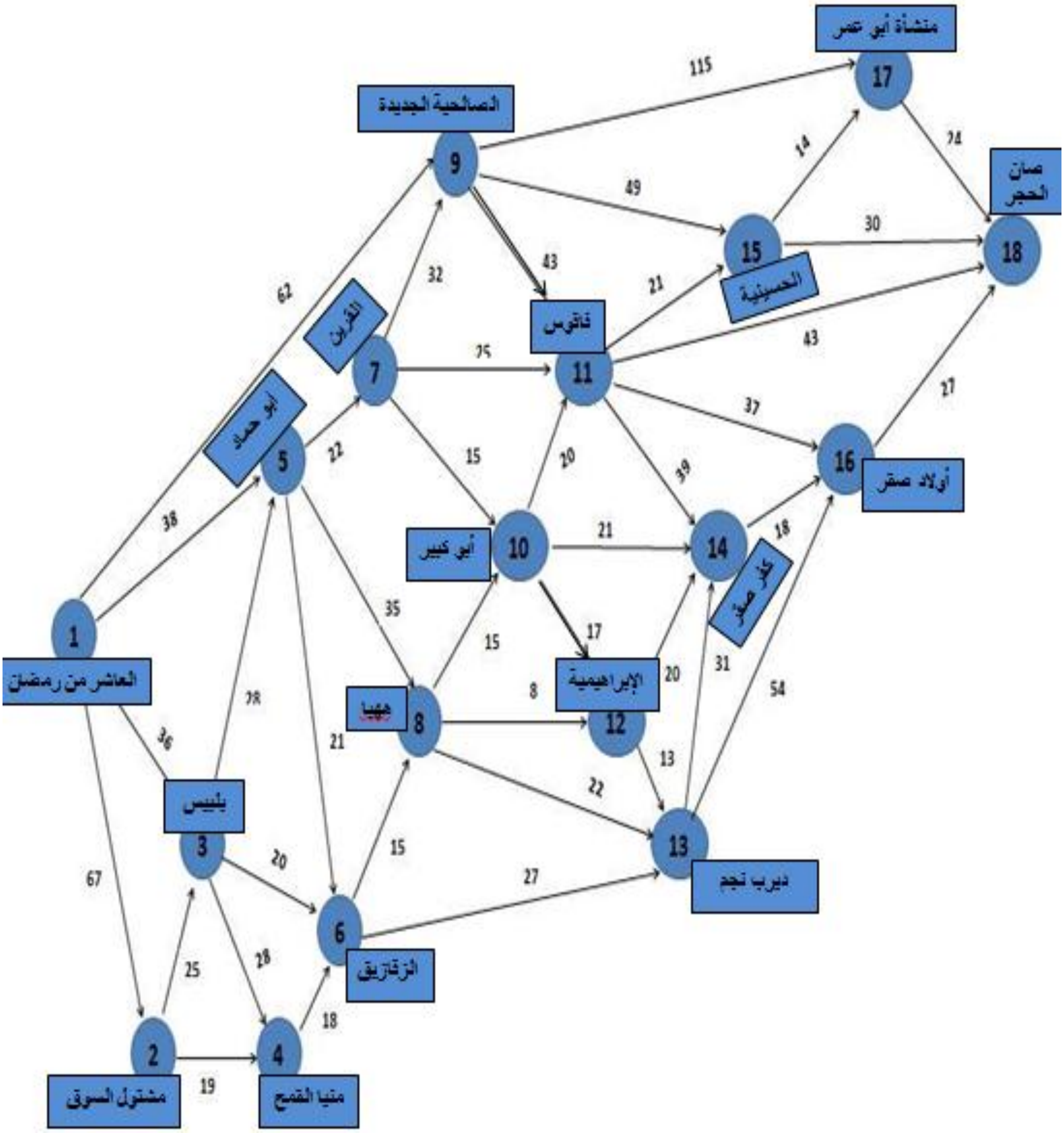
1- **الموقع** : تعتبر محافظة الشرقية إحدى محافظات الإقليم التخطيطى الثالث الذى يضم محافظات الإسماعيلية - السويس - بورسعيد - جنوب سيناء - شمال سيناء و تعتبر محافظة الشرقية ثالث محافظة فى تعداد السكان على مستوى الجمهورية بعد محافظتي القاهرة ، والجيزة حيث يبلغ عدد سكانها التقديرى (8) مليون نسمه تقريباً بالمغتربين .

2- **المساحة** : تبلغ مساحة محافظة الشرقية 4911 كم2 مايعادل 1072470 مليون فدان وهى ثانى أكبرمحافظة على مستوى الجمهورية من حيث المساحة الزراعية.

3- **التقسيم الإداري :** تضم محافظة الشرقية عدد (6) مدن وعدد (2) حي وعدد (13) مركز.

## ثانياً: التخطيط لحل المشكلة :

من خلال البيانات التي حصلنا عليها من مديرية الطرق والنقل والهيئة العامة للطرق والكباري وتم رسم شبكة الطرق بين مراكز ومدن محافظة الشرقية كما بالشكل (2) تبدأ من مدينة العاشر من رمضان وتنتهي بمدينة صان الحجر كالآتي:




## ثالثاً: خطوات حل المشكلة :

### أ- حل المشكلة بأسلوب نموذج أقصر طريق التقليدي:

**(الخطوة الأولى )**

إعداد جدول( 1 ) ونضع كل نشاط ( طريق ) أمام حدث البداية الخاص به ونميز حدث البداية (مدينة رقم 1) بنجمة ونرفق به القيمة 0 .

**جدول (1)**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1* [0] | (1-3 )=36 | (1-5 )=38 | (1-9 )=62 | (1-2 )=67 |
| 2 | (2-4 )=19 | (2-3 )=25 | — | — |
| 3 | (3-6 )=20 | (3-4 )=28 | (3-5 )= 28 | — |
| 4 | (4-6 )=18 | — | — | — |
| 5 | (5-6 )=21 | (5-7 )=22 | (5-8 )=35 | — |
| 6 | (6-8 )=15 | (6-13 )=27 | — | — |
| 7 | (7-10 )=15 | (7-11 )=25 | (7-9 )=32 | — |
| 8 | (8-12 )=8 | (8-10 )=15 | (8-13 )=22 | — |
| 9 | (9-11 )=43 | (9-15 )=49 | (9-17 )=115 | — |
| 10 | (10-12 )=17 | (10-11 )=20 | (10-14 )=21 | — |
| 11 | (11-15 )=21 | (11-16 )=37 | (11-14 )=39 | (11-18 )=43 |
| 12 | (12-13 )=13 | (12-14 )=20 | — | — |
| 13 | (13-14 )=31 | (13-16 )=54 | — | — |
| 14 | (14-16 )=18 | — | — | — |
| 15 | (15-17 )=14 | (15-18 )=30 | — | — |
| 16 | (16-18 )=27 | — | — | — |
| 17 | (17-18 )=24 | — | — | — |
| 18 | — | — | — | — |

**(الخطوة الثانية)**

من الجدول (1) نلاحظ أن أقصر طريق أمام الحدث 1 هو الطريق (3-1) ، لذلك يحاط الطريق (3-1) بدائرة ثم نميز الحدث 3 بنجمة ونرفق به طول هذا الطريق وهو القيمة 36 ثم نحذف من الجدول (1) كل الطرق الأخرى التي يكون حدث النهاية لها هو الحدث 3 ، لذلك سيتم حذف الطريق (3-2) الموجود أمام الحدث 2 ونحصل على الجدول التالي :

**جدول (2)**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1* [0] | (1-3 )=36 | (1-5 )=38 | (1-9 )=62 | (1-2 )=67 |
| 2 | (2-4 )=19 | — | — | — |
| 3* [36] | (3-6 )=20 | (3-4 )=28 | (3-5 )= 28 | — |
| 4 | (4-6 )=18 | — | — | — |
| 5 | (5-6 )=21 | (5-7 )=22 | (5-8 )=35 | — |
| 6 | (6-8 )=15 | (6-13 )=27 | — | — |
| 7 | (7-10 )=15 | (7-11 )=25 | (7-9 )=32 | — |
| 8 | (8-12 )=8 | (8-10 )=15 | (8-13 )=22 | — |
| 9 | (9-11 )=43 | (9-15 )=49 | (9-17 )=115 | — |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **10** | **(10-12 )=17** | **(10-11 )=20** | **(10-14 )=21** | **—** |
| **11** | **(11-15 )=21** | **(11-16 )=37** | **(11-14 )=39** | **(11-18 )=43** |
| **12** | **(12-13 )=13** | **(12-14 )=20** | **—** | **—** |
| **13** | **(13-14 )=31** | **(13-16 )=54** | **—** | **—** |
| **14** | **(14-16 )=18** | **—** | **—** | **—** |
| **15** | **(15-17 )=14** | **(15-18 )=30** | **—** | **—** |
| **16** | **(16-18 )=27** | **—** | **—** | **—** |
| **17** | **(17-18 )=24** | **—** | **—** | **—** |
| **18** | **—** | **—** | **—** | **—** |

**(الخطوة الثالثة)**

حيث أن آخر حدث مميز بنجمة ليس هو الحدث 18 والذي يمثل حدث النهاية بالشبكة ، لذلك يتم الإنتقال إلى الخطوة الرابعة.

**(الخطوة الرابعة)**

تتضمن هذة الخطوة عادة عدد من الجولات على النحو التالي :

**الجولة الأولى :**

في الجدول (2) الأحداث المميزة بنجوم هما الحدثان 1 , 3 لذلك يتم جمع القيمة المرفقة بكل حدث من هذين الحدثين مع قيمة أقصر طريق غير محاط بدائرة أسفل الحدث كالآتي :

الحدث 1 :

القيمة المرفقة بالحدث 1 + طول الطريق (1-5)

0 + 38 = 38

الحدث 3 :

القيمة المرفقة بالحدث 3 + طول الطريق (3-6)

36 + 20 = 56

وحيث أن 38 هي القيمة الأقل ( المجموع الأصغر) ، لذلك يميز الحدث 5 بنجمة وترفق به القيمة 38 ثم يحاط الطريق (1-5) بدائرة ، ويحذف من الجدول ( 2) كل الطرق الأخرى التي يكون حدث النهاية لها هو الحدث 5 لذلك يتم حذف الطريق (3-5) الموجود أمام الحدث 3 ونحصل على الجدول التالي :

**جدول (3)**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **1* [0]** | **(1-3 )=36** | **(1-5 )=38** | **(1-9 )=62** | **(1-2 )=67** |
| **2** | ~~**(2-4 )=19**~~ | — | — | — |
| **3* [36]** | **(3-6 )=20** | **(3-4 )=28** | — | — |
| **4** | **(4-6 )=18** | — | — | — |
| **5* [38]** | **(5-6 )=21** | **(5-7 )=22** | **(5-8 )=35** | — |
| **6** | **(6-8 )=15** | **(6-13 )=27** | — | — |
| **7** | **(7-10 )=15** | **(7-11 )=25** | **(7-9 )=32** | — |
| **8** | **(8-12 )=8** | **(8-10 )=15** | **(8-13 )=22** | — |
| **9** | **(9-11 )=43** | **(9-15 )=49** | **(9-17 )=115** | — |
| **10** | **(10-12 )=17** | **(10-11 )=20** | **(10-14 )=21** | — |
| **11** | **(11-15 )=21** | **(11-16 )=37** | **(11-14 )=39** | **(11-18 )=43** |
| **12** | **(12-13 )=13** | **(12-14 )=20** | — | — |
| **13** | **(13-14 )=31** | **(13-16 )=54** | — | — |
| **14** | **(14-16 )=18** | — | — | — |
| **15** | **(15-17 )=14** | **(15-18 )=30** | — | — |
| **16** | **(16-18 )=27** | — | — | — |
| **17** | **(17-18 )=24** | — | — | — |
| **18** | — | — | — | — |

**الجولة الثانية :**

من الجدول (3) يلاحظ أن الأحداث التي تم تمييزها بنجوم هي الأحداث 1, 3 ,5 ، حيث يتم جمع القيمة المرفقة بكل حدث من هذه الأحداث مع قيمة أقصر طريق غير محاط بدائرة أمام هذا الحدث كالآتي:

الحدث 1 : القيمة المرفقة بالحدث 1 + طول الطريق (1-9)

62 = 62 + 0

الحدث 3 : القيمة المرفقة بالحدث 3 + طول الطريق (3-6)

56 = 20 + 36

الحدث 5 : القيمة المرفقة بالحدث 5 + طول الطريق (5-6)

59 = 21 + 38

وحيث أن 56 هي القيمة الأقل لذلك يميز الحدث 6 بنجمة وترفق له القيمة 56 ثم يحاط الطريق (3-6) بدائرة ويحذف كل الطرق الأخرى التي يكون حدث النهاية لها الحدث 6 ، لذلك يتم حذف الطريق (4-6) ، (5-6) كما يتضح في الجدول (4) .

**جدول (4)**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1* [0] | (1-3 )=36 | (1-5 )=38 | (1-9 )=62 | (1-2 )=67 |
| 2 | (2-4 )=19 | — | — | — |
| 3* [36] | (3-6 )=20 | (3-4 )=28 | — | — |
| 4 | — | — | — | — |
| 5* [38] | (5-6 )=21 | (5-7 )=22 | (5-8 )=35 | — |
| 6* [56] | (6-8 )=15 | (6-13 )=27 | — | — |
| 7 | (7-10 )=15 | (7-11 )=25 | (7-9 )=32 | — |
| 8 | (8-12 )=8 | (8-10 )=15 | (8-13 )=22 | — |
| 9 | (9-11 )=43 | (9-15 )=49 | (9-17 )=115 | — |
| 10 | (10-12 )=17 | (10-11 )=20 | (10-14 )=21 | — |
| 11 | (11-15 )=21 | (11-16 )=37 | (11-14 )=39 | (11-18 )=43 |
| 12 | (12-13 )=13 | (12-14 )=20 | — | — |
| 13 | (13-14 )=31 | (13-16 )=54 | — | — |
| 14 | (14-16 )=18 | — | — | — |
| 15 | (15-17 )=14 | (15-18 )=30 | — | — |
| 16 | (16-18 )=27 | — | — | — |
| 17 | (17-18 )=24 | — | — | — |
| 18 | — | — | — | — |

**الجولة الثالثة :**

في الجدول (4) الأحداث المميزة بنجوم هي الأحداث 1 , 3 , 5 , 6 ونكرر بالنسبة لهذه الأحداث ما تم عمله في الجولات السابقة كالآتي :

الحدث 1 : القيمة المرفقة بالحدث 1 + طول الطريق (1-9)

62 = 62 + 0

الحدث 3 : القيمة المرفقة بالحدث 3 + طول الطريق (3-4)

64 = 28 + 36

الحدث 5 : القيمة المرفقة بالحدث 5 + طول الطريق (5-7)

60 = 22 + 38

الحدث 6 : القيمة المرفقة بالحدث 6 + طول الطريق (6-8)

71 = 15 + 56

وحيث أن 60 هي القيمة الأقل لذلك يميز الحدث 7 بنجمة وترفق له القيمة 60 ، ثم يحاط الطريق (5-7) بدائرة ، ويحذف كل الطرق الأخرى التي يكون حدث النهاية لها الحدث 7 وفي الجدول (4) لا يوجد طرق حدث النهاية لها الحدث 7 يمكن حذفه ونستمر في هذة الجولات حتى

نصل إلى الجولة السابعة عشر والأخيرة لتصبح الأحداث المميزة بنجوم ويوجد أمامها طرق هي الأحداث 11 , 15 , 16 , 17 ونكرر بالنسبة لهذه الأحداث ما تم عمله في الجولات السابقة كالآتي:

الحدث 11 : القيمة المرفقة بالحدث 11 + طول الطريق (11-18)

128 = 43 + 85

الحدث 3 : القيمة المرفقة بالحدث 15 + طول الطريق (15-18)

136 = 30 + 106

الحدث 16 : القيمة المرفقة بالحدث 16 + طول الطريق (16-18)

141 = 27 + 114

الحدث 17 : القيمة المرفقة بالحدث 17 + طول الطريق (17-18)

144 = 24 + 120

وحيث أن 128 هي القيمة الأقل لذلك يميز الحدث 18 بنجمة وترفق له القيمة 128 ثم يحاط الطريق (11-18) بدائرة ويحذف كل الطرق الأخرى التي يكون حدث النهاية لها الحدث 18 كما يتضح في الجدول (5)

**جدول (5)**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **1* [0]** | **(1-3 )=36** | **(1-5 )=38** | **(1-9 )=62** | **(1-2 )=67** |
| **2* [67]** | — | — | — | — |
| **3* [36]** | **(3-6 )=20** | **(3-4 )=28** | — | — |
| **4* [64]** | — | — | — | — |
| **5* [38]** | — | **(5-7 )=22** | — | — |
| **6* [56]** | **(6-8 )=15** | **(6-13 )=27** | — | — |
| **7* [60]** | **(7-10 )=15** | **(7-11 )=25** | — | — |
| **8* [71]** | **(8-12 )=8** | — | — | — |
| **9* [62]** | — | — | — | — |
| **10* [75]** | — | — | **(10-14 )=21** | — |
| **11* [85]** | **(11-15 )=21** | — | — | **(11-18 )=43** |
| **12* [79]** | — | — | — | — |
| **13* [83]** | — | — | — | — |
| **14* [96]** | **(14-16 )=18** | — | — | — |
| **15* [106]** | **(15-17 )=14** | — | — | — |
| **16* [114]** | — | — | — | — |
| **17* [120]** | — | — | — | — |
| **18* [128]** | — | — | — | — |

حيث أن جميع أحداث الشبكة قد تم تمييزها بنجوم ننتقل إلى الخطوة الخامسة .

**(الخطوة الخامسة )**

طول أقصر طريق من حدث البداية رقم 1 وحدث النهاية رقم 18 هو عبارة عن القيمة المرفقة بحدث النهاية رقم 18 وتساوي 128 كيلو متر فيكون أقصر طريق من الحدث 1حتى الحدث 18 هو (18-11) , ( 11-7 ) , ( 7-5 ) , ( 5-1 ) وطوله يساوي 128 كيلو متر .

وكما يتضح أن إستخدام نموذج أقصر طريق لتحديد الطريق الأقصر طولاً أو زمناً أو تكلفة في الشبكات كبيرة الحجم وكثيفة الأنشطة سوف تكون معقدة ومرهقة حسابياً ، مما حدا بالباحثة إلى البحث عن إستخدام أسلوب البرمجة الديناميكية لحل المشكلة السابقة .

## ب-حل المشكلة بأسلوب البرمجة الديناميكية:

### صياغة المشكلة رياضيا :

لكي نبدأ بحل المشكلة لابد أن نقسم الشبكة إلى عدد(n) من المراحل ونقوم بإيجاد الحل الأمثل على مستوى كل مرحلة وكل مرحلة تعتمد على الحل الأمثل للمرحلة السابقة وينقوم بصياغة المعادلة التكرارية التي سيتم إستخدامها داخل كل مرحلة كالآتي :

نفرض أن

هي أقصر مسافة للعقدة $x_i$ في المرحلة $i$ $\qquad f_i(x_i)$

ونحدد

هي عبارة عن المسافة بين العقدة $( x_{i-1} )$ إلى العقدة $x_i$ $\qquad d\,( x_{i-1}\,, x_i ) :$

وبعد ذلك يتم حساب الحل الأمثل $f_i$ للعقدة $x_i$ في المرحلة $i$ من خلال الحل الأمثل للمرحلة السابقة $f_{i-1}$ للعقدة $x_{i-1}$ في المرحلة $i-1$ بإستخدام المعادلة التكرارية :

$$f_i(x_i) = \min_{\substack{all\ feasible\ (x_{i-1}\,,x_i)\\ routes}} \{\, d\,( x_{i-1}\,, x_i\,) + f_{i-1}\,( x_{i-1}\,)\} \qquad (1)$$

**حل المشكلة للعثور على أقصر طريق :**

أولا :

تم تقسيم الشبكة لعدد خمس مراحل (n=6) وبإستخدام أسلوب الحسابات الأمامية تكون هذة المراحل كالآتي :

1- المرحلة الأولى تحتوي على أربع عقد نهاية ( 2,3,5,9)

2- المرحلة الثانية تحتوي على ثلاث عقد نهاية (4,6,7)

3- المرحلة الثالثة تحتوي على ثلاث عقد نهاية (8,10,11)

4- المرحلة الرابعة تحتوي على أربع عقد نهاية ( 12,13,14,15)

5- المرحلة الخامسة تحتوي على عقدتين نهاية (16,17)

6- المرحلة السادسة والأخيرة وتحتوي على عقدة نهاية واحدة وهي عقدة النهاية ( 18)

وللعثور على أقصر طريق يصل للعقدة داخل كل مرحلة يتم إستخدام المعادلة التكرارية رقم (1) .

**المرحلة الأولى**

تحتوي على أربع عقد نهاية ( 2,3,5,9)

$$f_1(x_1) = \min_{\substack{all\ feasible\ (x_0,x_1) \\ routes}} \{ d(x_0, x_1) + f_0(x_0) \} \qquad (2)$$

where $f_0(x_0) = 0$

$$f_1(x_1) = \min_{\substack{all\ feasible\ (x_0,x_1) \\ routes}} d(x_0, x_1) \qquad (3)$$

من المعادلة رقم (3) نستنتج أن الحل الأمثل ( أقصر طريق ) في هذة المرحلة هو أقصر الطرق المؤدية للعقد (2,3,5,9)

1-2= 67 Shortest distance to node 2 = 67 km,

1-3=36 Shortest distance to node 3 = 36 km,

1-5=38 Shortest distance to node 5 = 38 km, 1-9=62

Shortest distance to node 9 = 62 km,

**المرحلة الثانية**

تحتوي على ثلاثة عقد نهاية وهم ( 4,6,7 )

$$f_2(x_2) = \min_{\substack{all\ feasible\ (x_1,x_2) \\ routes}} \{ d(x_1, x_2) + f_1(x_1) \} \qquad (4)$$

$$\begin{bmatrix}\text{shortest}\\ \text{distance to node 4}\end{bmatrix} = \min_{i=2,3}\left\{\begin{bmatrix}\text{shortest}\\ \text{distance to node i}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{distance}\\ \text{from node i to node 4}\end{bmatrix}\right\}$$

$$= \min\begin{Bmatrix}67+19=86\\ 36+28=64\end{Bmatrix} = \ 64 \quad (\text{ from node } \ 3 \ )$$

$$\begin{bmatrix}\text{shortest}\\ \text{distance to node 6}\end{bmatrix} = \min_{i=3,4,6}\left\{\begin{bmatrix}\text{shortest}\\ \text{distance to node i}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{distance}\\ \text{from node i to node 6}\end{bmatrix}\right\}$$

$$= \min\begin{Bmatrix}36+20=56\\ 64+18=82\\ 38+21=59\end{Bmatrix} = \ 56 \quad (\text{ from node } \ 3 \ )$$

$$\begin{bmatrix}\text{shortest}\\ \text{distance to node 7}\end{bmatrix} = \min_{i=5}\left\{\begin{bmatrix}\text{shortest}\\ \text{distance to node i}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{distance}\\ \text{from node i to node 7}\end{bmatrix}\right\}$$

$$= \min\{38+22\} = \ 60 \quad (\text{ from node } \ 5 \ )$$

**المرحلة الثالثة**

تحتوي على عقد نهاية (8,10,11)

$$f_3(x_3) = \min_{\substack{all\ feasible\ (x_2,x_3)\\ routes}} \{\ d(x_2, x_3) + f_2(x_2)\ \} \qquad (5)$$

$$\begin{bmatrix}\text{shortest}\\ \text{distance to node 8}\end{bmatrix} = \min_{i=5,6}\left\{\begin{bmatrix}\text{shortest}\\ \text{distance to node i}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{distance}\\ \text{from node i to node 8}\end{bmatrix}\right\}$$

$$= \min\begin{Bmatrix}38+35=73\\ 56+15=71\end{Bmatrix} = \ 71 \quad (\text{ from node } \ 6 \ )$$

$$\begin{bmatrix}\text{shortest}\\ \text{distance to node 10}\end{bmatrix} = \min_{i=7,8}\left\{\begin{bmatrix}\text{shortest}\\ \text{distance to node i}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{distance}\\ \text{from node i to node 10}\end{bmatrix}\right\}$$

$$= \min\begin{Bmatrix}60+15=75\\ 71+15=86\end{Bmatrix} = \ 75 \quad (\text{ from node } \ 7 \ )$$

$$\begin{bmatrix}\text{shortest}\\ \text{distance to node 11}\end{bmatrix} = \min_{i=7,9,10}\left\{\begin{bmatrix}\text{shortest}\\ \text{distance to node i}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{distance}\\ \text{from node i to node 11}\end{bmatrix}\right\}$$

$$= \min \begin{Bmatrix} 60+25=85 \\ 62+43=105 \\ 75+20=95 \end{Bmatrix} = 85 \quad (\text{ from node } 7 \text{ })$$

**المرحلة الرابعة**

تحتوي على أربع عقد نهاية (12,13,14,15)

$$f_4(x_4) = \min_{\substack{all\ feasible\ (x_3, x_4) \\ routes}} \{ d(x_3, x_4) + f_3(x_3) \} \qquad (6)$$

$$\begin{bmatrix} \text{shortest} \\ \text{distance to node 12} \end{bmatrix} = \min_{i=8,10} \left\{ \begin{bmatrix} \text{shortest} \\ \text{distance to node i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{distance} \\ \text{from node i to node 12} \end{bmatrix} \right\}$$

$$= \min \begin{Bmatrix} 71+8=79 \\ 75+17=92 \end{Bmatrix} = 79 \quad (\text{ from node } 8 \text{ })$$

$$\begin{bmatrix} \text{shortest} \\ \text{distance to node 13} \end{bmatrix} = \min_{i=6,8,12} \left\{ \begin{bmatrix} \text{shortest} \\ \text{distance to node i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{distance} \\ \text{from node i to node 13} \end{bmatrix} \right\}$$

$$= \min \begin{Bmatrix} 56+27=83 \\ 71+22=93 \\ 79+13=92 \end{Bmatrix} = 83 \quad (\text{ from node } 6 \text{ })$$

$$\begin{bmatrix} \text{shortest} \\ \text{distance to node 14} \end{bmatrix}$$
$$= \min_{i=10,11,12,13} \left\{ \begin{bmatrix} \text{shortest} \\ \text{distance to node i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{distance} \\ \text{from node i to node 14} \end{bmatrix} \right\}$$

$$= \min \begin{Bmatrix} 75+21=96 \\ 85+39=124 \\ 79+20=99 \\ 83+31=114 \end{Bmatrix} = 96 \quad (\text{ from node } 10 \text{ })$$

$$\begin{bmatrix} \text{shortest} \\ \text{distance to node 15} \end{bmatrix} = \min_{i=9,11} \left\{ \begin{bmatrix} \text{shortest} \\ \text{distance to node i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{distance} \\ \text{from node i to node 15} \end{bmatrix} \right\}$$

$$= \min \begin{Bmatrix} 62+49=111 \\ 85+21=106 \end{Bmatrix} = 106 \quad (\text{ from node } 11 \text{ })$$

**المرحلة الخامسة**

تحتوي على عقدتين نهاية (16,17)

$$f_5(x_5) = \min_{\substack{all\ feasible\ (x_4, x_5)\\ routes}} \{ d(x_4, x_5) + f_4(x_4) \} \qquad (7)$$

$$\begin{bmatrix} \text{shortest} \\ \text{distance to node 16} \end{bmatrix} = \min_{i=11,13,14} \left\{ \begin{bmatrix} \text{shortest} \\ \text{distance to node i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{distance} \\ \text{from node i to node 16} \end{bmatrix} \right\}$$

$$= \min \begin{Bmatrix} 85 + 37 = 122 \\ 83 + 54 = 137 \\ 96 + 18 = 114 \end{Bmatrix} = 114 \quad (\text{ from node } 14 \text{ })$$

$$\begin{bmatrix} \text{shortest} \\ \text{distance to node 17} \end{bmatrix} = \min_{i=9,15} \left\{ \begin{bmatrix} \text{shortest} \\ \text{distance to node i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{distance} \\ \text{from node i to node 17} \end{bmatrix} \right\}$$

$$= \min \begin{Bmatrix} 62 + 110 = 172 \\ 106 + 14 = 120 \end{Bmatrix} = 120 \quad (\text{ from node } 15 \text{ })$$

**المرحلة السادسة**

المرحلة السادسة والأخيرة وتحتوي على عقدة نهاية واحدة وهي نهاية المسار عقدة النهاية (18)

$$f_6(x_6) = \min_{\substack{all\ feasible\ (x_5, x_6)\\ routes}} \{ d(x_5, x_6) + f_5(x_5) \} \qquad (8)$$

$$\begin{bmatrix} \text{shortest} \\ \text{distance to node 18} \end{bmatrix} = \min_{i=11,15,16,17} \left\{ \begin{bmatrix} \text{shortest} \\ \text{distance to node i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{distance} \\ \text{from node i to node 18} \end{bmatrix} \right\}$$

$$= \min \begin{Bmatrix} 85 + 43 = 128 \\ 106 + 30 = 136 \\ 114 + 27 = 141 \\ 120 + 24 = 144 \end{Bmatrix} = 128 \quad (\text{ from node } 11 \text{ })$$

ليصبح أقصر مسار بالشبكة هو 1-5-7-11-18 ويساوي 128 كم

**د- العثور على أقصر مسار للشبكة بإستخدام برنامج**

**Quantitative Systems for Business(QSB)**

تم إستخدام برنامج Quantitative Systems for Business للعثور على أقصر مسار داخل الشبكة محل الدراسة والنوافذ الخاصة بالنتائج المتحصل عليها هي:

قائمة النتائج solution summary

Dynamic Programming

File Format Results Utilities Window Help

Solution for محافظة الشرقية: Stagecoach-Shortest Route Problem

| 02-22-2024 Stage | From Input State | To Output State | Distance | Cumulative Distance | Distance to Node18 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Node1 | Node5 | 38 | 38 | 128 |
| 2 | Node5 | Node7 | 22 | 60 | 90 |
| 3 | Node7 | Node11 | 25 | 85 | 68 |
| 4 | Node11 | Node18 | 43 | 128 | 43 |
| | From Node1 | To Node18 | Min. Distance | = 128 | CPU = 0 |

وقائمة تفاصيل الحل solution detail

Dynamic Programming

File Format Results Utilities Window Help

Solution Steps for محافظة الشرقية: Stagecoach-Shortest Route Problem

| 02-22-2024 00:11:34 | Stage | From Input State | To Output State | Distance | Distance to Node18 | Status |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Node1 | Node5 | 38 | 128 | Optimal |
| 2 | 1 | Node8 | Node12 | 8 | 73 | |
| 3 | 2 | Node5 | Node7 | 22 | 90 | Optimal |
| 4 | 2 | Node12 | Node14 | 20 | 65 | |
| 5 | 2 | Node13 | Node14 | 31 | 76 | |
| 6 | 3 | Node7 | Node11 | 25 | 68 | Optimal |
| 7 | 3 | Node9 | Node15 | 49 | 79 | |
| 8 | 3 | Node10 | Node11 | 20 | 63 | |
| 9 | 3 | Node14 | Node16 | 18 | 45 | |
| 10 | 4 | Node11 | Node18 | 43 | 43 | Optimal |
| 11 | 4 | Node15 | Node18 | 30 | 30 | |
| 12 | 4 | Node16 | Node18 | 27 | 27 | |
| 13 | 4 | Node17 | Node18 | 24 | 24 | |
| | From Node1 | To Node18 | Minimum | Distance = | 128 | CPU = 0 |

ويظهر من خلالها أقصر مسار داخل الشبكة 18-11-7-5-1 ويساوي 128 كم .

## النتائج والتوصيات:

بعد أن تم إستخدام أسلوبي البرمجة الديناميكية المحددة و شبكات أقصر طريق لحل مشكلة البحث عن أقصر الطرق التي يجب إستخدامها من بين شبكة الطرق داخل محافظة الشرقية والتي تربط بين مدينة العاشر من رمضان ومدينة صان الحجر وبتحليل النتائج المتحصل عليها من الأسلوبين يتبين لنا النتائج والتوصيات الآتية :

### أولاً: النتائج :

بالنظر إلى الحل التقليدي لأسلوبين نرى أنه بإستخدام أسلوب شبكات أقصر طريق تم التوصل إلى أقصر مسار داخل الشبكة وذلك من خلال خمس مراحل (خطوات) للحل وسبعة عشر جولة مما يوضح عيوب هذا الأسلوب وأهمها :

1- كثرة خطوات الحل وتعقيدها مما يجعلها غير عملية ومرهقة للباحثين.

2- تعطي حل أمثل (طريق ) واحد فقط للشبكة ولا تعطي أي حلول بديلة أخرى للشبكة مما يجعلها ليست الطريقة الأفضل لدى متخذي القرار لأنها تنظر فقط لمسافة الطريق دون النظر إلى معوقاته .

3- يصعب إستخدامها في الشبكات كبيرة الحجم وكثيفة الأنشطة .

أما بالنسبة لإستخدام أسلوب البرمجة الديناميكية المحددة يتم الوصول لأقصر مسار داخل الشبكة في خمس مراحل (خطوات) فقط ولا يوجد أي جولات ونجد أن من مميزات هذا الأسلوب هي :

1- أنه يوجد حل أمثل عند كل مرحلة مما يجعل أسلوب البرمجة الديناميكية هو الأسلوب الأفضل للحل في الشبكات كبيرة الحجم وكثيفة الأنشطة .

2- يعطي حلول بديلة أخرى للشبكة في حالة وجود أي معوقات .

**3-** سهولة الوصول للحل بإستخدام برامج الحاسب الآلي .

### ثانياً: التوصيات :

بناءً على الدراسة والنتائج التي سبق ذكرها يوصي الباحث بما يلي:

**1-** إستخدام أسلوب البرمجة الديناميكية لتميزها بالبساطة إلى جانب أنها تعطينا العديد من الحلول المثلى على مستوى كل مرحلة **.**

2- إستخدام الباحثون هذة الطريقة في ابحاثهم لدقتها وسهولة تطبيقها في التوصل إلى حل المشاكل .

3- الإستعانة بالمخطط الشبكي والبرمجة الديناميكية في دراسة مشاكل أخرى ذات صلة بالموضوع مثال إيجاد المسار الحرج .

4- الإهتمام بتطوير الطرق الحديثة والتي من شأنها حل المشاكل ومعالجة المعوقات التي تواجه المشاريع الإقتصادية والإنتاجية .

5- إن الدور الهام لأساليب بحوث العمليات الذي يؤديه ومنها اسلوب البرمجة الديناميكية لابد للمنشأت ذات العلاقة تشكيل مراكز متخصصة في إدارة العمليات من أجل إعداد النماذج المطلوبة للإستفادة منها في التطبيق والبحوث .

# قائمة المـراجـع

## أولا: المراجع العربية:


- إبراهيم موسى عبدالفتاح ، (2006)، " **مقدمة في بحوث العمليات نماذج وتطبيقات**" ، المكتبة العلمية الزقازيق.
- أبو بكر عبدالعزيز محمد ، (1990) ، " **الاستخدام المحاسبي للبرمجة الديناميكية في تحديد أفضل تشكيلة للمنتجات المشتركة بالتطبيق على منتجات صناعة الألبان** " ، كلية التجارة جامعة القاهرة .
- أحمد حسين على حسين ، (1997) ، " **مقدمة في بحوث العمليات**" ، دار المريخ للنشر، المملكة العربية السعودية .
- أحمد عبدالحميد زقزوق ، (2010)، " **حل مشكلة المسار الأقصر ذات القيود المبهمة بإستخدام منهجية مستعمرة النمل** "، معهد الدراسات والبحوث الإحصائية بالقاهرة.
- إكرام بن على ، فاطمة تينيلان، (2020)، " **إستخدام نماذج شبكات الأعمال الحديثة في تخطيط ومراقبة المشاريع** " ، جامعة أحمد دراية - أدرار.
- جمال عبد العزيز صابر، (2009) ، " **بحوث العمليات في المحاسبة**" ، كلية التجارة جامعة القاهرة .
- حامد سعد النور الشمرتي، (2007) ، " **مدخل إلى بحوث العمليات** "، دار المجدلاوي للنشر.
- عابد علي ، (2011) ، " **دور التخطيط والرقابة في إدارة المشاريع بإستخدام التحليل الشبكي**" ، جامعة تلمسان بالجزائر.
- قازي اول محمد شكري، (2015) ، " **فعالية استخدام البرمجة الديناميكية في عملية اتخاذ قرار إدارة المخزون – مشروع بناء سد شركة SEROR**" ، جامعة أبي بكر بلقايد.
- محمد سالم الصفدي ، (1999) ، " **بحوث العمليات تطبيق و خوارزمية** " ، دار وائل للنشر عمان.

- محمد سليمان هدى ، (1983) ، " **بحوث العمليات وتطبيقاتها في قطاع النقل البحري"** ، دار الجامعات المصرية الأسكندرية.
- محمد صبري العطار، (1983) ،" **الاستخدامات المحاسبية لنموذج البرمجة الديناميكية"** ، المجلة العلمية للإقتصاد والتجارة كلية التجارة جامعة عين شمس القاهرة .
- محمد عبدالعال النعيمي ، رفاه شهاب الحمداني ، (1999)، " **بحوث العمليات** " ، دار وائل للنشر الأردن.
- محمد محمود يوسف ، (1979) ، " **تطوير بيانات المحاسبة الإدارية في مجال تخطيط الأرباح بإستخدام البرامج الحركية ( رسالة ماجستير )** " ، كلية التجارة جامعة القاهرة .
- وسيم الذهني ، (1996) ، **" تطبيقات البرمجة الديناميكية في تخطيط انتاج المشروع ( المثال تخطيط إنتاج مصنع برادات )** " ، كلية الاقتصاد جامعة حلب سوريا.

## ثانيا:المراجع الأجنبية:

- Dimitri Bertsekas, (1995)," **Dynamic Programing and_Optimal control"** , Athena Scientific Belmont.
- Elham Ebrahim Hendy, (2021), " **Shortest Path Using Max-Plus Algebra "** , Cairo University.
- Hamdy Taha, (2011)," **Operations Research ( An Introduction** )" , Macmillan publishing, New York.

# The use of dynamic programming method to solve the Shortest Route problems (An empirical study)


## Abstract:

The study aims to use the specific dynamic programming method to determine the optimal strategy and solutions to the problem of the Shortest Route. The study is based on published and unpublished data issued by some official bodies such as the Central Agency for Public Mobilization and Statistics and its affiliated website www.capmas.gov.eg, the General Authority for Roads and Bridges and the Directorate Roads and transportation in Sharkia Governorate, and data was collected for the year 2023.

The study relies on applying the traditional Shortest Route Networks method and the specific dynamic programming method using the forward calculation method to solve the Shortest Route problem and comparing the two methods to reach the optimal solution with application to the transportation network in Sharkia Governorate. The study reaches the conclusion that the dynamic programming method depends on dividing the main problem into a group of sequential and interconnected partial problems and finding the conditionally optimal solution for each partial problem separately. From the set of optimal solutions to the partial problems, the optimal solution to the main problem is obtained, which makes the dynamic programming method better than Shortest Route algorithms for solving Shortest Route models.