جدولة مشروع توسيع تعاملات المياه الصناعية باستعمال أسلوب البرمجة الديناميكية(*)

الباحثة: نرجس صباح عبدالجبار
جامعة بغداد
كلية الإدارة والاقتصاد
narjes.abduljabbar1205@coadec.uobaghdad.edu.iq

أ.د. وقاص سعد خلف
جامعة بغداد
كلية الإدارة والاقتصاد
Dr.wakkas1@coadec.uobaghdad.edu.iq

ISSN 2709-6475 DOI: https://dx.doi.org/10.37940/BEJAR.2023.4.3.10

تأريخ استلام البحث ٢٠٢٢/٨/٣٠ تأريخ قبول النشر ٢٠٢٢/٩/٥ تأريخ النشر ٢٠٢٣/٣/٣٠

المستخلص

ركز هذا البحث على الوقت الذي يعد من العناصر المهمة لنجاح أي مشروع، وان من الأسباب المهمة في اكمال المشروع في الوقت المحدد له هو التخطيط والتنظيم وأهم ما يجب التخطيط له وتنظيمه هو مراحل وخطوات تنفيذ المشروع تحت مسمى الجدولة لكل مرحلة من مراحل المشروع، فالجدولة تخطط للأنشطة وأوقات تنفيذها مع تنظيم تنفيذ مجموعة أنشطة معتمدة أو غير معتمدة على بعضها لاستغلال الوقت الذي سيؤدي الى ضمان انجاز المشروع في اقل مدة زمنية، جرى التطبيق على مشروع توسيع تعاملات المياه الصناعية في مصفى بيجي، كانت مشكلة المشروع طول مدة تنفيذه التي استغرقت ما يقارب السنتين نظرا لضخامته واحتوائه على العديد من الأعمال والأنشطة المتداخلة مما استوجب البحث عن اسلوب لحل مشكلة جدولة المشروع بصورة دقيقة لضمان استغلال الوقت وانجاز المشروع في المدة المحددة، تم استخدام اسلوب البرمجة الديناميكية لجدولة المشروع وايجاد المسار الحرج له عن طريق تقسيم شبكة المشروع (المشكلة) الى مراحل فرعية (مشاكل فرعية) وايجاد الحل الأمثل لها لتسهيل ايجاد الحل الأمثل للمشكلة الرئيسية المتمثلة بإيجاد وقت انجاز المشروع وتحديد المسار الحرج له، وكانت أهم ما تم استنتاجه هو ان مدة انجاز المشروع بلغت (603) يوم في حين ان واقع التنفيذ الفعلي للمشروع تم بعد (1112) يوم.

الكلمات المفتاحية : جدولة المشروع ، الوقت ، البرمجة الديناميكية

مجلة اقتصاديات الأعمال
المجلد (٤) العدد (٣) ٢٠٢٣
الصفحات: ١٧٧-١٩٦

(*) البحث مستل من رسالة الماجستير للباحثة الأولى.

Scheduling of The Industrial Water Dealing Expansion Project Using Dynamic Programming Method

Abstract

This research focused on the time which is one of the important elements of any successful project and one of the important reasons of finishing a project in time is scheduling and organizing the most important thing to schedule and organize is the stages and steps of execution a project under scheduling for all the stages of the project execution , scheduling plans activities at the same time it depends on each other to exploit time that insured the completion of the project in a nick of time this was applied to the industrial water treatment expansion project at Baiji refinery, The problem of the project was the length of its implementation, which took nearly two years due to its largeness and its overlapping agenda and activities Which necessitated the search for a method to solve the problem of scheduling the project in an accurate manner to ensure the use of time and the completion of the project within the specified time, The dynamic programming method was used to schedule the project and find the critical path for it by dividing the project network (the problem) into sub-stages (sub-problems) and find the perfect solution to facilitate finding the optimal solution to the main problem of finding the time to complete the project and determining the critical path for it, The most important conclusion was that the project completion period amounted to (603) days While the actual implementation of the project took place after (1112) days.

Keywords: project scheduling, time, dynamic programming

١. المقدمة:

إن من أهم المراحل التي يمر بها المشروع منذ ولادته هي مرحلة الجدولة، جدولة أوقات تنفيذ أنشطة المشروع وتحديد الحرجة منها، جدولة وصول الموارد بالوقت المناسب لموقع تنفيذ المشروع بالكميات والمواصفات والجودة المطلوبة لتنفيذ المشروع، ولكي يتم تنفيذ ما تم التخطيط له مسبقا والوصول الى الهدف المرجو بإنجاز المشروع ضمن الوقت والموارد المحددة مسبقا دون تلكأ لإرضاء كلا الطرفين (المنفذ والمستفيد) يتوجب الاهتمام بهذه المرحلة التي يمكن اعتبارها أساس نجاح المشروع. هدف هذا البحث لجدولة أوقات تنفيذ أنشطة مشروع توسيع تعاملات المياه الصناعية في مصفى الدهون في بيجي معتمدة أحد أساليب الأمثلية الا وهو اسلوب لبرمجة الديناميكية الذي يعمل على تقسيم المشكلة الرئيسية الى مشاكل فرعية ومن ثم يبدأ بحل المشاكل الفرعية واحدة تل والاخرى بهدف تسهيل الحصول على الحل الأمثل للمشكلة الرئيسية والتي تمثلت بجدولة أوقات تنفيذ أنشطة المشروع وايجاد وقت اكماله وتحديد الأنشطة الحرجة للمشروع والتي لا يمكن التأخير في انجازها، وبناءً على ذلك تم جمع بيانات المشروع متمثلة بالأنشطة والوقت اللازم للتنفيذ كل نشاط مع معرفة أولوية تنفيذ واعتمادية الأنشطة ثم البدء برسم شبكة المشروع بناءً على الأوليات التي تم الحصول عليها ومن ثم بدء العمل بتطبيق أسلوب البرمجة الديناميكية حيث تم تقسيم شبكة المشروع الى مراحلة وحلها واحدة تلو الأخرى حتى آخر مرحلة.

٢. منهجية البحث والدراسات السابقة:

١,٢ مشكلة البحث:

جدولة المشروع سيي رئيسي ومهم لإنجاح عملية انجاز المشروع ضمن المدة المحددة وتحقيق الهدف المرجو من البدء بهذا المشروع، لذلك وجب تركيز الاهتمام عليه وخاصة في المشاريع الضخمة التي تستنزف الكثير من الوقت والموارد البشرية والمادية التي تؤدي الى احتياج المشروع لرأسمال ضخم يغطي كل تلك التكاليف خاصة في بلد غير مستقر أمنياً واقتصاديا مثل بلدنا الحبيب فالظروف الطارئة غير متوقعة غالباً، وما يزيد الأمر تعقيداً وجود عدد كبير من الأنشطة التي يجب انجازها لإتمام انجاز المشروع حسب مدتها وأولوية تنفيذها تتعلق مشكلة البحث بجدولة مشروع احتوى عدد كبير من الأنشطة والأعمال بعض منها تجهيزه من دول أجنبية استغرق وقتا طويلا ما بين البحث والطلب وانتظار تصنيعها وفق المواصفات التي وصفت بكونها دقيقة ومعقدة جدا، لذلك كان لابد من استعمال اسلوب علمي رصين يسهل عملية جدولتها في ظل ظروف بيئية واقتصادية متقلبة.

١. هل بالإمكان استعمال اسلوب البرمجة الديناميكية في جدولة مشروع توسيع تعاملات المياه الصناعية؟
٢. هل يحقق اسلوب البرمجة الديناميكية متطلبات نجاح جدولة مشروع توسيع تعاملات المياه الصناعية؟
٣. ما مدى مساهمة جدولة مشروع توسيع تعاملات المياه الصناعية في تحديد المسار الحرج وتخفيض الهدر في الوقت والموارد المادية والبشرية؟

٢,٢ أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في الاساس في أهمية الجدولة الزمنية للمشروع في كل خطوات ومراحل انجاز المشاريع بصورة عامة أي تركيز الاهتمام بعنصر الوقت، والتطرق الى اسلوب البرمجة الديناميكية واستعماله لحل مشكلة جدولة المشروع الذي يعد اسلوب جديد نوعا ما على عملية جدولة المشاريع، اضافة الى تسليط الضوء على أحد من المشاريع المهمة والمؤثرة في حماية البيئة المائية من التلوث.

٣,٢ أهداف البحث:

١. استعمال اسلوب البرمجة الديناميكية في تحديد وقت انجاز المشروع وتحديد المسار الحرج.
٢. جدولة العمليات التشغيلية بالشكل الذي يؤدي الى انجاز الأنشطة المطلوبة في الوقت المحدد وتحقيق افضل استغلال للموارد.

٤,٢ مجتمع وعينة البحث:

مجتمع البحث جميع مشاريع شركة سعد للمقاولات العامة، عينة البحث مشروع توسيع تعاملات المياه الصناعية.

٥,٢ أساليب جمع البيانات والمعلومات:

المقابلات الشخصية مع مدير المشروع.

٦,٢ الدرسات السابقة:

هنالك الكثير من الدراسات حول استعمال اسلوب البرمجة الديناميكية في تطبيقات مختلفة منها، في عام ٢٠١٥ استعمل الباحثان Haitao & Norman البرمجة الديناميكية في حل مشاكل جدولة المشاريع العشوائية ذات الموارد المحدودة اثبتت النتائج قدرتها في الحصول على حلول تنافسية وفي وقت حسابي معقول (Haitao Li,*et.al.*,2015)، في عام ٢٠١٧ تم استعمالها من قبل الباحث Kimberly لحل مشاكل تخطيط القوى العاملة لضباط القوات الجوية للولايات المتحدة هادفة إلى تحديد سياسة لقرارات الانضمام والترقية، فضلاً عن القرارات المتعلقة بعدد الموظفين المطلوب توظيفهم في ظل ظروف ضبابية (West,2017)، وفي عام ٢٠١٨ اجري بحث يستخدم اسلوب البرمجة الديناميكية بهدف ايجاد اعظم تدفق ضبابي لزوار الامام الكاظم (ع) مع ايجاد معالجة للضبابية توصل الى امكانية ازالة الضبابية ومعرفة أعظم تدفق ضبابي للزائرين في الأيام (22، 23، 24) من شهر رجب كان (131196، 94100، 46056) (خلف وآخرون، ٢٠١٨)، أما عام ٢٠١٩ اعتمد الباحثان Thiago & Mauricio أسلوب البرمجة الديناميكية في جدولة العمليات الجراحية في غرف العمليات لخضوعها الى حالة عدم اليقين بدرجة كبيرة ليس فقط في مدة التدخل الجراحي انما أيضاً في وصول الحالات الطارئة غير المتوقعة هادفة الى تقليل التكلفة الاجمالية الناتجة عن رفض وصول العمليات الجراحية وإلغاء العمليات الجراحية المجدولة وبدء العمليات الجراحية خارج النافذة الزمنية الخاصة بهم (Silva,*et.al.*,2019)، عام ٢٠٢٠ قارنت الباحثة علياء بين جدولة المشاريع باستعمال البرمجة الديناميكية وبين الخوارزميات التطويرية بهدف حل المشاكل التي تتعرض لها ادارة المشاريع وتبين بعد التطبيق العلمي بأن كلا من البرمجة الديناميكية والخوارزمية الذكية تعطي نتائج مماثلة (أحمد، ٢٠٢٠)، وفي نفس العام قام الباحثون Jing, Lixia and Yongzhong باستعمال اسلوب البرمجة الديناميكية في ايجاد جدولة مثالية لأساطيل الحافلات

الكهربائية من خلال مراعاة تلاشي سعة البطارية بسبب ارتفاع تكاليف الاستثمار في الحافلات الكهربائية فكان الهدف تقليل تكلفة استبدال البطارية خلال فترة الخدمة، وتبين بعد اجراء الدراسة بأن استعمال اسلوب البرمجة الديناميكية خفض (9.22) مليون دولار من التكاليف (Wang,*et.al.*, 2020)، في العام التالي قدم الباحثان Song & Zhe بحثا بعنوان البرمجة الديناميكية التقريبية الجديدة ذات الحلقة المغلقة لحل مشكلة جدولة المشاريع المتعددة اللامركزية العشوائية مع عمليات نقل الموارد لحل مشكلة جدولة عمليات نقل الموارد ومدد انجاز الانشطة غير المؤكدة في إدارة المشاريع، إذ عملوا على تطوير برمجة ديناميكية تقريبية جديدة وفعالة قائمة على سياسة المشروع المتعدد اللامركزي العشوائي ومشكلة الجدولة في عملية نقل الموارد وتوصلوا أي ان الخوارزمية المطورة (البرمجة الديناميكية التقريبية) يمكنها تحسين واثبات جودة الحل، فضلاً عن الحصول على حلول تنافسية لحل المشكلة (Zhao,*et.al.*,2021)، وفي هذا البحث وامتداداً للدراسات السابقة تم استعمال اسلوب البرمجة الديناميكية في جدولة اوقات تنفيذ أنشطة مشروع صناعي كبير هو مشروع توسيع تعاملات المياه الصناعية وذلك لايجاد المسار الحرج وهو وقت اكمال المشروع وتحديد الأنشطة الحرجة وغير الحرجة له.

٣. الجانب النظري للبحث:

١,٣ جدولة المشروع:

١,١,٣ مفهوم وتعريف جدولة المشروع:

يعد الزمن أهم مورد من الموارد التي تشكل قيداً محدداً قوياً على المشروع يجب عدم تجاوزه، فضلاً عن المواصفات والشروط التي يلزم بتحقيقها للمشروع حسب حاجات ومتطلبات مستخدم المشروع (العلي، ٢٠٠٩: ٢٨٠). تضيف الجدولة عنصراً زمنيا الى عملية التخطيط، تتضمن هذه المرحلة خطوات فرعية متمثلة بتحديد مدة زمنية معقولة لكل نشاط على حدة وحساب مدة المشروع ككل، وبالتالي فإن نتائج هذه المرحلة عبارة عن سلسلة من الخطط الزمنية التي يتم تقديمها فيما بعد بأساليب مختلفة (Pierce,2013:15)، لينتج عنها معلومات عن:

١. تاريخ بدء وانتهاء كل مهمة.
٢. تاريخ الانتهاء من المشروع في حال تم تنفيذ الخطة.
٣. المهام الأكثر أهمية لضمان انجاز المشروع في الوقت المناسب.
٤. المهام التي يمكن تأخيرها اذا لزم الأمر دون التأخير في تاريخ انجاز المشروع.
٥. كمية الموارد اللازمة لكل فعالية (Martinelli,*et.al.*,2016:145).

فالجدولة من وجه نظر الباحثة العنصر الأهم والوظيفة الأساسية لإدارة المشاريع التي تعمل على تحويل الخطة التنفيذية الى جدول زمني متمثل في جدولة أوقات انجاز الأنشطة وجدولة الحصول على الموارد اللازمة من المواد والقوى العاملة خلال مراحل تنفيذ المشروع.

٢,١,٣ القاعدة الأساس لنظام جدولة جيد:

١. **العامل البشري:** جدولة بارعة أو فريق جدولة محترف وعلى مستوى عال من الفهم لكافة مفاهيم وتعاريف وتطبيقات جدولة المشروع والتحكم فيه.
٢. **التكنلوجيا:** نظام حاسوبي جيد للجدولة Software & Hardware (جنباً إلى جنب) مع دعم تكنولوجيا المعلومات.

٣. الادارة: فريق اداري ديناميكي، سريع الاستجابة وداعم يؤمن باستخدام الجدولة كجزء من جهد الادارة.

في حال فقدان أي جزء من أجزاء هذا الحامل الثلاثي سيؤدي ذلك لفشل نظام الجدولة بأكمله (Mubarak,2015:12).

٣,١,٣ أسباب ورود الحاجة الى جدولة زمنية للمشروع:

حساب تاريخ انجاز المشروع لالتزام المقاولين وأعضاء الفريق بوعد محدد في العقد لإنجاز المشروع، فضلاً عن وجود حوافز تعاقدية مالية أو غيرها للانتهاء في وقت سابق (Mubarak,2015:8-9)، كذلك لحصول المالك على فكرة عن تاريخ الانتهاء المتوقع للمشروع للتأكد من انه تاريخ معقول للانتهاء، ولإجراء دراسات الجدوى واتخاذ الترتيبات المالية، وأيضاً لغرض مراجعة الجداول الزمنية والتأكد من دقة وواقعية التخطيط، ومن ثم موافقة المالك للمقاول على الجدول الزمني المعد الذي قد ينطوي على مسؤولية من جانب المالك (Mubarak,2019: 10).

٤,١,٣ جدول المشروع:

هو الجدول الزمني المتوقع لعمليات البناء الذي سيكون بمثابة المبدأ التوجيهي الرئيسي لتنفيذ المشروع.

هنالك العديد من الخطوات لوضع جدول زمني فعال وعملي، منها: (Sears,*et.al.*,2015: 98-99)

١. تقدير الوقت الازم لتنفيذ كل نشاط في الشبكة.
٢. حساب الفترة الزمنية المطلوبة لإكمال المشروع باستخدام تقديرات الوقت.
٣. حدد فترات زمنية يجب أن يبدأ خلالها كل نشاط وينتهي إليه، استيفاء شرط تاريخ الانتهاء.
٤. تحديد الأنشطة التي يعتبر تنفيذها بشكل ملائم أمراً حاسماً لإكمال المشروع في الوقت المناسب.
٥. تقصير مدة المشروع للوصول إلى أقل كلفة ممكنة.
٦. ضبط أوقات البداية والنهاية للأنشطة المختارة لتقليل تضارب الموارد وتخفيف الطلب على القوى العاملة والمعدات باستخدام الوقت الفائض الذي تمتلكه معظم الأنشطة.

٢,٣ البرمجة الديناميكية:

١,٢,٣ تاريخ البرمجة الديناميكية:

عرضت البرمجة الدينامكية (DP) لأول مرة من قبل الباحث Farmat خلال الفترة ما بين (١٦٠١-١٦٦٥) من خلال مبدأ البصريات، ثم لأول مرة استخدم مصطلح الـ(DP) في مجال بحوث العمليات من قبل الباحث الفرنسي Pierre Masse في عام ١٩٤٤، ثم قام بعد ذلك الباحث الأمريكي Richard Bellman بشرحها وعرضها بشكل أكثر تفصيلاً، ووضوح وذلك عام ١٩٥٢ (الجراد، ٢٠٠٦: ٣)، وفي الستينيات كتبت العديد من الكتب واجريت العديد من البحوث لاستكشاف استخدام البرمجة الدينامكية كوسيلة لتحسين التحكم الأمثل لحل المشاكل (Luus,2000:82). تلعب البرمجة الدينامكية الآن الدور الرائد في العديد من المشكلات الحسابية بما في ذلك نظرية التحكم والهندسة المالية والمعلوماتي الحيوية (Shareef,2013:227).

٢,٢,٣ الفكرة الرئيسية من البرمجة الديناميكية (DP):

هي تجزئة المشكلة الرئيسية الى مشاكل فرعية ثم تبدأ بإيجاد حل أمثل لجزء صغير من المشكلة الأصلية، وثم التقدم (Taha,2017:469) وايجاد حل أمثل للمشكلة الحالية من حل المشكلة السابقة، حتى تصل لحل المشكلة بالكامل (Hillier,*et.al.*,2010:439)، أي إن نهج البرمجة الديناميكية يحل المشكلة على مراحل وكل مرحلة تحتوي على عدد من الحالات المحتملة (Ravindran,2009:237).

٣,٢,٣ تعريف اسلوب البرمجة الديناميكية:

هي أسلوب رياضي مصمم لتطوير الكفاءة الحسابية لبعض مسائل الأمثلية، فكرته الأساسية هي تجزئة المسألة الرئيسية إلى مسائل فرعية لتصبح أكثر سهولة وبساطة في التعامل والحل من الناحية الحسابية، صممت البرمجة الديناميكية في الأساس لتطوير الكفاءة الحسابية لبعض مسائل الأمثلية (حسن وآخرون، ٢٠١٣: ٣٧٩).

٤,٢,٣ مزايا استخدام اسلوب البرمجة الديناميكية في ادارة المشاريع مقارنة بالطرق الاخرى: (Senouci,*et.al.*,1996:8)

١. يقوم بتحليل المفاضلة بين التكلفة والوقت للمشاريع الخطية التسلسلية وغير التسلسلية.
٢. يقوم بانشاء ملفات تعريف التكلفة المباشرة للمشروع وتكلفة الوقت.
٣. يوفر لمديري المشاريع أداة للتحكم في تكاليف ومدد المشروع.
٤. يعالج الأنشطة مع تشكيلات طاقم متعدد ، معدلات الانتاج وأوقات التأخير.
٥. يتعامل مع تكلفة النشاط الخطي وغير الخطي والمنفصل المهام.
٦. يتفوق على أساليب CPM, PERT القياسية بدرجة عالية في مشاريع البناء المتكررة.

٥,٢,٣ العناصر الأساسية لنموذج البرمجة الديناميكية:

١. **المراحل Stage:** تمثل جزءاً من المسألة التي سيتم اتخاذ القرار بشأنها (شكري، ٢٠١٥: ٧٢)، وهي إحدى الأساسيات التي يتم عليها تقسيم المشكلة الرئيسية وبعد ذلك استخراج قيم المتغيرات العائدة للمرحلة (الطائي وآخرون، بلا تاريخ: ٣٢٢).
٢. **متغيرات القرار (البدائل):** متغيرات القرار في كل مرحلة والدوال الخاصة بها هي المتغيرات التي تمثل الربط بين المرحلة الحالية والمراحل السابقة أو اللاحقة وعن طريق تحديد عملية الربط يتم اتخاذ القرار الأمثل للمرحلة الحالية (بخيت وآخرون، بلا تاريخ: ١٦٩).
٣. **حالة النظام (Stage of System):** عند كل مرحلة تمثل حالة النظام عند المرحلة j المعلومات التي تربط المراحل ببعضها بطريقة تسمح باتخاذ أفضل القرارات الممكنة في مرحلة مستقبلية بشكل مستقل من القرارات التي اتخذت بالفعل في جميع المراحل السابقة (Taha,2017:472).

٦,٢,٣ مبدأ الأمثلية:

المفهوم الرئيسي لتقنية البرمجة الديناميكية يكمن في مبدأ الأمثلية الذي يمكن ذكره على النحو الآتي:

السياسة المثلى لها خاصية مهما كانت الحالة الأولية والقرار الاولي، يجب أن تشكل القرارات المتبقية السياسة المثلى فيما يتعلق بالحالة الناتجة عن القرار الأول (Luus,2000:82).

يشير هذا المبدأ الى ان القرار الخاطئ الذي يتم اتخاذه في مرحلة ما لا يمنع من اتخاذ القرار الأمثل للمراحل القادمة. يعد هذا المبدأ قاعدة ثابتة لتقنية البرمجة الديناميكية (Murthy,2007:565).

٧,٢,٣ الصيغة الرياضية لأسلوب البرمجة الديناميكية:

يجب أن تكون المعادلات الخاصة المستخدمة وضعت لتناسب كل حالة. لذلك، فإن درجة معينة من البراعة والبصيرة مطلوبة في الهيكل العام لمشاكل البرمجة الديناميكية لمعرفة متى وكيف يمكن حل مشكلة بإجراءات البرمجة الديناميكية (Hiller,*et.al.*,2010:424). وسيتم هنا عرض الصيغة الرياضية لاسلوب البرمجة الديناميكية التي تحل مسألة جدولة المشروع وكالآتي: (Taha, 2017:472-480)

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

إذ أن:

$i = 1,2,3,\ldots\ldots n$

هنا ستكون الدالة تعظيم لأن هدفنا هو ايجاد مدة انجاز المشروع، والآتي سيتم توضيح مصطلحات المعادلة:

$f_i(x_i)$ = أطول وقت الى الحدث x_i

$d(x_{i-1},x_i)$=الوقت من الحدث x_{i-1} الى الحدثx_i

$f_{i-1}(x_{i-1})$ = أطول وقت الى الدائرة x_i للمرحلة السابقة

i = تمثل المرحلة

n = عدد المراحل

٤. الجانب التطبيقي:

استعمال اسلوب البرمجة الديناميكية في جدولة مشروع توسيع تعاملات المياه الصناعية:

١,٤ بيانات مشروع تعاملات المياه الصناعية في مصفى الدهون:

سيتم أولاً استعراض بيانات المشروع بشكل جداول تحوي اسم النشاط ورمزه والنشاط السابق له والوقت اللازم لإنجازه، وبناء على هذه الجداول سيتم رسم شبكة المشروع باسلوب AOA تبين تتابع انجاز الأنشطة واعتمادية بعضها على انجاز البعض الآخر، ثم ستبدأ بعد ذلك عملية احتساب المدة الاجمالية لإنجاز المشروع على مراحل كل مرحلة يتم فيها حساب المدة الاطول مثلا (من العقدة 1 الى العقدة 4 في حال اتجه أكثر من نشاط نحو الحدث 4 سيتم احتساب مدة النشاط الأطول)، وكذلك استخراج المسار الحرج كل ذلك سيتم عن طريق استخدام اسلوب البرمجة الديناميكية. تضم بيانات مشروع توسيع تعاملات المياه الصناعية جميع الأنشطة الخاصة بجميع الأعمال في المشروع والتي تم ترميزها لتسهيل التعامل معها، كذلك تضم مدد انجاز الأنشطة واسبقيات تنفيذها، كل ذلك منظم في جداول منفصلة كالآتي:

الجدول (1) الأعمال المدنية

اسم النشاط	رمز النشاط	الأسبقيات	مدة الانجاز
تسوية ورفع أنقاض موقع الدهون، تخطيط موقع المعدة، تثبيت حدود منطقة الحفر وتعيين مراكز الأعمدة	C2	B8	2
أعمال الحفريات الترابية لقاعدة الأساس ونقل مخلفات الموقع خارج الموقع	C7	C2	2
تجهيز وفرش الحصى الخابط تحت الأساس الحصيري وتحت المماشي مع الحدل	D1	C7	2
صب خرسانة مسلحة للأساس	D6	D1	2
صب خرسانة للأرضيات مع عمل مفاصل طبع كل 2.5م مع ملئها بالمونة الضعيفة	D9	D6	2
أعمال تركيب الهيكل الحديدي لمعدة CPI وأعمال القطع واللحام	E3	E2	2
الطلاء ثلاث طبقات على أن تكون الطبقة الاولى مانعة للصدأ	E4	E3	2
تجهيز حديد شيلمان وحديد زاوية تجهيز بليت، تجهيز Baseplate تجهيز بليت قياس وتجهيز Anchor bolts مع كافة الملحقات (Washer, hut)	E2	D9	1
عمل مسند خرساني بأبعاد 1×0.8×0.35 م	A1	….	10
عمل مسند حديدي للأنابيب فوق مستوى الأنابيب	A2	A1	30
عمل مسند خرساني بأبعاد 2.5×0.8×0.35م	B3	A9	5
عمل حديد ساقية مغمور في سطح المسند	A9	A2	4
عمل مسند خرساني بأبعاد 1×0.8×0.35 م	C6	B8	15
عمل حديد زوايا مغمور في سطح المسند	B8	B3	5
أعمال الحفريات الترابية بأبعاد 2×2×0.5 م	C3	B8	2
أعمال تجهيز وفرش الحصى تحت الاساس	C8	C3	2
الحدل بنسبة لا تقل عن 95%	D2	C8	2
صب خرسانة مسلحة للأساس	D7	D2	5
أعمال تكسير الصبة القديمة	C4	B8	3
نقل المخلفات الى خارج الموقع	C9	C4	2
صب طبقة من الخرسانة الضعيفة سمك 10سم	D4	C9	3
صب خرسانة مسلحة لقواعد المضخات	E1	D4	7

الجدول (2) الأعمال الميكانيكية

اسم النشاط	رمز النشاط	الأسبقيات	مدة الانجاز
نقل ومداولة المواد الخاصة بالسقوف ورفع وتطبيق سقف الخزان	A4	….	2
معالجة كافة ملاحظات اللحام	A5	A4	1
قطع الصفائح الحديدية حسب والمناسيب والاتجاهات	A6	A5	2
نقل ومداولة وتطبيق ولحام الفلنجات والانابيب الخاصة بالفوهات	A7	A6	2
تفصال ولحام وتطبيق أجزاء البايات والمحجرات رفع وتثبيت وتطبيق ولحم السلم الحديدي	A8	A7	2
قطع صفيحة أرضية الخزان	B1	A8	2
حفر الأرضية تحت حوض الخزان	B2	B1	1
تطبيق ولحام حوض الخزان مع الصفيحة الحديدية في أرضية الخزان	B4	B2	3
تفصال وتجميع أجزاء الملف	B5	B4	1
الفحص الهندسي خارج الخزان	B6	B5	1
تفصال ولحم مثبتات الملف على جدران الخزان	٧B	B6	2
أعمال تركيب ولحام الملف	B9	B7	2

اسم النشاط	رمز النشاط	الأسبقيات	مدة الانجاز
نقل ومداولة المواد	C1	B9	1
أعمال تفصيل وتثبيت ولحام أنابيب منظومة الاطفاء	C5	C1	5
نصب(Foam chamber)	D3	C5	1
عزل الفوهات في جدران الخزانات وملفات التسخين	D5	D3	1
تهيئة الخزانات للفحص الهيدرستاتيكي	D8	D5	1
أعمال وتقطيع وتفصيل ولحام خط الأنابيب	A3	….	46
على الصبة CPI تثبيت معدة	E5	E4	2
ربط معدة CPI بأنابيب شبكة المشروع	F2	E5	2
تجهيز منظومة اطفاء الحريق	E6	….	132
تثبيت المنظومة (الخزان) على الصبة الخاصة بها بواسطة الانكر بولت	F6	E6,A3, D8,C6,D7	1
ربط المنظومة بشبكة الأنابيب	F7	F6	5
تجهيز المضخات	F1	….	434
تثبيت منظومة المضخات على الصبة الخاصة بها	Q2	E1,F1	3
ربط المنظومة بشبكة الأنابيب	Q6	Q2	10
تجهيز ونصب Ejector	F4	C6,D7,D8, A3,	90
تجهيز منظومة الـ(Skimmer)	E7	….	348
وضع منظومة القاشطة (Skimmer) في حوض الدهون الكونكريتي الخاص بها	L9	E7,A3, D8,C6, D7	2
ربط المنظومة بالشبكة خارج الحوض	M2	L9	5

الجدول (3) الأعمال الكهربائية

اسم النشاط	رمز النشاط	الأسبقيات	مدة الانجاز
تجهيز قابلوات القدرة الكهربائية والآلات الدقيقة	E9	….	489
مد وربط قابلوات القدرة الكهربائية بين المعدات الكهربائية	O8	N4,E9	30
تثبيت الآلات الدقيقة على الأنابيب الخاصة بها	N8	O8	10
تجهيز حوامل القابلوات الكهربائية والآلات الدقيقة	E8	….	409
التثبيت على مساند حديدية (غالبا حديد زاوية)	N4	E8,A3, D8,C6, D7	45
تجهيز لوحة السيطرة المركزية (MCC)Motor Control Center	F3	….	431
التثبيت في الغرفة الخاصة بها	Q4	F3	2
الربط بقابلوات الكهرباء	Q7	Q4,N8	10
تجهيز أجهزة السيطرة والقياس	F5	….	333
نصب أجهزة السيطرة والقياس	S8	Q7,F5	4

الجدول (4) ملحق الأعمال المدنية لبناية غرفة السيطرة

اسم النشاط	رمز النشاط	الأسبقيات	مدة الانجاز
تهيئة الموقع وحفر التربة السطحية للموقع	F8	….	2
سحب المياه الجوفية في حال ظهورها	F9	F8	3
الحدل الجيد للأرض	G1	F9	3
تجهيز الحصى الخابط والدفن	G2	G1	3
الرش والحدل الجيد بنسبة 95%	G3	G2	2
رش محلول مكافحة الحشرة الأرضة	G4	G3	1
تجهيز وفرش طبقة من النايلون الزراعي السميك أسفل الأساس	G5	G4	1
صب الخرسانة غير المسلحة	G8	G5	3
الرش الجيد والمستمر للخرسانة	H2	G8	2
تجهيز وتركيب وتثبيت القالب الخشبي	G6	G4	3
تجهيز وتفصيل وربط الحديد	G9	G6	5
تجهيز وصب خرسانة مسلحة لقواعد الأعمدة	H3	G9	3
الرش الجيد والمستمر بعد الصب	H5	H3	2
تجهيز وتركيب وتثبيت القالب الخشبي	G7	G4	3
تجهيز وتفصيل وربط الحديد	H1	G7	5
تجهيز وصب خرسانة مسلحة للأعمدة والجسور والأسقف والمردات والادراج وللأربطة والأعتاب فوق الأبواب	H4	H1	8
عمل فتحات في سقف غرفة الكيبلات	H6	H4	2
الرش الجيد والمستمر بعد الصب	H7	H6	2
القيام بأعمال الطلاء من الداخل والخارج بالقير السيالي للأساس والجسور الملامسة للتربة	H8	H2,H5,H7	3
تجهيز وتركيب وتثبيت القالب	H9	H8	3
تجهيز وصب خرسانة غير مسلحة لطبقة مانع الرطوبة (البادلو)	I1	H9	4
تجهيز واستخدام طبقة مانعة للرطوبة(سيكا)	I2	I1	1
الرش الجيد والمستمر بعد الصب	I3	I2	2
تجهيز الحصى الخابط الناجح مختبريا و الدفن	I4	I3	2
الرش والحدل الجيد بنسبة ٩٥%	I5	I4	3
رش محلول مكافحة حشرة الأرضة	I7	I5	1
غمر الطابوق بالماء	I6	I4	2
تجهيز مونة الاسمنت والرمل والقيام بأعمال البناء	I8	I6,I7	15
الرش الجيد والمستمر للبناء	I9	I8	10
تجهيز الاسمنت المقاوم وصب خرسانة مسلحة للأرضية	J2	J1	3
الرش المستمر بعد الصب	J3	J2	2
رش محلول مكافحة حشرة الأرضة قبل الصب	J1	I8	1
القيام بأعمال صب خرسانة غير مسلحة	J4	I9,J3	2
الرش المستمر بعد الصب	J5	J4	2
القيام بأعمال البناء للجدار الساند للماشي	J6	J5	3
الرش المستمر بعد الصب	J7	J6	2
القيام بأعمال التشميع من الداخل والطلاء من الداخل بمونة الاسمنت والرمل	J8	J7	3
الطلاء من الداخل بالقير السالي للمماشي الخارجية	K1	J8	2
القيام بأعمال تجهز مونة الاسمنت والرمل ولبخ الجدار الساند للمماشي	J9	J7	3
القيام بأعمال صبغ الجدار الساند للممشى من الخارج فقط	K2	J9	3

اسم النشاط	رمز النشاط	الأسبقيات	مدة الانجاز
القيام بأعمال تجهيز الحصى الخابط و الدفن للمماشي	K3	K1,K2	3
الرش والحدل الجيد للمماشي	K4	K3	2
رش محلول مكافحة حشرة الأرضة للمماشي	K5	K4	1
صب خرسانة غير مسلحة للمماشي	K6	K5	4
عمل مفاصل تمدد نظامية مع ملئها بماستك	K7	K6	2
ردم جوانب الأساس	K9	K8	2
تجهيز وفرش النايلون الزراعي السميك أسفل الأساس	L1	K9	1
الرش الجيد والمستمر بعد الصب والبناء	K8	K7	2
القيام بأعمال تركيب وتثبيت القالب الخشبي	L2	L1	3
تجهيز وتفصيل وربط الحديد	L3	L2	4
تجهيز وصب خرسانة مسلحة لاسس المحولة	L4	L3	2
عمل الفتحات اللازمة لمرور الكيبلات	L5	L4	1
الرش الجيد والمستمر بعد الصب	L6	L5	2

الجدول (5) ملحق الأعمال المعمارية / الأعمال المعمارية لبناية غرفة السيطرة (MCC)

اسم النشاط	رمز النشاط	الأسبقيات	مدة الانجاز
أعمال تجهيز وتركيب وتثبيت كوبلنات حلان حول الابواب والشبابيك	L7	L6	2
أعمال تجهيز وتطبيق كاشي موزائيك لأرضية غرفة السيطرة والمداخل الجانبية والأدراج أعمال تجهيز وتطبيق ازارة سيراميك	L8	L7	4
أعمال البياض والصبغ للجدران الداخلية لغرفة السيطرة	M1	L8	4
أعمال اللبخ بمونة الاسمنت والرمل للجدران الخارجية ومردات الماء من الخارج والداخل وغرفة الكيبلات من الداخل مع السقف مع الشربة بمونة الاسمنت والرمل	M3	M1	4
أعمال الصبغ للجدران الخارجية ومردات الماء من الخارج والداخل وغرفة الكيبلات من الداخل مع السقف	M4	M3	3
أعمال تجهيز وتطبيق بايات درج كاشي موزائيك مع المرايا	M5	M4	3
فرش طبقتين متعاكستين من القير السالي	M6	M5	1
فرش طبقتين متعاكستين من اللباد القيري مع فرش طبقة من القير السالي بينهما	M7	M6	1
التهوير بالتراب بسمك 10 سم	M8	M7	1
تجهيز وتطبيق البلاطات الخرسانية	M9	M8	2
ملئ المفاصل بالماستك مع تصعيد الحافات	N1	M9	1
أعمال رفع الصبات الخرسانية	N2	N1	2
تنظيف المسار من داخل الوحدة الى نهاية المحركات للمنظومة الكيمياوية	N3	N2	2

الجدول (6) ملحق الأعمال الميكانيكية / بناية السيطرة (MCC)

اسم النشاط	رمز النشاط	الأسبقيات	مدة الانجاز
أعمال تجهيز وتركيب وتثبيت هوائيات المنيوم مع زجاج لغرفة الكابلات والسيطرة	N5	N3	2
تجهيز وتثبيت شبكة مانع الحشرات مع كتائب حديدية لغرفة الكابلات والسيطرة	N6	N5	1
أعمال تجهيز وتركيب وتثبيت سلم حديدي للبناية بمقاطع قوية مع التثبيت الجيد	N7	N6	1
أعمال تجهيز وتركيب وتثبيت أبواب نوع ألمنيوم مع الاطار والكيلون مع المرجع مع كافة الملحقات	N9	N7	1
أعمال تجهيز وتثبيت سقوف ثانوية مع تركيب الانارة الخاصة للسيطرة	O1	N9	3
أعمال تجهيز و تثبيت محجر درج ألمنيوم	O2	O1	1
أعمال تجهيز وتركيب وتثبيت مرازيب مياه الأمطار مع كافة الملحقات والتوصيلات	O3	O2	1
أعمال تجهيز وتركيب وتثبيت ترينج كهرباء معلق باستخدام حديد زاوية ثقيل 2 عقدة مع التثبيت كل 1.5 متر مع حاملات القابلو حديد مغلون داخل غرف السيطرة	O4	O3	2
أعمال حفر قواعد الأعمدة	O5	O4	1
أعمال تجهيز وتركيب وتثبيت أعمدة حديدية	O9	O7	1
أعمال تجهيز وصب قواعد الأعمدة بالخرسانة العادية	O7	O5	2
مشبك BRCتجهيز وتثبيت حديد	P1	O9	1
عمل باب من حديد بوري	P2	P1	1
تجهيز وتركيب ولحام الهيكل الحديدي للسقيفة	P3	P2	1
الصبغ بمانع الصدأ والطلاء طبقتين	P4	P3	2
أعمال تثبيت وتركيب سيلف حديد مغلون لنهاية القابلوات الواصلة من المحركات الى مسار القابلوات	P5	P4	1
أعمال تصنيع ولحام ركائز حاملة للقابلوات	P6	P5	3
طلاء ركائز حاملة للقابلوات	P8	P7	1
أعمال تثبيت وتركيب ولحام حديد زاوية تثبت بين مساند حاملة القابلوات	P7	P6	2
أعمال تجهيز ونصب وفحص وتشغيل سبلت هواء كنتوري في المواقع المحددة على المخططات	P9	P8	1

المصدر: الجدول من إعداد الباحثان.

الجدول (7) ملحق الأعمال الكهربائية

اسم النشاط	رمز النشاط	الأسبقيات	مدة الانجاز
تجهيز ونصب وتثبيت سيركت توزيع	Q8	Q5	1
تجهيز ونصب وتثبيت وفحص صندوق معدني رئيسي يثبت قرب محولة الخدمات	Q1	P9	1
تجهيز ونصب وتثبيت بورد خدمات ذاتي	Q3	Q1	1
تجهيز ومد أنابيب بلاستيكية الى كافة النقاط الكهربائية المحددة والتي يتوقع اضافتها مستقبلا داخل السقف (أثناء الصب) والجدران	Q5	Q3	2
تجهيز ومد وربط وفحص الأسلاك الكهربائية	Q9	Q8	2
تجهيز ومد وربط وتشغيل مآخذ كهربائية	R1	Q9	1

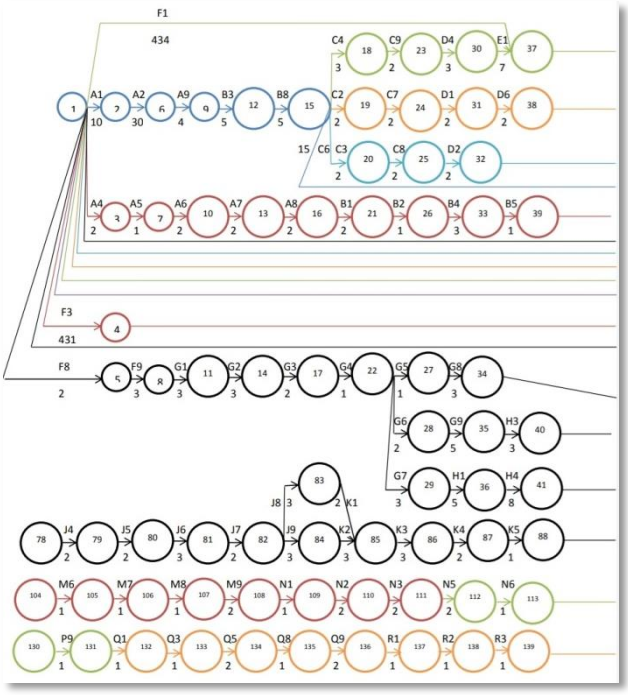
اسم النشاط	رمز النشاط	الأسبقيات	مدة الانجاز
تجهيز ومد وربط وتشغيل مآخذ كهربائية	R2	R1	1
تجهيز ومد وربط خلية ضوئية وتكون متكاملة داخل صندوق معدني	R3	R2	1
تجهيز ومد وربط وتشغيل (سويج ثلاثي ورباعي) مع بوكس بلاستك	R4	R3	1
تجهيز ومد وربط وتشغيل قاعدة شمعة انارة وبروجكتور يثبت على سقف المحطة	R5	R4	1
تجهيز ومد وربط وربط ونصب وتثبيت وفحص وتشغيل قاعدة شمعة مع المفاتيح والشمعات	R6	R5	1
تجهيز وربط وفحص وتشغيل مفرغة هواء	R7	R6	1
تجهيز ومد وربط وفحص وتشغيل سوكت صناعي	R8	R7	1
تجهيز ومد وربط وفحص وتشغيل قاطع دورة ثلاثي الطور رئيسي	R9	R8	1
تجهيز ومد وربط سلك نحاسي لربطه مع منظومة الأرضي بالشكل النظامي الصحيح	S1	R9	1
ربط السلك النحاسي مع قضبان منظومة الأرضي وتوصيله مع صناديق قواطع الدورة الكهربائية	S2	S1	1
تجهيز قابلو ارضي (1×25ملم2)	S3	S2	1
عمل وتركيب منظومة ارضي	S4	S3	2
تجهيز قضيب نحاسي وغطاء حديدي نظامي وفحم مطحون وملح نقي ، لعمل طبقات ملح وفحم	S5	S4	1
تجهيز ومد قابلو قياس (4×50 ملم2) يمد من قاطع دورة رئيسي الى لوحة التوزيع الداخلية	S6	S5	1
تجهيز ومد قابلو رئيسي يمد من صندوق التوزيع الرئيسي الى الصندوق الفرعي داخل البناية	S9	S7	1
تجهيز وتركيب حامل قابلوات من الحديد المغلون مع الغطاء	S7	S6	3
حفر لمسار القابلوات الكهربائية	T1	S9	1
رفع الأنقاض خارج الموقع وتنظيف المسار وأعمال التهوير بالتراب الصحراوي وضع قطع الشتايكر ثم الدفن	T2	T1	1
وضع علامات دالة على طول مسار القابلوات	T3	T2	1

الجدول (8) أعمال الفحص والتشغيل

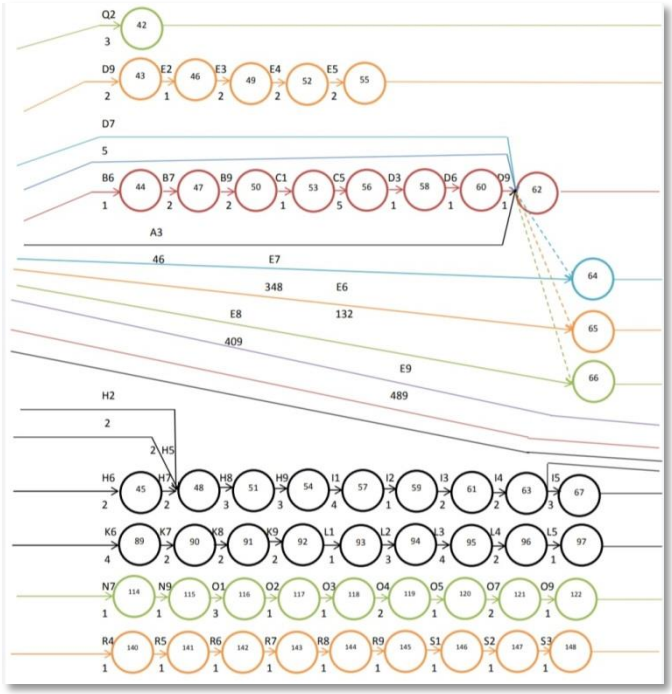
اسم النشاط	رمز النشاط	الأسبقيات	مدة الانجاز
أعمال الفحص والتشغيل	O6	M2,F7,Q6,F2,F4,S8,T3	60

٢,٤ شبكة مشروع توسيع تعاملات المياه الصناعية وفق مدد وأسبقيات الانجاز:

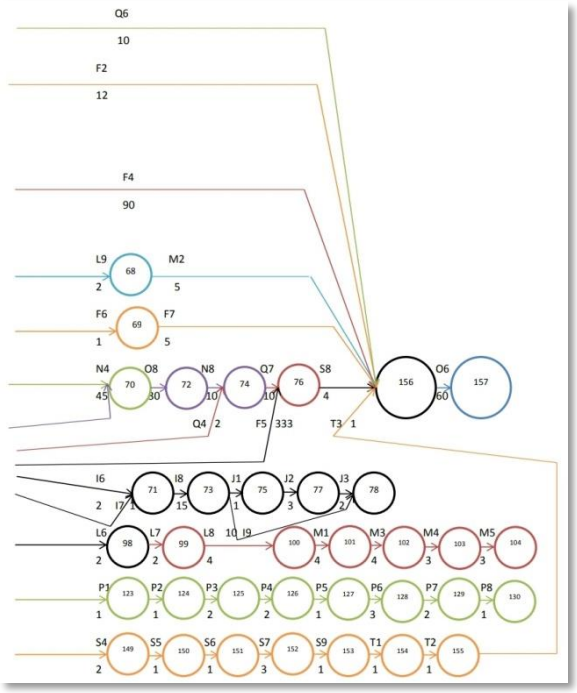
الأشكال الآتية تمثل شبكة المشروع التي تم رسمها من قبل الباحثة بعد أخذ الأوليات من مدير المشروع ومعرفة الاعتماديات لتنفيذ الانشطة ودراسة امكانية البدء ببعض الانشطة معاً بعد التأكد من عدم اعتمدها على بعضها:



الشكل (1) الجزء الأول من شبكة مشروع توسيع تعاملات المياه الصناعية



الشكل (2) الجزء الثاني من شبكة مشروع توسيع تعاملات المياه الصناعية



الشكل (3) الجزء الثالث والأخير من شبكة مشروع توسيع تعاملات المياه الصناعية

3.4 جدولة المشروع باستعمال اسلوب البرمجة الديناميكية:

باستخدام المعادلة المتتالية الأمامية الآتية:

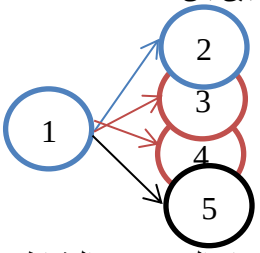
$$f_i(x_i) = \max_{\substack{all\ feasible \\ (x_{i-1},x_i)routes}} \{d(x_{i-1},x_i) + f_{i-1}(x_{i-1})\}, i = 1,2,3,\ldots..n$$

المرحلة (1):

d(x1,x2)					Optimum solution	
X_1	X_2=2	X_2=3	X_2=4	X_2=5	$F_1(x_1)$	X_2
1	10	2	431	132	431	4

مناقشة نتائج المرحلة (1):

بعد أن تم احتساب أطول وقت للوصول الى الأحداث الاربعة 2،3،4،5 تبين بأن:



أطول وقت من الحدث 1 الى الحدث 2 المتمثل بالنشاط A1= 10

أطول مسار من الحدث 1 الى الحدث 3 المتمثل بالنشاط A4= 2

أطول مسار من الحدث 1 الى الحدث 4 المتمثل بالنشاط F3= 431

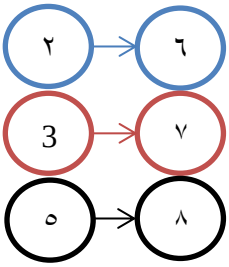
أطول مسار من الحدث 1 الى الحدث 5 المتمثل بالنشاط F8= 132

أما فيما يخص المسار الحرج فأول نشاط يمكن أن يكون واقعاً على المسار الحرج هو النشاط F3 بوقت يبلغ 431 يوماً.

المرحلة (2):

d(x2,x3)+f1(x1)				Optimum solution	
X2	X3=6	X3=7	X3=8	f2(x2)	X3
2	30+10=40			40	6
3		1+2=3		3	7
٥			3+2=5	5	8

مناقشة نتائج المرحلة (1):



بعد أن تم احتساب أطول وقت للوصول الى الأحداث الاربعة 8،7،6 تبين بأن:

أطول وقت من الحدث 2 الى الحدث 6 المتمثل بالنشاط A2= 10+30 = 40

أطول وقت من الحدث 3 الى الحدث 7 المتمثل بالنشاط A5= 1+2 = 3

أطول وقت من الحدث 5 الى الحدث 8 المتمثل بالنشاط F9= 3+2 = 5

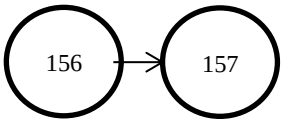
أما فيما يخص المسار الحرج فالنشاط الذي يمكن أن يكون واقعا على المسار الحرج هو النشاط A2 بوقت يبلغ 40 يوماً.

وهكذا سيستمر حل المشكلة على مراحل حتى الوصول للمرحلة الاخيرة التي تمثلت هنا بالمرحلة 101.

المرحلة (101):

$d(x_{101},x_{102})+f_{100}(x_{100})$		Optimum solution	
X_{101}	X_{102}=157	$F_{101}(x_{101})$	X_{102}
156	60+543=603	603	157

مناقشة نتائج المرحلة (101):



بعد أن تم احتساب أطول وقت للوصول الى الحدث 157 تبين بأن:

أطول وقت من الحدث 156 الى الحدث 157 المتمثل بالنشاط O6 = 60+543= 603

أما فيما يخص المسار الحرج فالنشاط الأخير الذي سيقع على المسار الحرج في هذه المرحلة هو النشاط O6 بوقت يبلغ 603 يوماً تراكمياً.

ملاحظة: للإطلاع على جميع مؤراحل جدولة المشروع باستعمال اسلوب البرمجة الديناميكية يرجى زيارة الرابط الآتي: http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.18399.74401.

٤,٤ مناقشة النتائج النهائية:

من تتابع المراحل والانشطة التي توقع في كل مرحلة أن تكون واقعة على المسار الحرج للمشروع نستنتج بأن المسار الحرج الناتج من تتابع مجموعة من الأنشطة الواقعة على مسار واحد ومجموع مدد انجازها يساوي المدة الاجمالية لإنجاز المشروع البالغة 603 يوم هو:

1 ⟶70⟶ 72 ⟶74 ⟶ 156⟶ 157
E9⟶ O8 ⟶N8⟶Q7⟶ S8⟶ O6 متمثلاً بالأنشطة

أما مدة انجاز المشروع الكلية هي مجموع مدد انجاز الانشطة الواقعة على المسار الحرج وكالآتي: 489+30+10+10+4+60=603 يوم مدة انجاز المشروع

للاطلاع على جميع المراحل يرجى زيارة الرابط الآتي:

http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.18399.74401

٥. الاستنتاجات:

١. أثبتت نتائج الدراسة ان اسلوب البرمجة الديناميكية انموذج حسابي فعال لصنع سلسلة من القرارات المترابطة ، كما وانه يزودنا باجراء منهجي لتحديد التوليفة المثلى من القرارات.
٢. بلغت المدة الإجمالية لإنجاز المشروع بعد باستخدام اسلوب البرمجة الديناميكية في جدولة المشروع 603 يوم، وهو أقل بـ439 يوم من المدة التي تم فيها انجاز المشروع البالغة 1112 يوم.
٣. رغم احتياج اسلوب البرمجة الديناميكية للتوصل الى الحل الأمثل للكثير من الجداول التكرارية إلا ان عملياته الحسابية سهلة.
٤. المسار الحرج الوحيد الذي توصلنا اليه عند استخدام اسلوب البرمجة الديناميكية هو:

1 ⟶70⟶ 72 ⟶74 ⟶ 156⟶ 157
E9⟶ O8 ⟶N8⟶Q7⟶ S8⟶ O6 متمثلاً بالأنشطة

٦. التوصيات:

١. دعم وتركيز اهتمام وزارة البيئة العراقية بمثل هكذا نوع من المشاريع لما لها من تأثير فعال في تقليل تلوث المياه والحفاظ على البيئة من التلوث اضافة الى الاستفادة من المياه الصناعية العتي تمت معاملتها لتنقيتها من الدهون وكافة الملوثات العالقة الأخرى.
٢. الاهتمام أكثر بالتخطيط المسبق لكافة نواحي المشروع والظروف المحيطة بها ما لها من أهمية بالغة في انجاح المشروع وخاصة في مثل هذه المشاريع الضخمة والتي تستنزف وقت وموارد ضخمة.
٣. العمل على ادخال الاساليب العلمية الحديثة ومنها اسلوب البرمجة الديناميكية التي تسهل من اجراءات جدولة أوقات تنفيذ المشروع وكذلك معرفة الحد المناسب من القوى العاملة اللازمة لتنفيذ كل مرحلة من المراحل التي يتم تقسمها وفق اسلوب البرمجة الديناميكية القائم على اساس تقسيم المشكلة الى مشاكل فرعية (مراحل) لتسهيل الحصول على الحل المناسب وهذا يجري أيضا مع جدولة المشروع والكثير من التطبيقات الاخرى التي استخدمت فيها البرمجة الديناميكية لحل المشاكل المتعلقة بها.
٤. محاولة ادخال اسلوب البرمجة الديناميكية ضمن تقنيات البرامج الحاسوبية لتسهيل العمل عليه اختصاراً للوقت وللحصول على نتائج أكثر دقة في الدراسات اللاحقة.

المصادر والمراجع:

أولاً: المصادر العربية:

١. أحمد، علياء عبدالأمير، ٢٠٢٠، جدولة المشاريع باستعمال اسلوب البرمجة الديناميكية والخوارزمية الذكية، رسالة ماجستير، جامعة بغداد، بغداد، العراق.
٢. بخيت، عبدالجبار خضر وبطيخ، عباس حسين وعطا، وخالد وليد، 2009، تحديد القرار الأمثل في عملية الانتاج باستخدام اسلوب البرمجة الديناميكية، المجلد ٥٥، العدد ١٥، ص١٦٩.
٣. الجراد، خلف مطر، ٢٠٠٦، البرمجة الديناميكية واستخدامها في توزيع الاستثمارات بين القطاعات الاقتصادية في سورية، مجلة جامعة دمشق للعلوم الاقتصادية والقانونية، المجلد ٢٢، العدد ١، ص٣.
٤. حسن، ضوية سلمان وجابر، عدنان شمخي والشمري، نذير عباي إبراهيم، ٢٠١٣، بحوث العمليات، ط١، مكتب الجزيرة لطباعة والنشر، الوزيرية، بغداد، العراق.
٥. خلف، وقاص سعد وحليم، حسين داود، ٢٠١٨، ايجاد أعظم تدفق ضبابي لزوار الامام الكاظم (ع) باستخدام أسلوب البرمجة الديناميكية الضبابية، مجلة العلوم الاقتصادية والادارية، المجلد ٢٤، العدد ١٠٣.
٦. شكري، قازي أول محمد، ٢٠١٥، فعالية استخدام البرمجة الديناميكية في عملية اتخاذ قرار ادارة المخزون - مشروع بناء سد شركة SEROR، اطروحة دكتوراه، جامعة أبي بكر بلقايد، تلمسان، الجزائر.
٧. الطائي، خالد ضاري عباس وهواش، محمد كاظم، بلا تاريخ، استعمال البرمجة الديناميكية العشوائية في تخطيط الانتاج: بحث تطبيقي في شركة مصافي الوسط، مجلة العلوم الاقتصادية والادارية، المجلد ٧١، العدد ١٩، ص٣٢٢-٣٢٤.
٨. العلي، عبدالستار محمد، ٢٠٠٩، إدارة المشروعات العامة، ط١، دار الميسرة للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.

ثانياً: المصادر الأجنبية:

9. Ahmed B. Senoui And Neil N. Eldin, 1996, "Dynamic Programming Approach To Scheduling Of Nonserial Linear Project", P.8.
10. Frederick S. Hillier and Gerald J. Lieberman, 2010, "Introduction To Operations Research", Ninth Edition, Americas, New York: Mcgraw-Hill, A Business Unit Of The Mcgraw-Hill Companies, Inc.
11. HaitaoLi,NormanK.Womer,2015,"Solving stochastic resource constrained project scheduling problems by closed loop approximate dynamic programming", European Journal of Operational Research,14,36.
12. Hamdy A. Taha, 2017, "Operations Research An Introduction", Tenth Edition, London: Pearson Education Limited.
13. Inas. R.Shareef, 2013, "Dna Sequences Similarity Using Dynamic Programming", Journal Of Kerbalauniversity, Vol. 11, No.1.
14. Jing Wang, Lixia Kang, Yongzhong Liu, 2020, "Optimal Scheduling For Electric Bus Fleets Based On Dynamic Programming Approach By Considering Battery Capacity Fade", Renewable And Sustainable Energy Reviews, 130 (109978).
15. Kimberly S. West,2017, "Approximate Dynamic Programming For The United States Air Force Officer Manpower Planning Problem", Master Thesis, Department Of The Air Force ,Air University,Air Force Institute Of Technology, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio.
16. P. Rama Murthy, 2007, "Operations Research", Second Edition, New Delhi: New Age International (P) Ltd.
17. Ravi Ravindran, 2009, "Operations Research Methodologies", London, New York: Taylor and Francis Group.
18. Rein Luus, 2000, "Iterative Dynamic Programing", London, New York: Chapman And Hall/CRC.
19. Russ J. Martinelli ,Dragan Z. Milosevic,2016," Project Management Toolbox", Second Edition, Canada: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jerse
20. S. Keoki Sears ,Glenn A. Sears ,Richard H. Clough ,Jerald L. Rounds , Robert O. Segner, Jr. ,2015 , "Construction Project Management" , Sixth Edition, Canada: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

21. Saleh Mubarak,2015," Construction Project Scheduling and Control", Third Edition, Canada: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
22. Saleh Mubarak, 2019," Construction Project Scheduling and Control", fourth Edition, Canada: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
23. Song Zhao and Zhe Xu,2021, "New Closed-Loop Approximate Dynamic Programming For Solving Stochastic Decentralized Multi-Project Scheduling Problem With Resource Transfers", Elsevier.
24. Thiago A.O. Silva, Mauricio C. De Souza, 2019, "Surgical Scheduling Under Uncertainty by Approximate Dynamic Programming", Omega, Vol. 7, No 19.