ادارة مشروع مجاري بلد الكبير باستخدام أسلوب البرمجة بالأهداف

أ.م.د. وقاص سعد خلف/ كلية الادارة والاقتصاد /جامعة بغداد
الباحث/ أمجد عباس عبد الرحيم البلداوي

المستخلص :

يعد مشروع مجاري بلد الكبير احد اكبر المشاريع التي هي قيد الانجاز في محافظة صلاح الدين ضمن خطة تنمية الاقاليم للعام ٢٠١٣ ، فهو مشروع ضخم يسير باتجاهين الاول مد الشبكات و الثاني انشاء محطات الرفع وللمحورين (الثقيل والمطري) ، والتي تسعى مديرية مجاري صلاح الدين تنفيذه لخدمة اربعة احياء في قضاء بلد .

إن من أهم التحديات التي تعيق ادارة المشاريع اليوم هي التأكد من انجاز تلك المشاريع في وقتها المحدد ، وكذلك الكلفة و المعاير الفنية المحدد ايضا ، وعلى الرغم خضوع اغلب هذه المشاريع لقيود محددة (محددات) تتعلق بالوقت واخرى تتعلق بالموارد المالية المخصصة للمشروع لذا فأن موضوع الوقت والكلفة في ادارة اي مشروع يحتاج الى حسابات دقيقة لهما .

وقد تم اختيار هذا المشروع للدراسة لعدة اسباب مهمة ، السبب الاول : إن المشروع متوقف حاليا بسبب الظروف الامنية والمادية في صلاح الدين على وجه الخصوص ، وهذا دافع كبير لدراسة كيفية التعامل مع وقت وكلفة انجازه في حال استأنف العمل به ، والسبب ثانيا اثناء تنفيذ المشروع كانت هنالك انحرافات عن نسب الانجاز الفعلي ، مما يدفع الى توفير دراسة وبأسلوب علمي ومنطقي لتجاوز هذه الانحرافات في المستقبل ، اما السبب الثالث فهو إن المشروع يحتوي على الكثير من الانشطة مما يعطي اهمية كبيرة للأساليب العلمية والرياضية التي سوف تؤثر بشكل كبير في تنفيذ المشروع بأسلوب مدروس .

لذا تمت دراسة المشروع من جديد وفقا لأساليب علمية ورياضية حديثة ، اختيار اسلوب المسار الحرج (CPM) بوصفه احد اساليب الادارة العلمية للمشاريع لإيجاد وقت انجاز المشروع الطبيعي والتعجيلي ، وبما ان لإدارة هذا المشروع اهداف متعددة تسعى الى تحقيقها في مدة زمنية محددة ، الامر الذي يتطلب الكثير من الدقة في الوصول للقرارات المناسبة ، فكان من الاجدر استخدام اسلوب رياضي كفوء لبناء نموذج رياضي متعدد الاهداف يعمل مع جميع هذه المتغيرات في المدة الزمنية المحددة وبحسب اولوياتها وتسمى البرمجة الهدفية (Goal Programming) ، وكذلك تم استخدام بعض البرامج الجاهزة لرسم الشبكة كبرنامج (Primavera V6) والبرنامج الهندسي المعروف (AUTO CAD 2015) ، وبرنامج (Win QSB) لحل الأنموذج متعدد الاهداف ، ومحاولة الافادة من مميزات هذه البرامج في جدولة المشروع .

المصطلحات الرئيسة للبحث / إدارة المشروع ، جدولة المشروع ، برمجة الأهداف ، أسلوب المسار الحرج (CPM) ، الجدولة بطريقة مبتكرة بواسطة برنامج (Auto Cad 2015) .

مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية
العدد ٩٣ المجلد 22
الصفحات ١٦٢-١٩٤

*بحث مستل من بحث دبلوم عالي.

اتخذ البحث مساره النظري والعملي على وفق المباحث الآتية :

المبحث الأول : منهجية البحث — المبحث الثاني : جدولة المشروع

المبحث الثالث : برمجة الأهداف — المبحث الرابع : الإطار العملي للبحث

المبحث الخامس : الاستنتاجات والتوصيات

المقدمة :

تسعى اغلب الدول للفوز بمضمار المنافسة لاهتمامها بالمشاريع سواء كانت هذه المشاريع إنتاجية ، خدمية أو عمرانية ، كما إن هناك تطور سريع قد حصل في الدول المتقدمة في العالم اليوم يدفعنا لمواكبة هذه التطورات ، لاسيما إننا متأخرين عن بقية الدول لعقود من الزمن بسبب الظروف العصيبة التي مرت بنا ، وللخروج من النطاق الضيق إلى نطاق أوسع للكشف عن الفرص الموجودة والمحتملة في انجاز المشاريع ، وكيفية استثمار هذه الفرص لتحقيق أداء متميز في تلك الأعمال ، وكيفية التعامل مع الوقت والكلفة وبعض المتغيرات الأخرى في إدارة المشاريع سواء كانت صغيرة أم كبيرة لابد من استخدام طرائق علمية ورياضية حديثة لإدارتها .

ان مفهوم المشروع اليوم قد تبلور كنتاج أفرزتها بيئة الأعمال والصناعات المختلفة والمتطورة بشكل سريع جدا ، وهذا يتطلب أنماط جديدة لتنظيم هذه الأعمال ، وكانت الأداة الإدارية المثالية للتعامل مع مثل هذه الأنماط هي إدارة المشاريع ، وان ما يجب أن نركز عليه في دورة حياة المشروع اولا هو مرحلة جدولة المشروع ، تعد هذه المرحلة من أهم المراحل الخاصة بالمشروع وفي هذه المرحلة يتم التعامل مع احد أهم متغير في إدارة المشاريع وهو الوقت ، إضافة إلى وضع التقديرات لحاجة كل نشاط من الموارد الرئيسية كالكلف ، المواد ، المعدات ، القوى العاملة وغيرها .

وقد تم استعمال واحدة من اكفأ الطرق في جدولة المشاريع وهي طريقة المسار الحرج (CPM) لإيجاد الوقت والكلفة الطبيعيتين لإنجاز المشروع وكذلك الوقت والكلفة التعجيليتين لمشروع مجاري بلد الكبير في ضل وجود علاقات متشعبة ومتداخلة بين أنشطة المشروع ، كما تم استخدام أسلوب البرمجة بالأهداف (Goal Programming) لتكوين أنموذج رياضي يهدف لتحقيق الأهداف المتعددة والتي تسعى الإدارة إلى تحقيقها في الوقت نفسه .

و بلا شك قدم العديد من الباحثين دراسات متعددة ومتنوعة حول موضوع جدولة المشروع باستعمال اسلوب البرمجة بالأهداف وفي ما يلي خلاصة لبعض الدراسات والبحوث السابقة حول هذا الموضوع ففي عام 2015 قدمت الباحثة (خضر) دراسة ميدانية في مشروع القرية العصرية في محافظة واسط باستعمال اسلوب البرمجة بالأهداف ، حيث بينت النتائج التي حصلت عليها الباحثة من حل الانموذج الرياضي لهذه الدراسة الأهمية الكبيرة لهذا الأسلوب عند وجود اهداف كثيرة متعددة ومختلفة نسبيا في أهميتها لإدارة الشركة في ظل وجود علاقة غير تقليدية لبعض انشطة المشروع ، وكذلك في عام 2014 قام الباحثان (Berrouiguet&Tissourassi) بتقديم دراسة عن تطبيق برمجة الاهداف بالمبادلة بين الوقت والكلفة ، وتم تطبيق هذه الدراسة في شركة (SEROR) للبناء والأعمار في الجزائر وقد تم اختيار ثلاث مشاريع مختلفة لغرض انجازها بالوقت والكلفة المناسب ، وقد توصل الباحثان الى إمكانية انجاز المشروعين الاول والثاني ضمن الوقت والكلفة المناسبين اما المشروع الثالث لم يحقق هدف المبادلة بين وقته وكلفته حيث يحتاج إلى (027.03 161 2) دينار جزائري ككلفة إضافية لكلفته الاصلية والبالغة (789.61 971 127) دينار جزائري ، اما في عام 2010 فقد اعتمد الباحث (Mubiru) على اسلوب البرمجة بالأهداف في حساب الوقت والكلفة المرغوب فيهما وقد استنتج الباحث ان اسلوب البرمجة بالأهداف حقق مستوى مرضي من الاهداف القابلة للتنفيذ ، كذلك استخدم الباحث (Premachandra) في عام 2007 البرمجة الهدفية في عملية ضغط شبكات المشروع ، حيث قام الباحث بأخذ مشروع إنتاجي متعدد الاهداف ووظف البرمجة بالأهداف في التعامل مع جميع هذه الاهداف ، ومن خلال النتائج حقق الباحث الهدفين الاول (ضغط النشاط H) والثاني (انجاز المشروع في 9 أسابيع) ولم يحقق الهدف الثالث (حصر كلفة المشروع بمبلغ 4000 دولار) .

ويختلف هذا البحث عن البحوث والرسائل السابقة بطابعة التطبيقي من جهة ومن جهة اخرى استخدام اسلوب جديد ومبتكر في جدولة المشروع بواسطة برنامج ال(AutoCAD) .

المبحث الأول / منهجية البحث

أولا : مشكلة البحث

من الواضح إن بلدنا يعاني اليوم من الكثير من المشاريع المتلكئة ومن هذه المشاريع هو مشروع مجاري بلد الكبير في محافظة صلاح الدين حيث لم يتم انجازه لحد ألان على الرغم من مرور مدة طويلة على المباشرة بالعمل منذ 31/1/2013 وهذا بسبب تلكأ الشركة المنفذة للعمل وذلك لأسباب عديدة منها ما يتعلق بالقوانين والتعليمات النافذة ومنها ما يتعلق بالظرف الأمني ، والتي يسعى الباحث قدر الامكان إيجاد حلول لها ومن أسباب التلكؤ هي :

١) عدم دقة الشركات في احتساب المبالغ المطلوبة لتنفيذ المشروع ، وذلك لعدم اعتمادها على الأساليب العلمية الحديثة.

٢) هناك الكثير من الشركات غير الرصينة وغير القادرة على دراسة المشاريع وانجازها بأساليب علمية حديثة.

وبناءً على الأساليب العلمية والرياضية الحديثة التي سوف يقوم الباحث باستخدامها في التحكم في جدولة المشروع في هذا البحث سوف نقوم بالإجابة عن التساؤلات الاتية :

١) هل يمكن احتساب وقت وكلفة انجاز المشروع في الظرف الطبيعي وفي ظل وجود علاقات متداخلة بين الانشطة ؟

٢) هل يمكن التعجيل في انجاز المشروع مع ضمان عدم تجاوز حدود الكلفة المتفق عليها ؟

٣) هل بالإمكان استعمال اسلوب رياضي وكمي كفوء هو (برمجة الاهداف) في تحقيق مجموعة من الاهداف التي ترغب الادارة في تحقيقها جميعا في وقت واحد ؟

ثانيا : هدف البحث

استخدام اسلوب المسار الحرج (CPM) لإيجاد وقت وكلفة انجاز المشروع في الظروف الطبيعية والتعجيلية ، حيث تم الاعتماد على برنامج (AutoCad.2015) في رسم اعتمادية المشروع وكذلك احتساب وقت انجازه ، وبما ان ادارة المشروع تملك عدة اهداف تسعى لتحقيقها كان لابد من استخدام اسلوب رياضي كفوء هو برمجة الاهداف لبناء نموذج رياضي متعدد الاهداف يساعد ادارة المشروع على تحقيق العديد من الاهداف في وقت واحد من خلال استخدام احد البرامج الجاهزة والكفؤة في إيجاد النتائج لمثل هذه المعادلات وهو (Win Q.S.B) لهذا من اهم اهداف البحث هي :

١) صياغة انموذج رياضي لأهداف متعددة ترغب الجهة المستفيدة والشركة المنفذة للمشروع تحقيقها في وقت واحد وفقا لأهميتها النسبية ، وبهذا مساعدة مدير المشروع من اتخاذ القرارات الصحيحة وفقا للأساليب الرياضية الحديثة .

٢) توضيح العلاقات التقليدية وغير التقليدية بين الانشطة من خلال رسم اعتمادية الانشطة وكذلك الاعتماد على البرامج الرصينة مثل (AutoCad.2015) في جدولة المشروع الذي يعتمد عليه اغلب مديري المشاريع في عمل مخططات مشاريعهم .

٣) مساعدة المسؤولين على تنفيذ مشروع مجاري بلد الكبير وغيرها من مشاريع البنى التحتية في محافظة صلاح الدين بوضع الأسس العلمية الرصينة في حساباتهم والاستفادة منها في المستقبل.

ثالثا : أهمية البحث: يكتسب البحث أهميته من عدة محاور اهمها :

١) يتميز البحث بطابعة العملي والتطبيقي لهذا ستكون له اهمية كبيرة في كيفية عمل الدوائر الحكومية بشكل عام ودوائر محافظة صلاح الدين بشكل خاص في كيفية ادارة وجدولة المشروع وكذلك الية اختيار الشركات المتقدمة لتنفيذ المشاريع في المستقبل .

٢) يحتوي البحث على اسلوب جديد مبتكر لجدولة المشروع وهو الجدولة بواسطة برنامج ال(AutoCAD) وبهذا يمكن ان يكون لهذا البحث قيمة علمية يعتمد عليها في اعداد البحوث القادمة في هذا المجال .

رابعا : حدود البحث (الزمانية و المكانية)

الحدود الزمانية : بدأ الباحث على دراسة المشروع ومن ثم جمع البيانات اللازمة عنه منذ تاريخ المباشرة في ٢٠١٣/١/٣١ الى تاريخ توقفه في ١٢ / ٦/ ٢٠١٤ من ديوان محافظة صلاح الدين و دائرة مجاري بلد ومديرية مجاري صلاح الدين وكذلك الشركة المنفذة للمشروع ، وذلك في ٢٠١٥/٩/٢٠ و استمر الباحث ما يقارب ثلاثة اشهر بدراسة جوانب المشروع المتعددة وكذلك مقابلة المهندسين المختصين ودراسة تقارير الشركة الاستشارية للمشروع لجمع البيانات والمعلومات التي احتاجها الباحث لإكمال جميع متطلبات البحث .
الحدود المكانية : تم اختيار مشروع مجاري بلد الكبير في محافظة صلاح الدين وبالتحديد في قضاء بلد كحدود مكانية للبحث كونها من المناطق التي تحتاج انشاء مثل هذه المشاريع المهمة .

خامسا : الطرائق و الأدوات المستخدمة في ايجاد النتائج

استخدم الباحث اسلوب المسار الحرج (CPM) لإيجاد وقت وكلفة انجاز المشروع في الظروف الطبيعية والتعجيلية كما استخدم اسلوب برمجة الاهداف (طريقة الاولويات) لبناء الانموذج الرياضي (متعدد الاهداف) اما الادوات المستخدمة في ايجاد النتائج هي :

١) البرنامج الجاهز (Win Q.S.B) والذي تم استخدامه في حل الانموذج الرياضي لمعادلات البرمجة الهدفية.
٢) برنامج (AutoCad.2015) والمستخدم في رسم الشبكات وكذلك جدولة المشروع بالأسلوب الخطي المبتكر من قبل الباحث وهو احد أشهر البرامج الهندسية المستخدم في إعداد التصاميم الهندسية المختلفة .

المبحث الثاني / الإطار النظري: جدولة المشروع

أولا : مفهوم المشروع : هناك تعاريف عديدة ومنوعة لمفهوم المشروع ومنها :

عرفها العقلة على انها رسم خطة من اجل بذل مجهود لتحقيق متطلبات محددة ويتصف بأن له اهداف محددة وبداية ونهاية محددة (العقلة ، ٢٠٠٧ : ٣) ، كما عرفت من قبل (krajewski & Ritzman , 2005 : 342) مجموعة من الانشطة المترابطة التي لها نقطتا بداية ونهاية محدده ويخصص موارد محددة لها والتي ينتج منها منتج فريد ، اما Heizer فقد عرفها بسلسة من المهام المترابطة موجهه نحو منتج رئيس. (Heizer & Rander , 2006 : 321)

لهذا يتوجب علينا لتنفيذ أي مشروع توفير الموارد الضرورية له أولا ، ومن ثم يأتي دور الادارة في كيفية استثمار جميع هذه الموارد بالشكل الأفضل أي بكفاءة وفاعلية لتحقيق الهدف المنشود منه ، وبهذا يجب التأكد بأن الموارد جميعها تمثل قيودا كالوقت وكذلك المواصفات والشروط الواجب تحقيقها بما يحقق الغاية من المشروع ، ووفقا لهذا المبدأ تأتي أهمية وظيفتي التخطيط والجدولة التي تحتم على ادارة المشروع التفاعل معها بدقة و شمولية عالية ، وبهذا يمكن وضع تعريفا مبسطا لجدولة المشروع (Project Schedule) بأنها " عملية تحول خطة المشروع (Project Plan) الى جدول زمني (Project Table) لتشغيل المشروع ابتدءا من لحظة المباشرة (Start) مرورا بجميع الانشطة المتتابعة والمتداخلة والاحداث (Events) والمحطات الرئيسية (Milestones) وصولا الى لحظة انتهاء العمل في المشروع (Finish) وتحديد الوقت اللازم لتنفيذ المشروع من لحظة البدء وحتى لحظة الانتهاء " (خير الدين ، ٢٠١٢ : ١٣٨) ، وبالاعتماد على كل ما تقدم يمكن تعريفه بأنه مجموعة من النشاطات المتتالية والمتداخلة لها ازمنة وكلف محددة .

ثانيا : أهمية جدولة المشروع:

تهتم جدولة المشروع بأحد اهم المكونات في المشروع وهو الزمن فهو واحد من اهم الاهداف للمشروع فان ادارة الوقت تعد من العوامل المهمة في وصول المشروع الى أهدافه وتحقيق الكثير من المنافع ومنها : (خير الدين ، ٢٠١٢ : ١٣٩)، (Wysocki , 2009 : 175)

١) ت١- تعد جدولة المشروع إطارا منسقا لتخطيط وتوجيه ومراقبه المشروع .
٢) ت٢- توضح جدولة المشروع حالات الاعتمادية والتداخل (Interdependency) بين كافة الانشطة ووحدات العمل وحزم العمل والمهام في المشروع .

٣) ٣- تساعد الجدولة على ايجاد ترابط منطقي واقصر بين الأقسام والوظائف وفرق العمل لإنجاز العمل بشكل سلس ومتناسق .

٤) س٤- تساعد الجدولة على ايجاد وقت انجاز المشروع من خلال مسارها الحرج ومن ثم تمت معرفة النشاطات الحرجة (Critical Activties) التي إذا تأخر تنفيذها سوف يتأخر زمن انجاز المشروع وكذلك معرفة الانشطة غير الحرجة (Non Critical Activties) التي اذا تأخرت لوقت محدد ضمن حدود المسار الحرج لا تؤثر سلبا على وقت انجاز المشروع ومن ثم وضع أولويات للنشاطات .

٥) ت٥- تساعد الجدولة منفذ المشروع من وضع تواريخ محددة لبداية ونهاية كل نشاط من الانشطة وعلاقة هذه الانشطة بالأنشطة الاخرى وهذا يساعد في عمل التنسيق اللازم لإتمام الانشطة ولاسيما الحرجة منها في الزمن المحدد والمطلوب بشكل انسيابي ومتناسق ودون حصول أي اختناقات في العمل .

٦) و٦- تساعد جدولة المشروع في تقليل الخلافات الشخصية والقضاء على الصراعات على الموارد وذلك لأن الزمن قد تم تحديده مسبقا ومن ثم الحاجة لأي موارد سوف يصبح معروفا وتستطيع جميع الاطراف الاستفادة من جدولة المشروع للتنسيق في ما بينها لتأمين هذه الموارد التي تمت دراستها مسبقا .

ثالثا : مراحل جدولة المشروع: وهي ثلاث مراحل رئيسة وكما يأتي: (العلي ، ٢٠٠٩ : ١٨٨)

١) مرحلة التخطيط (Planning Phase) : تعد هذه المرحلة من اهم مراحل جدولة المشروع والذي سوف تصبح في ما بعد اساسا لجميع اعمال الشركة ، ومن الضروري محاذاة اهداف المشروع مع الاستراتيجيات التي تريد إدارته تحقيقها ، وعن طريقه يتم وضع مؤشرات الاداء الرئيسة لمتابعة اداء العمل في المشاريع وتتضمن هذه المرحلة تحليل الانشطة وتحويلها لمجاميع من الانشطة تتميز هذه الأنشطة بنوع العمل نفسه وهذا ما يعرف بطريقة (WBS[1]) ، وبعدها يتم بناء الشبكة (Network) و تبدأ من تحديد وظيفة كل نشاط ومن ثم علاقته بالأنشطة الاخرى أي تتابعا واعتمادها على بعضها .

٢) مرحلة جدولة الانشطة (Scheduling Phase) : تتضمن تحديد وقت كل نشاط وتكلفته ومن ثم تخمين الكلفة الكلية لإنجاز المشروع و توفير الموارد المالية والبشرية لكل نشاط من الانشطة .

٣) مرحلة الرقابة (Control Phase) : مرحلة التحقق من ان العمل قد تم انجازه في وقته المحدد وفقا لما تم تخطيطه مسبقا او قد حدثت انحرافات في التنفيذ مثل التأخير في بعض الانشطة او اختلاف الموارد البشرية والمادية عن المقدار المحدد ومن ثم القيام بإجراءات تصحيحية لمعالجه هذه الانحرافات وكذلك تلافي حدوثها في المستقبل .

رابعا : ادارة المشروع :

أ) كلف جدولة المشروع:

يجب حساب جميع الموارد الضرورية لكل نشاط و فاعليته من القوى الفاعلة و الإشراف و التوجيه الاداري مثل (الرواتب ، الاعمال الاضافية والمميزات الاخرى) كذلك الموارد المادية مثل (الماء ، الكهرباء والمواد الأولية) فضلا عن تكاليف المشروع الثابتة ، لتقدير كلفة المشروع ، ولتحقيق ترابط منطقي بين تكاليف المشروع للوصول الى الوقت المناسب اللازم لإنهاء المشروع ، مع مراعاة التنسيق في الاعمال كي لا تكون هناك أي كلف او أعباء اضافية يلجا المديرون القائمون على المشروع الى ما يأتي لإدارة كلف الجدولة .(Nagarajan,2004:23)، (Passenheim,2005:27)

١) التحليل (تحليل جميع الانشطة اللازمة) .
٢) تحديد النشاطات بحسب التسلسل (تحديد فعالياته السابق واللاحق) .
٣) الرسم (رسم الشبكة وتحديد المسار الحرج لها) .
٤) حساب الكلف .

اما ادارة كلفة المشروع فتتمثل بما يأتي : (Pmbok , 2004 : 82)

اولا: تقدير التكاليف : يتطلب تقدير حجم التكاليف اللازم لإتمام المشروع ، وتحديد هيكل تقسيم الاعمال وتحديد الاحتياجات من الموارد وتخمين اسعار المواد وبعض المعلومات حول اسعارها في الفترات السابقة حيث تقسم تكاليف المشروع لقسمين هما :

[1] Work Break Structure :

١) التكاليف المباشرة (Direct Costs) : مثل الأيدي العاملة ، تشغيل مكائن واضافة ساعات عمل وشراء معدات اضافية وغيرها ، وتصنف هذه التكاليف الى صنفين :

- تكاليف طبيعية (Normal Costs) .
- تكاليف تعجيلية او مضغوطة (Crash Costs) .

و لهذا سوف يترتب على هذا التقسيم للكلفة تقسيما للوقت وهذا التقسيم كما يأتي :

- وقت طبيعي (Normal Time) : اي الوقت اللازم لإنجاز المشروع في ظل الظروف الطبيعية .
- وقت تعجيلي او مضغوط (Crash Time) : اي اقصر وقت ممكن لإنجاز المشروع .

٢) التكاليف غير المباشرة (Indirect Costs) : مثل الرسوم ، الضرائب والاشراف وغيرها .

ثانيا : تحديد الموازنة : اي تحديد مصادر الإنفاق التي تصاحب كل نشاط من الانشطة ويكون هذا من تقدير الكلفة ، وهيكل تقسيم الاعمال وتسلسلها والبرنامج الزمني لإنجازها .

ثالثا : الرقابة على التكاليف : اي مراقبة التغيرات في موازنة المشروع ومحاولة تجنب جميع العوائق التي تعرقل سير الاعمال بالاعتماد على تقارير سير الاعمال ومن ثم تعديل او تغير خطة ادارة الكلفة لنشاط او أكثر.

ب) <u>ادارة وقت المشروع:</u>

ويشمل العمليات المطلوبة لضمان إتمام المشروع في وقته المحدد ، وتشمل عمليات ادارة وقت المشروع ما يأتي : (المعهد القومي للمقاييس الأمريكية ، ٢٠٠٦ : ١٢٧)،(White & Fortune , 2004 : 9)

١) تحديد النشاط : تحديد أنشطة الجدول التي تحتاج الى التركيز عليها عند تنفيذها لأهميتها .
٢) تتابع الانشطة : معرفة الاعتمادية بين الانشطة .
٣) تقدير موارد النشاط : تقدير نوع الموارد لكل نشاط والكميات المطلوبة لتنفيذه .

تقدير الفترة الزمنية للنشاط : تقدير فترات العمل المطلوبة لإتمام تنفيذ كل نشاط منفردا .

٤) تطوير الجدول الزمني : دراسة تسلسلات الانشطة ومددها الزمنية ومتطلباتها من الموارد والقيود الزمنية المفروضة وبالتالي الخروج من ذلك بجدول زمني لإنجاز اعمال المشروع .
٥) ضبط الجدول الزمني للمشروع : اي ضبط تغيراته .

هناك تفاعل بين جميع هذه العمليات ويمكن ان تنجز كل واحدة منها بجهد فردي او بجهد جماعي وكذلك بالاعتماد على حاجة المشروع الاساسية ، كما يمكن ان تحدث كل عملية من العمليات المذكورة انفا مرة واحدة على الأقل في كل مشروع .

ج) <u>المفاضلة بين الوقت والكلفة :</u>

ان اهم بعدين تتم جدولة المشاريع على أساسها هي الزمن (الوقت) والكلفة وفي اغلب الأحيان فأن الزمن يتناسب عكسيا مع الكلفة في جدولة المشروع اي عندما نرغب بتعجيل وقت انجاز المشروع سوف يكون مصاحبا لزيادة في كلفته وذلك لأن ضغط الوقت يحتاج الى موارد اضافية مثل (استعمال آليات اضافية ، زيادة ساعات العمل ، وزيادة عدد العمال ، وإعطاء أجور اضافية للمشرفين وغيرها) .

وان نماذج الشبكات تتيح المفاضلة بين هذين البعدين ، فهذه المخططات تعد الأداة المهمة لمراقبة وحساب الوقت والكلفة ، وان مبدأ المفاضلة الذي تقوم عليه هو تدنيه التكاليف الى اقل ما يمكن بعد ضغط أوقات تنفيذها الى ادنى حد ممكن . (ألعبيدي & الفضل ، ٢٠١٠ : ٢٣٢)

اما المفاضلة بين النشاطات التي سوف نقوم بضغطها أولا ستتم من خلال احتساب الميل (Slop) عن طريق المعادلة الاتية :

$$(Slop) = \frac{\text{فرق الكلف}}{\text{فرق الوقت}} \quad \text{.....} \quad (2\text{-}1)$$

خامسا : اسلوب المسار الحرج CPM في جدولة المشروع :

ظهر اسلوب المسار الحرج في عام ١٩٥٧ على يد كل من (Remington & Rand) لغرض المساعدة في حل مشكلة إيقاف وحدات الإنتاج للصيانة ثم إعادة تشغيلها في بعض الشركات الكبرى ومنذ ذلك الوقت توسع صيت اسلوب المسار الحرج المعروف ب (CPM). (Brien & Plotnick , 2010 : 25 O') وبسبب المزايا التي تحققت من استعمال هذا الأسلوب قامت شركة (Du Pount) في امريكا باستعماله وتخفيض زمن إصلاح الأعطال من (١٢٥ الى ٧٨) ساعة . (عابد ، ٢٠١١ : ٢١٢) ، وكذلك يستخدم هذا

الأسلوب على سبيل المثال في :

١) ر١- رسم شبكة اعمال خاصة بنقل الغاز او غيرها بواسطة الأنابيب من منطقة الاستلام الى منطقة التسليم والغرض من ذلك هو تقليل كلفة انشاء خط الأنابيب .
٢) ع٢- عمل شبكة اعمال خاصة بإنشاء المباني والجسور والغرض منها الوصول الى الوقت الفعلي لأنجازها .
٣) ت٣- تحديد الطرق بين منطقتين ، والغرض تقليل الوقت او الكلفة او كلاهما .

تعد تقنية المسار الحرج من الأساليب المهمة في استخدامها للأدوات الكمية ، اذ تساعد المدراء في المشاريع من اتخاذ القرارات المناسبة في تحليلهم او تخطيطهم او جدولتهم للمشاريع الموكلة إليهم ، وخصوصا المشاريع الكبيرة ذات النشاطات المعقدة ، حيث يقوم المدير او المخطط في اسلوب المسار الحرج الى تدنيه كلف المشروع كما يمكن تغير وقت أكثر الأزمنة وبالنتيجة يتم تحمل موارد اضافية والمتمثلة بالآلات والأيدي العاملة وكذلك رأس المال وغيرها ، وهذا الضغط للمشاريع ينجم عنه زيادة في التكلفة الكلية للمشروع . (خير الدين ، ٢٠١٢ : ١٥٠)

أ) : **أهمية طريقة المسار الحرج** : **تكمن اهمية المسار الحرج من خلال ما يلي** :

١) التبوء بالوقت اللازم لإنهاء المشروع .
٢) الحصول على تمثيل تخطيطي للمشروع .
٣) ان هذا الأسلوب يتوقع ما سيحدث ومن ثم تعمل على التحكم في الانشطة .
٤) التفرقة بين الانشطة الحرجة وغير الحرجة في المشروع ومن ثم تحديد إمكانية المناورة بالنسبة لكل نشاط من الانشطة حيث يمكن نقل بعض الاعمال كنقل المواد والموارد من الانشطة غير الحرجه والتركيز على الحرجة مما سوف ينتج عنه تقليل وقت أجاز المشروع دون التأثير في كلفته . (نعمان ، ٢٠١٢ : ١٩٨)

ب) : **خطوات حساب المسار الحرج**: (**عابد** ، ٢٠١١ : ٢٠٢)،(**الفرهود** ، ٢٠١٢ : ١٤)

١) معرفة النشاطات التي يتكون منها المشروع وبيان الانشطة السابقة والتالية وبالتالي معرفة اعتماديتها .
٢) تصميم شبكة العمل تبعاً لاعتمادية الاعمال (الانشطة) وتداخلها .
٣) تخمين وقت البداية المبكرة (ES) والنهاية المبكرة (EF) لأزمنة الانشطة .
٤) تخمين وقت البداية المتأخرة (LS) والنهاية المتأخرة (LF) لأزمنة الانشطة .
٥) احتساب الوقت الفائض (Slack) لكل نشاط من الانشطة .
٦) احتساب الوقت الكلي النهائي لإكمال وقت عمل المشروع والمسمى بالمسار الحرج (CPM).

ج) : **حسابات طريقة المسار الحرج** : (**خضر** ، ٢٠١٥ : ١٩) (O'Brien & Plotnick , 2010 : 45)

لتحديد المسار الحرج لأي مشروع لابد من حساب مايأتي :

١) حساب الأوقات المبكرة والمتأخرة للمشروع : ولهذا الغرض يتم إجراء نوعين من الحسابات:

- الحسابات الأمامية (Forward Computation) : تبدأ من أول نقطة زمنية في المخطط الشبكي وتتجه الى آخر نقطة زمنية في المخطط أيضا ، وعند كل نقطة زمنية نضع رقم (يوضع داخل مربع صغير) ويمثل ذلك الرقم وقت الابتداء المبكر لهذا النشاط الذي يبدأ بالحدث (i) وكذلك الانشطة الأخرى ، ويعد اقرب وقت تم تخمينه لإتمام نشاط معين وبحسب المعادلات الاتية :

أ) الحدث الاول لأي مخطط شبكي يساوي صفراً .

$$ES\ 1 = LS\ 1 = 0 \qquad (2\text{-}2)$$

ب) اذا كان الحدث (j) في المخطط الشبكي يرتبط بنشاط واحد ، فأن معادلته الرياضية هي :

$$EFj = ESi + Dij^{٢} \qquad (2\text{-}3)$$

ت) اذا كان الحدث (j) يرتبط بأكثر من نشاط واحد ، نستخدم أعلى وقت مبكر لهذا الحدث ، ومن ثم فان معادلته الرياضية هي :

$$EFj = Max\ (ESi + Dij) \qquad (2\text{-}4)$$

[٢] : الفترة الزمنية اللازمة لإنجاز النشاطين (i & j)

• الحسابات الخلفية (Backward Computation) : تبدأ هذه الحسابات من حيث تنتهي الحسابات الأمامية أي إنها تبدأ من الحدث الأخير في المخطط الشبكي وتنخفض بشكل تراجعي الى الحدث الاول ، وهي الحسابات التي تحدد الوقت المتأخر لانجاز الانشطة ، وفقاً للمعادلات الرياضية الاتية :

أ) الحدث الأخير في المخطط الشبكي يساوي وقت انجاز المشروع وحسب المعادلة الرياضية الاتية :

$$LSj = EFj \qquad (2\text{-}5)$$

ب) اذا كان الحدث (i) في المخطط الشبكي يرتبط بنشاط واحد ، فأن معادلته الرياضية هي :

$$LSi = LFj - Dij \qquad (2\text{-}6)$$

ت) اذا كان الحدث (i) يرتبط بأكثر من نشاط واحد ، نستخدم اقل وقت لهذا الحدث ، ومن ثم فان معادلته الرياضية هي :

$$LSi = Min\ (LFj + Dij) \qquad (2\text{-}7)$$

٢) حساب أوقات المرونة (Float Times) :

يقصد بها الوقت الفائض بين الفترة التي تم التخطيط لها والأوقات الفعلية وقيمتها تكون اما موجبة او صفرية او سالبة ، فالموجبة تعني هناك إمكانية تأخير تنفيذ النشاط ضمن حدود تلك المرونة ، والصفرية فهي لا يمكن ان تتحمل أي تأخير في تنفيذها أي انها ضمن النشاطات الحرجة ، وما السالبة فهي تعني ان الوقت المتوفر غير كافي لإتمام العمل ، وهناك أنواع للمرونة اهمها : (الموسوي ، ٢٠٠٩ : ١٨٨)

أ) اوقات المرونة الكلية (Total Slack Time) : وهي الفرق بين الزمن المتاح لإنجاز النشاط والوقت الذي يتطلبه النشاط فعلا ، اي اكبر وقت يمكن تأجيل النشاط او التأخر في انجازه من دون التأثير على وقت انجاز المشروع الكلي ، ويرمز لها (TS) ويمكن حسابها من الفرق بين البدايتين (المبكرة والمتأخرة) والنهايتين (المبكرة والمتأخرة) ويحسب من المعادلتين الاتيتين :

$$TS = LSi - ESi \qquad (2\text{-}8)$$

$$TS = LFj - EFj \qquad (2\text{-}9)$$

ب) الوقت المرن الحر (Free Float Times) : وهو اكبر وقت يمكن ان يتأخر بدء النشاط على ضوءه مع افتراض ان كافة الانشطة السابقة الاخرى قد ابتدأت في الأوقات المبكرة لها ويرمز لهذا الوقت (FFij) للنشاط (ij) ويتم حسابه من خلال المعادلة التالية :

$$F.Fij = Ef\ j - Esi - Dij \qquad (2\text{-}10)$$

ت) الوقت المرن المستقل (Independent Float) :

هو كمية الوقت الذي يمكن ان يتأخر بقدرها بدء النشاط دون ان يؤثر في البدايات المبكرة للأنشطة التالية وبافتراض بان النشاط السابق قد انجز في نهايته المتأخرة ويرمز له (IF) ، ويحسب من المعادلة التالية : (سعدي ، ٢٠٠٤ : ٢٤١)

$$IF = Min\ (EFj) - Max\ (LSi) - Di \qquad (2\text{-}11)$$

سادسا : رسم شبكة المسار الحرج:

يعد رسم الشبكة هو اساس التنفيذ التقليدي المعروف لطريقة المسار الحرج يمثل السهم نشاط واحد في المشروع حيث ان بداية السهم يمثل بداية النشاط (Start) ونهاية السهم يمثل انتهاء النشاط (Finish) وكما موضح بالشكل (٢-١)، ويمكن رسم السهم بأشكال مختلفة كالمنحنيات او الخطوط المستقيمة والمائلة ، ولكن بدون ان يتقاطع بوصفه نشاطا منفصلا . (O'Brien & Plotnick , 2010 : 25)

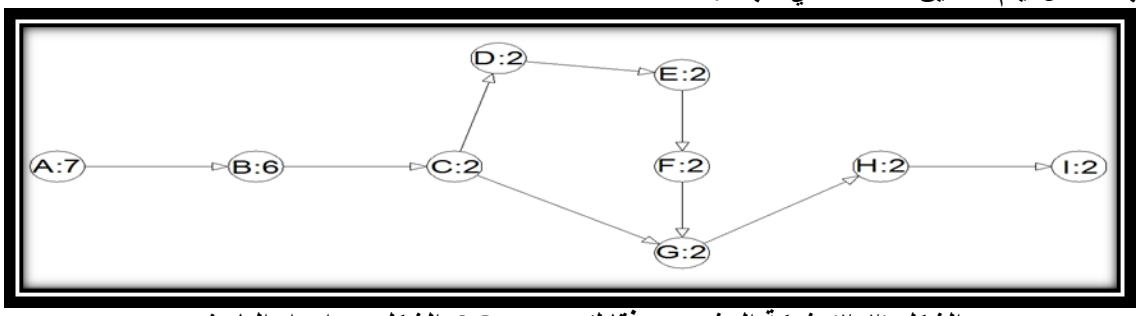
الشكل رقم (٢-١) : نموذج بسيط لشبكة الاعمال (خضر ، ٢٠١٥: ٢٢)

سابعا : اشكال وصيغ تصميم شبكات المسار الحرج:

يوجد ضمن شبكات العمل اشكال و صيغ مختلفة تعتمد على نوع المشروع وطبيعة انشطته ، وبشكل

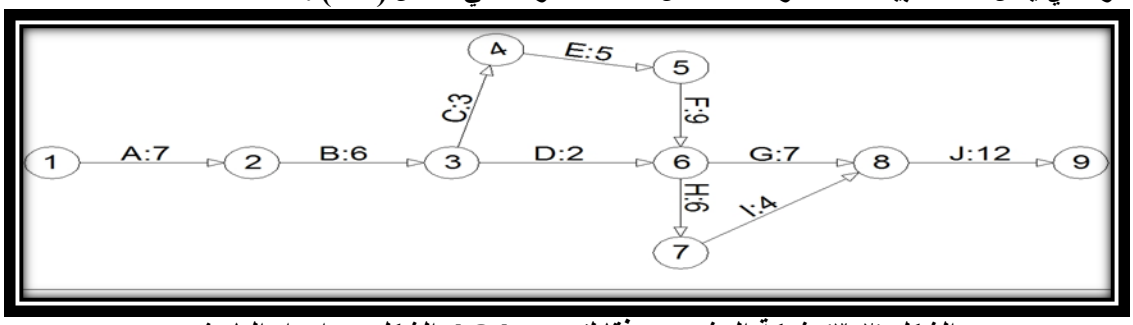
عام يمكن تقسيم صيغ واشكال الشبكات لنوعين هما :(Khalaf , 2009: 203)،(العبيدي & الفضل ٢٠١٠:١٣٩،)

١) تصميم شبكات العمل على اساس العقد (AON[٣]) : وبهذا التصميم يكون النقط او العقد هي التي تمثل النشاط بينما الاسهم تمثل الاحداث ، وكما في الشكل (٢-٢) حيث تتم اضافة الانشطة واحد تلو الاخر بالتسلسل ليتم تضمين النشاط الذي سبقه .



الشكل (٢-٢) شبكة المشروع وفقا لتصميم AON الشكل من اعداد الباحث

٢) تصميم شبكات العمل على الانشطة على الاسهم (AOA[٤]) : وبهذا النوع من التصاميم يكون السهم هو الذي يمثل النشاط بينما العقد او النقاط تمثل الاحداث ، وكما في الشكل (٢-٣) .



الشكل (٢-٣) شبكة المشروع وفقا لتصميم AOA الشكل من اعداد الباحث

٣) الفرق بين الشبكة من نوع AOA & AON : كما في الجدول التالي .

الجدول (٢-١) الفرق بين شبكتي AOA & AON

ت	الشبكة من نوع AON	الشبكة من نوع AOA
١	اكثر حداثة وأزاد استخدامه لفوائده المتعددة.	هو النظام الأقدم لهذا هو أكثر شيوعا .
٢	يمكن اضافة أي نشاط بسرعة وسهوله و يمكن إدخال أزمنة تأخير وتقديم الى شبكة العمل .	لعمل الشبكة يجب توفر معلومات تفصيلية وافية لتفادي الاخطاء لئن ذلك يتطلب تعديلا في الخطة
٣	يتم ترقيم النشاط برقم واحد فقط .	ترقم بزوج من الأرقام إشارة الى بداية ونهاية النشاط
٤	مجموعة الانشطة الفعلية هي التي تمثل المسار في هذا النظام .	المسار هنا يتمثل بمجموعة من الانشطة الفعلية والوهمية و أحداث بدايتها ونهايتها .
٥	الاسهم تمثل العلاقة المنطقية الدوائر تمثل الانشطة ولا يستعمل هنا الانشطة الوهمية لذلك رسم الشبكة يكون أسرع وأسهل .	الاسهم تمثل الانشطة والدوائر تمثل الاحداث وتوجد أيضا اسهم متقطعة تمثل (الانشطة الوهمية) لذلك قد يتطلب رسم الشبكة وقتاً ليس بالقصير .
٦	المؤشرات هنا خاصة بالأنشطة فقط وهي تماثل طريقة AOA لكن هناك اختلافاً في طريقة حسابها	المؤشرات هنا خاصة بعناصر الشبكة وتشمل مؤشرات الأحداث والأنشطة .

[٣] Activity On Noad :
[٤] Activity On Arrow :

الجدول من اعداد الباحث

المبحث الثالث/ برمجة الاهداف

أولا : مفهوم برمجة الاهداف :

هناك العديد من الأهداف التي تسعى الادارة في أي مشروع الى تحقيقها ، ودائما ما تكون هذه الاهداف ذات أبعاد متعددة ومتنوعة ترافقها محدودية في الموارد المتوفرة وقيودا أخرى مفروضة على الادارة مما يعسر الأمر على متخذي القرار في اتخاذ القرارات الصحيحة ، لان هناك أمور يجب أخذها بالحسبان تجعل من المشاكل أكثر تعقيداً كالظروف داخل وخارج المنظمة وكذلك القوانين والأنظمة المفروضة عليها ، كذلك الأساليب الرياضية المعروفة كالبرمجة الخطية والعددية التي لا يمكن في بعض الحالات استخدامها في حل المشاكل ذات الاهداف المتعددة لقصورها الواضح في حلها لهذا تكون طريقة السمبلكس الاعتيادية ذات جدوى محدودة في استخراج الحل الأمثل لمثل هذه المشاكل . (Render , 2009 : 507) .

ولهذا نحن بحاجة الى طريقة فعالة تساعدنا على الوصول الى حلول دقيقة ومقبولة أيضا تكون ذات صيغة تمكنها من اخذ أكثر من هدف لتحقيقه ، وبهذا تم تطوير احد أساليب البرمجة الخطية يدعى ببرمجة الاهداف ، ومما تقدم يمكن تعريف برمجة الاهداف بأنها "طريقة مخصصة تستعمل للتعامل بكفاءة مع المشكلات ذات الاهداف المتعددة وفقا لأسبقيات معينة "أي ان الاهداف ترتب بحسب أهميتها (الأهم ثم المهم) او ذات أوزان نسبية أي انها تتعامل مع اهداف موزونة ضمن مستوى الأسبقية الواحدة ، مما يعطي مرونة عالية لمتخذ القرار في كيفية التعامل مع أهدافه وفهمها بشكل أعمق .(نجم ، ٢٠٠٨ : ٢١٧)

ويذكر(Winston , 1997 : 38) " تعد تقنية تستخدم من اجل تحديد القرارات الأفضل في حال وجود اهداف متعددة تسعى المنظمة لتحقيقها ، وبهذا يمكن تعرف برمجة الاهداف أيضا بأنها " اسلوب لحل نماذج ذات اهداف متعددة من خلال تحويل الاهداف الرئيسة المتعددة الى هدف فردي لتكون النتيجة ما يسمى بالحل الكفوء " . (Taha , 2007 : 349)

ثانيا : اهم المصطلحات المستخدمة : (الطالب،١٩٩٩:٢)،(زيدان،٢٠١٢ :١٥)،(الشاهين،٢٠٠٧ :١١٩-١٢٢) , (Sen & Nandi , 2012 : 2) , (Lgnizio & Romero ,2003:489)

١) الانموذج : هي مجرد أفكار (تعبيرات) تجريدية تظهر الميزات التي لها علاقة بسلوك النظام الحقيقي ، أي ان الانموذج يعبر عن نظام وظاهرة حقيقية .

٢) دالة الهدف : هي الدالة التي يتم من خلالها قياس نسب الانجاز من خلال تقليل متغيرات الهدف التي تحتوي على انحرافات غير المرغوب فيها في نموذج البرمجة بالأهداف .

٣) القيود الهدفية : هي اهداف تسعى البرمجة الى تحقيقها ، أي بمستوى تم تحديده مسبقا .

٤) الانحرافات الموجبة : هي مجموعة الانحرافات التي تكون قيمتها اعلى من الهدف وتسمى ايضا بالانحرافات العليا (Upper Deviation) .

٥) الانحرافات السالبة : هي مجموعة الانحرافات التي تكون قيمتها اقل من الهدف وتسمى ايضا بالانحرافات الدنيا (Lower Deviation) .

٦) الخوارزمية : عبارة عن مجموعة من خطوات منطقية متسلسلة رياضياً لحل مشكلة محددة .

٧) متغير القرار : عبارة عن متغير يمثل منتج جديد او بدائل إدارية يرغب متخذ القرار تحديد قيمة مثلى له من خلال العمليات الرياضية المنطقية المتسلسلة .

ثالثا : أهمية البرمجة بالأهداف:

دائما تكون حالات القرار لها اتجاهات وإبعاد مختلفة ومتنوعة وعند وضع حلولا لها يكون هذا الحل مقتصرا على تحقيق هدفا واحدا قد لا يحقق كل توجهات وحاجات المنظمة ، لأنه ليس دائما من الممكن ان يوضع معيارا واحدا لقياسها دون إمكانية الاهتمام بتحقيق الاهداف الاخرى ، وهنا يتضح عدم فائدة طرق الأمثلة كالبرمجة الخطية والبرمجة العددية ، مما دفع الى التوجه الى اسلوب جديد وهو البرمجة بالأهداف الذي يمكن من خلاله التعامل مع مشاكل القرارات ذات الأبعاد المختلفة وتكمن الأهمية العظمى لبرمجة الاهداف في إمكانيتها التعامل مع مجاميع من الاهداف (الاهداف المتناقضة والمتعارضة ، الاهداف ذات الأبعاد المتعددة والأهداف التي يصعب تحديدها كميا) . (كاظم ، ٢٠٠٥ : ٥٤)

رابعا : خصائص ومميزات برمجة الاهداف :

تتميز البرمجة بالأهداف بخصائص عن البرمجة الخطية وهي : (زيدان ، ٢٠١٢ : ١٦)،(العجمي ، ٢٠٠٩ : ٩)،(Bryson ,1995:648)،(Sen & Nandi , 2012:2)

١) عند تضارب الأهداف او تناقضها فان اسلوب البرمجة بالأهداف يعد الأسلوب الناجح للتعامل معها بشكل شامل ، وهذا ما تعجز عنه الأساليب الاخرى .

٢) يقوم اسلوب البرمجة بالأهداف بمعالجة مشاكل القرارات مع هدف لوحده او مع اهداف متعددة حيث يتم تحقيق هذه الاهداف بحسب أوزانها وتسلسلاتها ، وان دالة الهدف تكون بأبعاد متعددة وحسب الأوزان النسبية لها علاوة على معالجة مشاكل الاهداف مع بعضها البعض ، كذلك ان إعداد معادلة دالة الهدف لنماذج البرمجة بالأهداف لا يشترط ان تتوفر وحدة قياس واحدة لجميع الاهداف المراد تحقيقها (اي ممكن ان تحتوي على وحدات قياس غير موحدة) .

٣) تستخدم البرمجة بالأهداف متغيرات انحرافية تدعى بـ (+di-,di) لكل قيد يفرضه مستوى الهدف المنشود وكما يأتي :

أ. تحقيق مستوى الهدف بالضبط : ويعني ان على متخذ القرار ان يحقق مستوى الهدف بالضبط من دون أي زيادة او نقصان في قيمته ، وفي هذه الحالة يتم وضع المتغيرات الانحرافة (+d-,d) في معادلة دالة الهدف وكمايأتي : ((المطلوب تخفيض (+d-,d) الى أدنى حد ممكن))

ب. تحقيق أقصى قيمة للهدف : ويعني ان على متخذ القرار ان يحقق تخفيضاً في الانحرافات السالبة ولا يرغب بالتخفيض الانحرافات الموجبة المرغوب فيها هنا و في هذه الحالة تتم صياغة معادلة دالة الهدف من الانحرافات السالبة فقط (-d) وكمايأتي : ((المطلوب تخفيض (-d) الى ادنى حد ممكن))

ت. تحقيق ادني قيمة للهدف : ويعني ان على متخذ القرار ان يحقق تخفيضاً في الانحرافات الموجبة ولا يرغب بتخفيض الانحرافات السالبة المرغوب فيها هنا و في هذه الحالة يتم صياغة معادلة دالة الهدف من الانحرافات الموجبة فقط (+d) وكما يأتي : ((المطلوب تخفيض (+d) الى ادنى حد ممكن))

وبصفة عامة اذا كان قيد الهدف (اصغر من او يساوي) قبل اضافة متغير الانحراف فأننا سوف نقوم بإضافة متغير الانحراف الموجب (+d) الى دالة الهدف ، وعلى العكس اذا كان قيد الهدف (اكبر من او يساوي) فأننا سوف نقوم بإضافة متغير الانحراف السالب (-d) الى دالة الهدف ، اما اذا كان قيد الهدف (يساوي) فان دالة الهدف سوف تحتوي على متغيري الانحراف السالب والموجب (+d-,d) .

٤) تحتوي البرمجة بالأهداف على ما يأتي :

أ. القيود الهدفية : هي حدود الاهداف التي تترتب على شكل أسبقيات في دالة الانجاز والتي نعمل على انجازها.

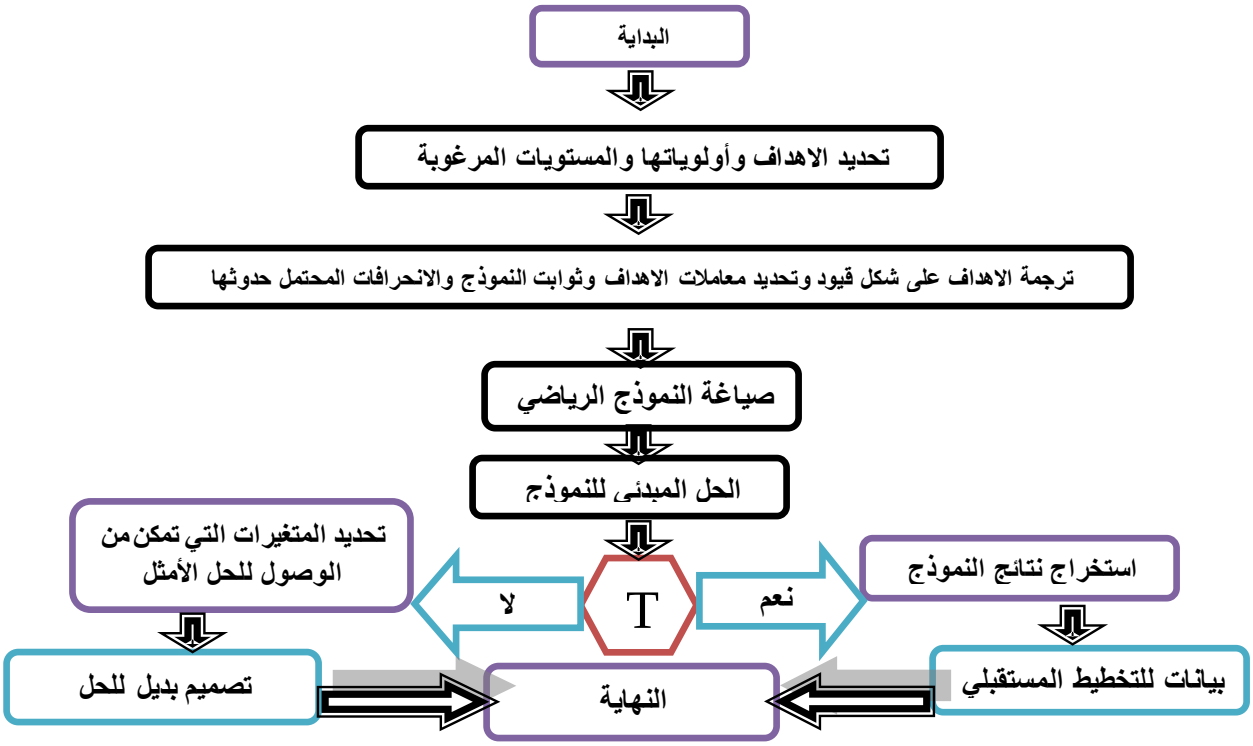
ب. قيود البرمجة الخطية (قيود الانموذج) : وهي اهداف مطلقة لا يمكن الاستغناء عنها وعدم حلها يؤدي الى الحصول على حلول غير مقبولة .

ت. شروط عدم السالبية : ووفقاً لهذا الشرط لا تكون متغيرات المشكلة الخاضعة للدراسة والتي سوف يتم استخرجها من الحل الأمثل بقيم سالبة ، أي تكون مساوية او اكبر من الصفر وتشمل متغيرات نموذج برمجة الاهداف ، سواء كانت متغيرات القرار او المتغيرات الانحرافية (السالبة والموجبة) عن القيم المحددة للأهداف (او المتغيرات الراكدة) .

من اهم مميزات البرمجة بالأهداف ما يأتي :

١) يوجد دائما حل للمشاكل او النموذج وان كانت بعض أهدافها متعارضة ، بشرط ان تكون منطقة الحلول الممكنة غير خالية ، ويعود ذلك الى إدراج متغيراتها الانحرافية ، اذ تظهر هذه المتغيرات سواء تم تحقيق الاهداف او لم يتم تحقيقها ، وفي حالة لم يتم تحقيقها تقاس المسافة بين مستويات الاهداف المتحققة ومستويات الطموح .

٢) عادة ان البرمجة بالأهداف لا تحتاج الى إجراءات حل متطورة جدا ويمكن ان تحل بسهولة من خلال طرائق البرمجة الخطية الموجودة . (Sen & Nandi , 2012 : 2) ، وكما في الشكل (٢-٤) الاتي .



الشكل رقم (٢-٤) المخطط العام لنموذج البرمجة بالأهداف
المصدر:(العجمي ، ٢٠٠٩ :١٣، برمجة الاهداف ، رسالة ماجستير مقدمة الى كلية الاقتصاد/ جامعة دمشق)

خامسا : فرضيات اسلوب البرمجة بالأهداف:

اهم الفرضيات الاساسية التي يرتكز عليها اسلوب البرمجة: (حسن ، ٢٠١٣ : ١٣)

١) تحديد مسؤولية متخذ القرار في وضع الأوزان النسبية للأهداف .
٢) هناك شيء من التشابه بين الفرضيات التي تطبق في اسلوب البرمجة بالأهداف والتي تطبق بالبرمجة الخطية ، كذلك هناك بعض الاختلافات كون البرمجة الهدفية يمكنها التعامل مع أكثر من متغير بدلا من متغير واحد كما في البرمجة الخطية ، فضلا عن تلك الاختلافات هناك بعض التغيرات المضافة وهي :

أ. متغير الانحراف ذو الإشارة الموجبة .
ب. متغير الانحراف ذو الإشارة السالبة .

ويكون ذلك بعد معرفة :

- اهداف المشكلة وإعطائها أوزان وأولويات لكل هدف من الاهداف .
- القيود الهدفية للمشكلة .
- القيود غير الهدفية للمشكلة .

سادسا : خوارزميات البرمجة بالأهداف:

هناك أسلوبان رئيسان للخوارزميات في حل مشكلات البرمجة بالأهداف وهما :(Hillier , 2001 : 22) ، (Taha , 2007 : 354)

١) الطريقة الموزونة (Weighting Method) .
٢) طريقة الاولويات (The Preemptive Method) .

وكلتا الطريقتين تقوم على وضع كل الاهداف بدالة هدف واحدة ، ففي الطريقة الأولى يتم تكوين دالة هدف واحدة من المجموع المرجح للدوال التي تمثل اهداف المشكلة ، اما في الطريقة الثانية فتبدأ بترتيب الاهداف حسب الأولوية او الأهمية ، ولكل طريقة تصميم يحقق لمتخذ القرار بعض التفضيلات ، وكذلك ان وضع النموذج الملائم للمشكلة يحتاج لعدة خطوات لتحديد الاولويات والأوزان وكما يأتي .

أ) كتابة وتصنيف وترتيب الاهداف (بشكل أولي) .

ب) يتم تجميع الاهداف بحسب الاولويات .

ت) تحديد وزن لكل هدف من الاهداف ضمن كل مستوى من المستويات الأولية .

ث) يجب ان تكون الاهداف المطلقة ضمن المستوى الأعلى للأولويات ، وليس من الضروري تخصيص وزن معين لكل واحدة منها .

١) الطريقة الموزونة (Weighting Method) : عندما تكون جميع الأهداف المراد تحقيقها بنفس الأهمية بالنسبة للقائمين على ادارة المشروع ، فأن عملية اختيار بين تلك الاهداف سيكون معقدا لهذا يتم اللجوء الى هذه الطريقة الموزونة حيث تحدد الأوزان وفقا لأهميتها من وجهة نضر القائمين على المشروع كالإدارة مثلا ، وبهذا تقلل من الانحرافات الموزونة غير المرغوب فيها (Sen & Nandi , 2012 : 2)

فلو فرضنا ان نموذج البرمجة بالأهداف سوف يتكون من عدد n من الاهداف فان دالة الهدف سوف تكون كما يلي . (Taha , 2011 : 520)

$$Gi , I = 1 , 2 , 3 , \ldots\ldots , n$$

$$Min\ (Z) = WG1 + WG2 + WG3 + \ldots\ldots + WnGn \qquad (3\text{-}12)$$

اذ ان (Wi) تمثل الأوزان الموجبة وهي عادة ما تعكس تفضيلات متخذ القرار بالإشارة الى الأهمية المتعلقة بكل هدف ، ويجب ان يكون مجموع الأوزان يساوي ١ .

٢) طريقة الاولويات (The Preemptive Method) : في اغلب الأوقات يواجه مديري المشاريع (متخذين القرارات) مشكلات متعددة الأبعاد ولتجاوز هذه المشاكل يتم اللجوء الى وضع أولويات لهذه الإبعاد ، بحيث يعطى الهدف الاول الأسبقية الأولى في تنفيذه ، وبطبيعة حال طريقة الاولويات ان الهدف الثاني هو اقل أهمية من الهدف الاول وأكثر أهمية من الهدف الثالث ، وكذلك لا يتم النظر الى الهدف الثاني دون إتمام الهدف الاول ، ويرمز للأسبقية الأولية بالرمز(P) . (Anderson , 1995 : 799)

ويعبر عن انموذج برمجة الاهداف بطريقة الاولويات بالشكل الرياضي الاتي :(Sen & Nandi , 2012: 32)

$$\left.\begin{aligned} &Minimize\ (Z) = \sum_{i=1}^{m} Pj\ (di-, di+) \\ &\text{S.T} \\ &\sum_{j}^{n} = 1\ Cj * Xj - (di+) + (di-) = gi \\ &\sum_{j}^{n} = 1\ aij * Xj = ai \\ &di+ , di- , Xj \geq 0 \\ &j : 1,2,3,\ldots\ldots , n \quad \& \quad i : 1,2,3,\ldots\ldots , m \end{aligned}\right\} (2-13)$$

سابعا : خطوات بناء النموذج الرياضي لبرمجة الاهداف:

الخطوات الستة الضرورية لبناء نموذج البرمجة بالأهداف هي : (Anderson , 1995 : 907)

١) تحديد الاهداف و القيود التي تعكس حجم الموارد الموجودة وكذلك اي عوائق أخرى تعيق تحقيق الاهداف المنشودة .

٢) معرفة الاولويات وكذلك الأسبقيات لكل هدف من الاهداف ، وبمعنى أخر ان الهدف الذي يأتي بالمستوى p1 هو الهدف الأهم ، ويأتي p2 بعده ومن ثم p3 .... الى أخره من الاهداف .

٣) معرفة متغيرات القرار .

٤) بناء جميع القيود الخاصة بنظام البرمجة الخطية (بناء اعتيادي) .

٥) تحديد معادلة الهدف لكل هدف من الاهداف ، وبهذه الخطوة يتم تحديد القيمة المستهدفة للهدف على الجانب الأيمن ، وكذلك المتغيرات الانحرافية (di - , di+) الموجود في كل معادلة من معادلات الاهداف تعبيرا عن احتمالية هذا الانحراف اما تحت او فوق القيمة المستهدفة .
٦)كتابة معادلة دالة الهدف التي تقلل من قيم المتغيرات الانحرافية بحسب الاولويات الى ادنى حد يمكن الوصول إليه .

ثامنا : طرائق حل نماذج البرمجة بالأهداف:

تأتي مرحلة حل نماذج البرمجة بالأهداف بعد صياغة المشكلة على شكل نموذج رياضي ، وبهذا يمكن الاعتماد على أكثر من طريقة في حل هذا النموذج ومن ابرز هذه الطرائق هي : (حسن ، ٢٠١٣ : ١٧) ، (Render , 2009 : 409)،(الشاهين ، ٢٠٠٧ : ١٢٢)
١)الطريقة البيانية (Graphical Method) : يمكن استخدام هذه الطريقة في الحل اذا توفرت الخصائص الاتية .
أ. اذا احتوى النموذج على اثنين من متغيرات القرار فقط .
ب. اذا كانت نمذجة برمجة الاهداف من نوع تقليل او تخفيض فقط (Min) .
ت. هناك عدة اهداف تسعى المنظمة الوصول إليها .
ث. ان يتم تخفيض الانحراف للأولوية الأولى الى أقصى حد ممكن قبل ان يحقق اي تخفيض في الهدف ذو الأولوية الثانية .
ولا يخفى ان لهذه الطريقة عيوب وهذه العيوب تكمن في انها تستخدم فقط مع المشاكل التي فيها متغيرين حقيقيين فقط .
٢)الطريقة المبسطة المعدلة (Modified Simplex Method) : استناداً الى الخصائص التي تتميز بها مشاكل البرمجة بالأهداف وتميزها عن مشاكل البرمجة الخطية ، فان الطريقة المبسطة الشائعة في البرمجة الخطية بالإمكان ان تعدل او تحور لكي تستعمل لحل مشاكل البرمجة بالأهداف ، وهذه التعديلات او التحويرات تشمل صف المعيارية (cj-zj) ، وبهذا تصبح عبارة عن عدة صفوف لكي تلاؤم التعدد في الاولويات بالنسبة للأهداف في النموذج او الموضوع من قبل متخذ القرار .

المبحث الرابع / الإطار العملي

أولا : نبذة عامة عن مشروع مجاري بلد الكبير .

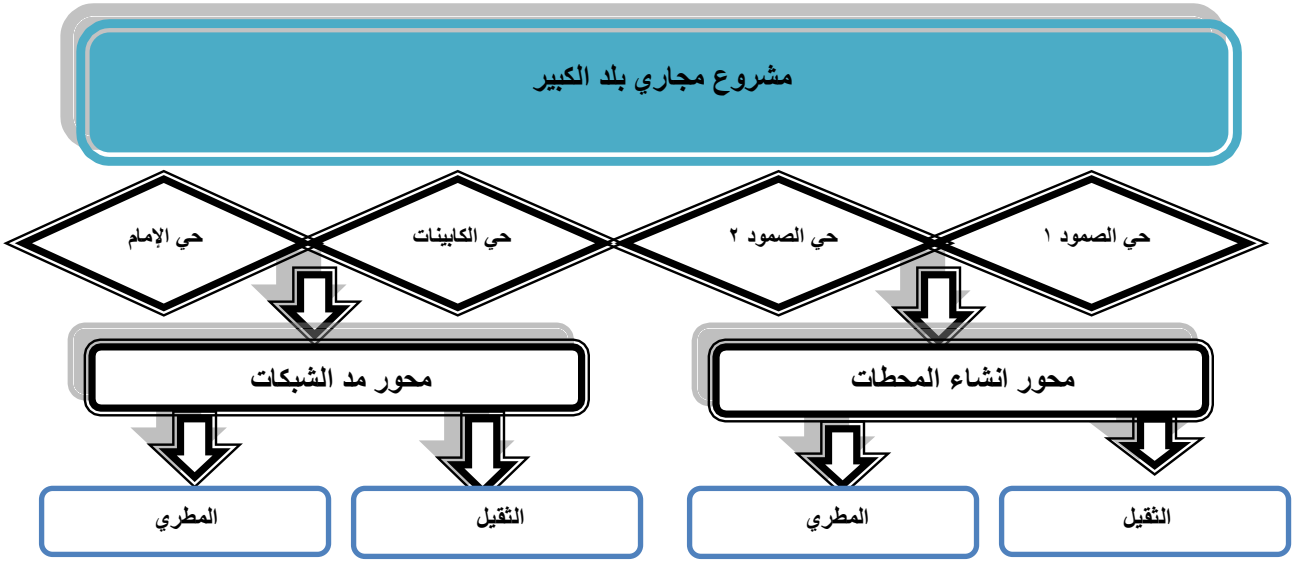
يعد مشروع مجاري بلد الكبير احد اكبر المشاريع الواردة ضمن خطة تنمية الأقاليم في محافظة صلاح الدين لسنة (٢٠١٣) م ، ومدة تنفيذ المشروع هي (٩٠٠) يوم ، تاريخ المباشرة بالمشروع ٢٠١٣/١/٣١ ، يشرف على عمل المشروع جهتين الأولى هي دائرة المهندس المقيم المتمثلة بقسم مجاري قضاء بلد التابع لمديرية مجاري صلاح الدين وواجبها الإشراف ومراقبة سير الاعمال في المشروع اما الجهة الاخرى فهي شركة استشارية قامت المحافظة بالتعاقد معها لمراقبة سير الاعمال وتقديم الاستشارة وتصحيح الانحرافات التي تحدث خلال وقت انجاز المشروع ، قيمة المشروع الكلية هي (٤٦,٩٤٤,٩٤٤,٠٠٠) دينار عراقي ، يشمل المشروع مد شبكات المجاري (الثقيل والمطري) لأربع أحياء وكذلك انشاء محطات (ثقيلة ومطرية) لأربع أحياء أيضا ، ومن الجدير بالذكر ان مشروع مجاري بلد متوقف منذ ٢٠١٤/٦/١٢ بسبب الظرف الأمني الذي مرت به المحافظة ، وبعد مراجعة قسم مجاري بلد ومديرية مجاري صلاح الدين في تكريت مركز محافظة صلاح الدين للتقصي عن المشاكل التي تمر بها هذه الانواع من المشاريع بصورة عامة ومشروع مجاري بلد الكبير بشكل خاص وبعد المداولة وقراءة التقارير الشهرية الخاصة بإنجاز العمل قبل توقفه و المعدة من قبل الشركة الاستشارية المشرفة على تنفيذ المشروع ، وجد ان ابرز المشاكل التي كانت تعاني منها الشركة المنفذة هي نسب الانحراف التراكمية المتزايدة و التي بلغت كما في الجدول (٣-١) .

الجدول رقم (٣-١) نسب الانحراف الفعلية في المشروع

ت	الوقت من تاريخ المباشرة بالمشروع من ٢٠١٣/١/٣١	المدة بالأشهر	نسبة الانجاز المخطط	نسبة الانجاز الفعلي	نسبة الانحراف
١	الى ٢٠١٣/٦/٢٤	٥	٦.٨ %	٤.٥ %	٢.٣ %
٢	الى ٢٠١٤/٤/٢٥	١٥	٤٩ %	٢٣ %	٢٥ %

المصدر : تقارير سير العمل الشهرية والمعدة من قبل شركة (صقر الفحل) للاستشارة الهندسية التقرير الشهري رقم (٣&١٣)

ولقد قمنا بإخبار المديرية والقسم انه بالإمكان الاستفادة من المناهج العلمية الخاصة بإدارة المشاريع وتقديم دراسة تستند على أسس علمية رصينة لتقديم نتائج ايجابية تخدم المواطن والشركة المنفذة بوضع اهداف معلومة ومحاولة تحقيقها ، كالعمل على تقليل وقت انجاز المشروع او تقليل كلفته او كلاهما بعد استئناف العمل ان شاء الله ، وكذلك الاعتماد على هذه الدراسة في جدولة المشاريع التي تود المديرية تنفيذها في المحافظة في المستقبل ، ويبين الشكل (٣-١) التالي الاعمال الافتراضية للمشروع بشكل عام .



الشكل (٣-١) يبين الاعمال الخاصة بمشروع مجاري بلد الكبير الشكل من اعداد الباحث

وبهذا فالمشروع مقسم الى محورين رئيسيين الاول انشاء مد الشبكات والثاني انشاء المحطات وكل محور من هذه المحاور يقسم الى جزئيين هما الثقيل والمطري لأربع أحياء ، ولمحدودية وقت وعدد صفحات البحث سوف نقوم بدراسة نموذج لمحور مد الشبكات ولحي واحد فقط ، أي سنقوم بدراسة مد الشبكات الثقيلة لأحد الأحياء الأربع ، ومن الجدير بالذكر ان مدة تنفيذ اعمال مد الشبكات الثقيلة هو أطول من مدة تنفيذ اعمال مد الشبكات المطرية وذلك لأسباب هندسية فنية تتعلق بعمق الشبكة وكذلك كون العمل بهذا المحور يكون في حالة تماس مباشر مع المواطن لهذا فتقليل وقت انجاز العمل في هذا المحور بالوقت المرغوب فيه يعد من الضروري ولهذا تم اختيار محور مد الشبكات للثقيلة كنموذج للدراسة ، علما ان أعمال مد الشبكات (الثقيلة والمطرية) وأعمال انشاء المحطات بنوعيها فهي تعد كل منها بمثابة مشروع مستقل عن الأخر أي لا يؤثر البدء بأي واحد منها دون الأخر .

ثانيا : محور مد الشبكات الثقيلة

كما ذكرنا سابقا ان مشروع مد الشبكات يتكون من مد ثمانية شبكات اربعة ثقيلة واربعة مطرية واننا سوف نقوم بدراسة مد الشبكات الثقيلة كنموذج ، وقد قدم قسم مجاري بلد بعض البيانات الخاصة بأنشاء المشروع المتمثل بجدول كميات المشروع ، حيث قام الباحث بتوحيد هذه الجداول ومناقشة اوقات تقدم العمل بالنسبة لنشاطات الواردة في هذه الجداول وكذلك إمكانية ضغط أوقات هذه النشاطات مع المهندسين المشرفين على سير الاعمال في المشروع وكذلك اعتمادية هذه النشاطات على بعضها ، وفي ما يأتي الجدول (٣ - ٢) الذي يوضح الأوقات الطبيعية والتعجيلية وكذلك الكلف الطبيعية والتعجيلية لكل نشاط من أنشطة المشروع وكذلك قيمة الميل (Slop) لها .

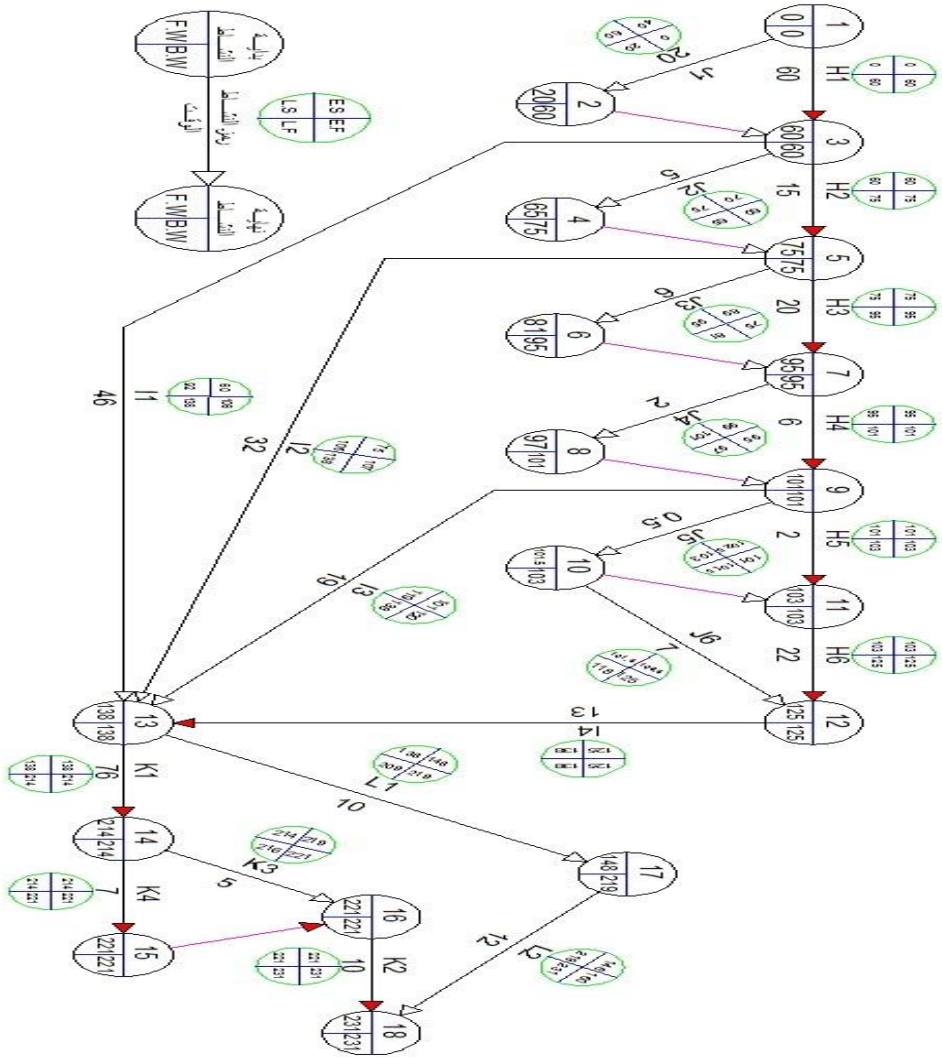
الجدول رقم (٣-٢) جدول كميات مد الشبكات

ت	اسم النشاط	رمز النشاط	النشاط السابق	الوقت الطبيعي (يوم)	الوقت المغطوط (يوم)	اعلى مدة ضغط	الكلفة الطبيعية (الف دينار)	الكلفة التعجيلية (الف دينار)	الميل Slop))
	اعمال مد الانابيب	H							
١	اعمال مد انابيب قطر ٢٥٠ pvc	H1	_	60	49	11	2 006 505	2 023 000	1499.5
٢	اعمال مد انابيب قطر ٣١٥ pvc	H2	H1,j1	15	12	3	3 200 480	3 204 500	1 340
٣	اعمال مد انابيب قطر ٤٠٠ pvc	H3	H2,j2	20	15	5	352 000	359 500	1 500
٤	اعمال مد انابيب قطر ٥٠٠ pvc	H4	H3,j3	6	5	1	92 480	93 500	1 020
٥	اعمال مد انابيب قطر ٦٠٠ pvc	H5	H4,j4	2	1	1	27 600	29 000	1 400
٦	اعمال مد انابيب قطر ٧٠٠ grb	H6	H5,j5	22	19	3	385 000	389 500	1 500
	احواض تفتيش	I							
٧	نوع AS مستطيل	i1	H1,j1	46	46	0	367 500	367 500	0
٨	نوع BS دائري عمق اقل من ٣ متر.	i2	H2,j2	32	32	0	365 000	365 000	0
٩	نوع BD دائري عمق اكثر من ٣ متر	i3	H4,j4	19	19	0	142 500	142 500	0
١٠	نوع A&B دائري للأنابيب ٧٠٠و ٨٠٠	i4	H6,j6	13	13	0	205 000	205 000	0
	اعمال المسارات (تكسير & صب)	J							
١١	للأنابيب بقطر ٢٥٠ .	j1	_	20	15	5	24 544,5	26 500	391.1
١٢	للأنابيب بقطر ٣١٥ .	J2	H1,j1	5	4	1	2 629,5	3 200	570.5
١٣	للأنابيب بقطر ٤٠٠ .	J3	H2,j2	6	4	2	2 077,5	2 850	421.25
١٤	للأنابيب بقطر ٥٠٠ .	J4	H3,j3	2	1	1	528	900	372
١٥	للأنابيب بقطر ٦٠٠ .	J5	H4,j4	0.5	0.5	0	128	128	0
١٦	للأنابيب بقطر ٧٠٠ .	J6	H5,j5	7	5	2	1 540	2 250	355
	اعمال توصيلات الدور	K							
١٧	مد انابيب بقطر ١١٠ & ١٦٠ ملم	K1	i1,i2,i3,i4	76	40	36	80 000	98 000	500
١٨	تجهيز وتثبيت خرسانة فوق الربطات	K2	K3,K4	10	10	0	6 000	6 000	0
١٩	تجهيز وربط سدادة غطاء للأنابيب ١١٠	K3	K1	5	3	2	6 000	6 200	100
٢٠	تجهيز وربط سدادة غطاء للأنابيب ١٦٠	K4	K1	7	5	2	6 400	6 600	100
	اعمال اعمدة التهوية	L							
٢١	عمود تهوية بارتفاع ٦ م ١٦٠و ٢٥٠ملم	L1	i1,i2,i3,i4	10	8	2	24 000	25 100	550
٢٢	تركيب ملحقات اعمدة التهوية	L2	L1	12	10	2	53 100	53 300	100

الجدول من اعداد الباحث بالتعاون مع المهندسين العاملين في دائرة المهندس المقيم للمشروع

ثالثا : تخمين وقت انجاز العمل في محور مد شبكات المجاري الثقيلة

قام الباحث باحتساب وقت انجاز المشروع بطريقة المسار الحرج (C.P.M) ، وبأجراء الحسابات الأمامية (F.W) والخلفية (B.W) وأوقات انجاز نشاطاته المبكرة (ES,EF) والمتأخرة (LS,LF) باستخدام المعادلات الرياضية من (٢-٢)الى(٢-٧) الواردة في الفصل الثاني من هذه الرسالة وكذلك استخدم الباحث اسلوب (AOA) في رسم شبكة نشاطات المشروع ، وكانت النتائج ، الوقت الطبيعي لإنجاز المشروع (231) يوم ، والكلفة الطبيعية لإنجاز المشروع هي (٧,٣٥١,٠١١,٠٠٠) دينار عراقي ، وكما في الشكل.



الشكل رقم (٣-٢) رسم اعتمادية نشاطات المشروع لمحور مد الشبكة الثقيلة استخدم الباحث برنامج AutoCad2015 في رسم الشكل ، وفقا لأسلوب AON

رابعا : مبادلة وقت انجاز العمل في انشاء مد شبكات المجاري الثقيلة بالكلفة

ان عملية ضغط وقت المشاريع ينجم عنها زيادة في كلف تنفيذها لهذا سوف يكون هناك أهمية نسبية لأحدهما عن الأخر ، ومن هنا قمنا بعرض موضوع مبادلة الوقت بالكلفة على مديرية مجاري صلاح الدين وقسم مجاري بلد ومن ثم النظر الى النتائج النهائية التي سيكون هدفها تقليل وقت انجاز المشروع وبأقل كلفة مضافة ممكنة مع المحافظة على كفاءة العمل والاخذ بنظر الاعتبار بعض الانشطة التي لا يمكن ضغطها وذلك للضرورة الفنية في تنفيذها وهذه الانشطة هي :

١) صب وتنصيب احواض التفتيش بجميع انواعها وهي الانشطة (I1 , I2 , I3 , I4) .
٢) اعمال تكسير وصب مسارات الانابيب بقطر ٦٠٠ ملم وهو النشاط (J5) .
٣) اعمال تجهيز وتثبيت خرسانة فوق الربطات في اعمال توصيلات الدور وهو النشاط (K2) .

وبعد إجراء الحسابات الرياضية الخاصة بمبادلة وقت المشروع بالكلفة وفقا للمحددات التي فرضت على الباحث من قبل الدائرة المستفيدة من المشروع ، بعد توضيح اهمية الوقت في انجاز المشروع ، وتم ذلك باحتساب الميل (Slop°) لكل نشاط من أنشطة المشروع باستخدام المعادلة (٢-١) ، وبعد تحديد المسار الحرج للمشروع بدأت عملية الضغط بالبدء بالأنشطة ذات الميل الاقل تصاعدا لحين الوصول المرغوب فيه لتنفيذ المشروع وبهذا تم ضغط وقت العمل بالمشروع من (٢٣١) الى (١٦٩) يوم وكما يلي .

الجدول رقم (٣-٣) بالتسلسل الانشطة المضغوطة مع كلفها والتعجيلية

ت	رمز النشاط	الوقت (يوم)	مدة الضغط (يوم)	الميل (دينار)	كلفة الضغط (دينار)
١	K4	7	2	100 000	200 000
٢	K1	76	36	500 000	18 000 000
٣	H4	6	1	1 050 000	1 050 000
٤	H2	15	3	1 340 000	4 020 000
٥	H5	1	1	1 400 000	1 400 000
٦	H1	60	11	1 499 500	16 495 000
٧	H3	20	5	1 500 000	12 000 000
	H6	22	3		
٨	المجموع		62		53 135 000
	كلفة المشروع التعجيلية				7 404 146 000

الجدول من اعداد الباحث

خامسا : احتساب أوقات المرونة للنشاطات لمحور مد الشبكات الثقيلة

ويتم احتساب أوقات المرونة لكل نشاط عن طريق إحدى المعدلتين (٢-٨) و (٢-٩) بعد تحديد كل من البدايات المبكرة (ES) والنهايات المبكرة (EF) عبر الحسابات التصاعدية الأمامية (F.W) ، والبدايات المتأخرة (LS) والنهايات المتأخرة (LF) عبر الحسابات التنازلية الخلفية (B.W) ، وكذلك قام الباحث بمقارنة أوقات المرونة لكل نشاط بنفسه قبل وبعد ضغط وقت المشروع وذلك لبيان الاختلاف الذي يحصل في المرونة بأغلب الانشطة وكما في الجدول (٣- ٤) الاتي .

الجدول رقم (٣-٤) أوقات البداية والنهاية (المبكرة والمتأخرة) مع قيمة المرونة

ت	رمز النشاط	النشاط السابق	الوقت الطبيعي					الوقت التعجيلي				
			ES	EF	LS	LF	المرونة الكلية	ES	EF	LS	LF	المرونة الكلية
١	H1	_	0	60	0	60	0	0	49	0	49	0
٢	H2	H1,j1	60	75	60	75	0	49	61	49	61	0
٣	H3	H2,j2	75	95	75	95	0	61	75	61	75	0
٤	H4	H3,j3	95	101	95	101	0	76	81	76	81	0
٥	H5	H4,j4	101	103	101	103	0	81	82	81	82	0
٦	H6	H5,j5	103	125	103	125	0	82	101	82	101	0
٧	i1	H1,j1	60	106	92	138	32	49	95	68	114	19
٨	i2	H2,j2	75	107	106	138	31	61	93	82	114	21
٩	i3	H4,j4	101	120	119	138	18	81	100	95	114	14
١٠	i4	H6,j6	125	138	125	138	0	101	114	101	114	0
١١	j1	_	0	20	40	60	40	0	20	29	49	29
١٢	j2	H1,j1	60	65	70	75	10	49	54	56	61	7
١٣	j3	H2,j2	75	81	89	95	14	61	67	70	76	9

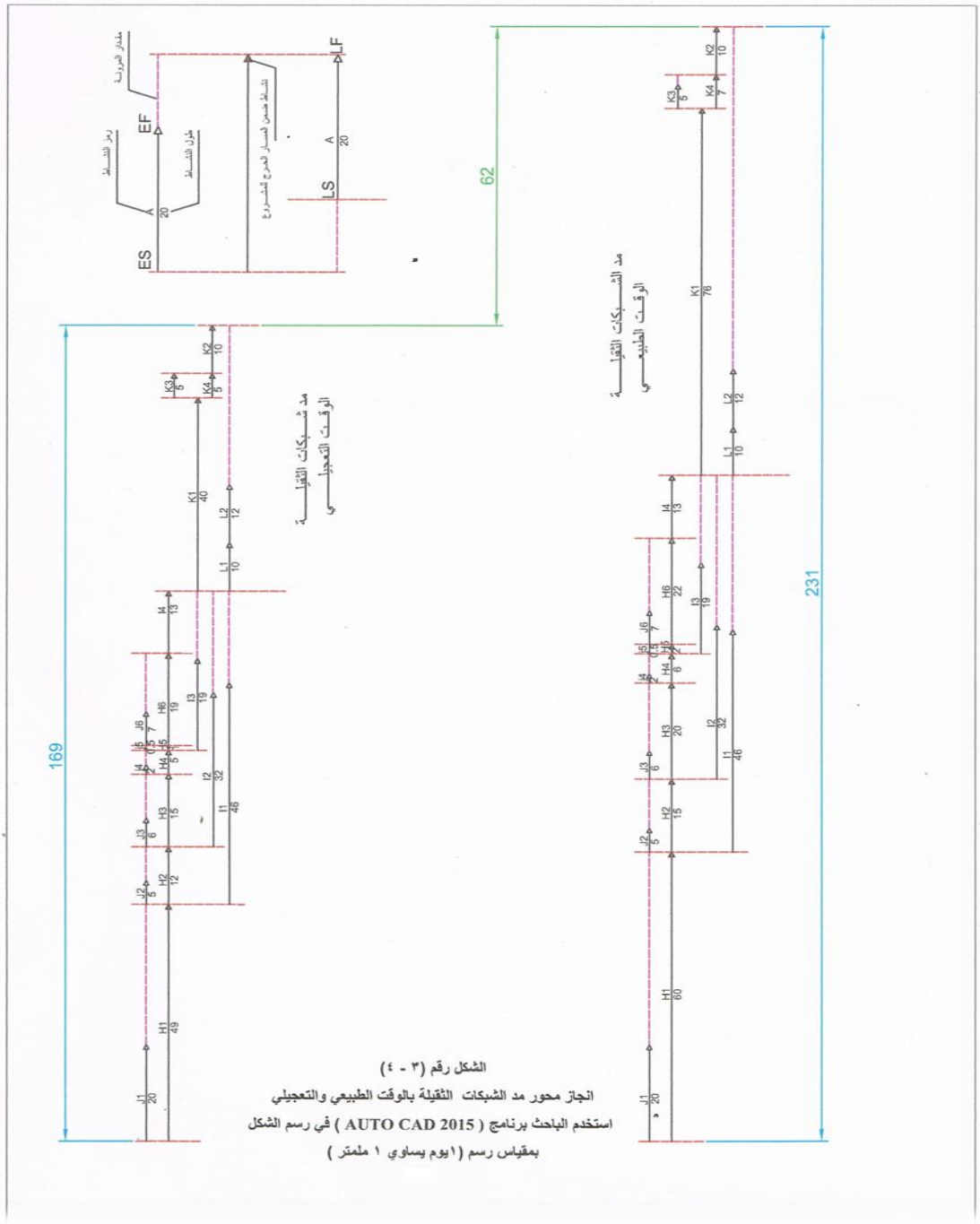
° : هو معدل قيمة الكلفة التعجيلية لنشاط معين ينتج من قسمة فرق الكلف (الطبيعي والتعجيلي) على فرق الوقت (الطبيعي والتعجيلي) .

١٤	j4	H3,j3	95	97	99	101	4	76	78	79	81	3
١٥	j5	H4,j4	101	101.5	102.5	103	1.5	81	81.5	81.5	82	0.5
١٦	j6	H5,j5	101.5	110	118	125	15	82	89	94	101	12
١٧	K1	I1,i2,i3,i4	138	214	138	214	0	114	154	114	154	0
١٨	K2	K3,K4	221	231	221	231	0	159	169	159	169	0
١٩	K3	K1	214	219	216	221	2	154	159	154	159	0
٢٠	K4	K1	214	221	214	221	0	154	159	154	159	0
٢١	L1	I1,i2,i3,i4	138	148	209	219	71	114	124	147	157	33
٢٢	L2	L1	148	160	219	231	71	124	136	157	169	33
٢٣	اكبر مرونة في النشاط L1,L2 حيث يمكن تأجيله لمدة .						71	اكبر مرونة				33
٢٤	اقل مرونة في جميع النشاطات الحرجة حيث لا يمكن تأجيلها .						0	اقل مرونة				0

الجدول من اعداد الباحث

سادسا : حساب وقت انجاز المشروع باستخدام برنامج (AUTO CAD 2015)

تعتبر طريقة حساب وقت انجاز المشروع باستخدام برنامج (Auto Cad 2015) اسلوب جديد و مبتكر قام الباحث باستخدامها بما تتناسب مع الإمكانيات المتاحة في البرنامج لرسم الانشطة بأبعاد (اي طول السهم يمثل طول النشاط) ومحاولة الاستفادة من هذه الخاصية في البرنامج لمعرفة النشاطات الحرجة وغير الحرجة وكذلك معرفة مدة تنفيذ المشروع و مدة كل نشاط من انشطته ، ومن الجدير بالذكر ان هذا الاسلوب في جدولة المشروع سوف يوفر الكثير من الوقت والجهد وذلك لسهولة رسم الشكل لأنه لا يحتوي على نشاطات وهمية وكذلك يمكن للشكل حساب قيم المرونة في النشاطات بدون الحاجة الى اجراء العمليات الحسابية وكذلك قيم البداية والنهاية المبكرة والمتأخرة لكل نشاط بدون اجراء اي عمليات حسابية او معادلات وذلك من خلال استخدام الأمر (DIMANSTION) في البرنامج او باستخدام المسطرة بالتنسيق مع حجم الرسم (SCALE) بكبسة زر واحدة بعد إكمال عملية الجدولة ، ويمكن جدولة المشروع بدون الحاجة للبرنامج بالطريقه نفسها وذلك باستخدام الورق البياني والمسطرة بوضع مقياس رسم معين لجدولة المشروع ويكون هذا المقياس عبارة عن علاقة بين الوقت واحدى وحدات القياس كالسنتمتر او المليمتر مثل (كل ١ يوم يساوي ١ ملم) او غيرها ، وكما في الشكل (٣-٤) الاتي .



الشكل رقم (٣ - ٤)
انجاز محور مد الشبكات الثقيلة بالوقت الطبيعي والتعجيلي
استخدم الباحث برنامج (AUTO CAD 2015) في رسم الشكل
بمقياس رسم (١يوم يساوي ١ ملمتر)

سابعا : مميزات جدولة المشروع بواسطة برنامج (AutoCAD2015) :

يعد برنامج (Auto Cad 2015) من البرامج الهندسية المهمة والمستخدمة في إعداد التصاميم الهندسية المختلفة ، وان استخدام البرنامج في جدولة المشروع تعتبر خطوة جديدة في جدولة المشروع وذلك للافادة من مميزات هذا البرنامج لا بد من ذكرها وفي ما يأتي ابرز المميزات :

أ) وضع اغلب معلومات المشروع في الشكل البسيط المقترح من قبل الباحث ومن ثم يسهل الكثير من العمليات الحسابية التي نقوم بحسابها لحساب وقت انجاز المشروع ، وبهذا سوف يوفر البرنامج عبر الأمر (Dimension) مدة تنفيذ المشروع بكبسة زر واحدة ، علاوة على ان الشكل سوف يكون فيه قيم ال(Slack) واضحة ولا تحتاج الى إجراء العمليات الحسابية أيضا عن طريق الأمر نفسه، ومن ثم توفير الكثير من الجهد والوقت ومن الجدير الإشارة إلية ان قيمة ال(Slack) في الشكل المقترح لا تعد رقما فحسب بل يوضح الشكل ان لهذه القيمة أهمية ويجب على القائمين على المشروع تنسيق عملية استخدامها مثلا في هذا النشاط مرونة ثلاثة أيام فيبين الرسم أين يجب ان تستغل هذه الأيام بالتنسيق مع النشاطات الاخرى لكي لا يكون هناك الكثير من الاعمال في يوم ما والقليل منها في يوم أخر .

ب) سهولة رسم شبكة اعتمادية الانشطة بالبرنامج ولا ضرورة لوجود أنشطة وهمية في الشكل البسيط المقترح.

ت) ان اغلب المديرين التنفيذيين للمشاريع وكذلك اغلب المديرين المشرفين على هذه الاعمال هم من المهندسين وبهذا سوف يكون هذا الاسلوب الأقرب الى توجهاتهم لئن اغلبهم ممن يجيد العمل على هذا البرنامج وبأقل تقدير يجيد قراءة المخططات التي يتم انجازها من خلال هذا البرنامج .

ث) ان استخدام هذا الاسلوب المبسط في رسم اعتمادية النشاطات في المشاريع الكبيرة سوف يوفر الكثير من الوقت والكلفة بالمقارنة مع الأساليب الاخرى المستخدمة لهذا الغرض ، لئن رسم شبكة اي مشروع سوف يمكن تمثيله بشكل خطي واحد ولا حاجة لرسم أشكال متعددة علاوة على ان عملية ضغط الانشطة بشكل خاص والمشروع بشكل عام سوف تكون واضحة وبالإمكان المقارنة بين المسارين ألتعجيلي والطبيعي للمشروع وبسهولة .

ثامنا : مناقشة النتائج :

بالاطلاع على النتائج التي تم الحصول عليها من تطبيق المعادلات الرياضية وباستخدام برنامج (AutoCad2015) يتضح ان وقت انجاز المشروع والمتمثل بأطول مسار للشبكة (المسار الحرج) الذي يضم الانشطة الاتية (H1,H2,H3,H4,H5,H6,i4,K1,K4,K2) وعليه فأن اي تأخير في انجاز اي من هذه الانشطة سوف يؤدي الى تأخير انجاز المشروع برمته وبهذا يمكن القول بان اي ضغط لوقت المشروع هو بشكل مصغر ضغط النشاطات مساره الحرج ، ومن الجدير بالذكر ان هناك بعض الانشطة التي تنتمي او لا تنتمي للمسار الحرج لا يمكن ضغطها وذلك لارتباطها بمواصفات فنية محددة وهناك أنشطة اخرى يمكن ضغطها ولكن عملية ضغطها لن تؤثر في مدة تنفيذ المشروع الكلية وببساطة لأنها لا تنتمي للمسار الحرج ، وحسب ما تم توضيحه من خلال الحسابات الأمامية والحسابات الخلفية ان وقت وكلفة انجاز المشروع ، وبهذا تم الحصول على نتائج متكررة لوقت انجاز المشروع بطريقتين مختلفتين الأولى عن طريق المعادلات تطبيق الرياضية والثانية عن طريق البرنامج الهندسي (AUTO CAD 2015) . كما موضح في الجدول (٣-٥) التالي .

الجدول (٣-٥) ايجاد معدل الميل الكلي لضغط وقت المشروع / المحور الثاني

ت	الوقت (يوم)		الكلفة (دينار)		
١	الطبيعي	231	الطبيعية	7 351 011 000	
٢	ألتعجيلي	169	التعجيلية	7 404 146 000	
٣	الفرق	62	الفرق	53 135 000	857 016,13
					Slop[٦]

الجدول من اعداد الباحث

[٦] : معدل الميل الكلي للنشاطات المضغوطة في المسار الحرج ويمثل كلفة الضغط لكل يوم من الايام ال ٦٢ المضغوطة .

ثامنا : بناء نموذج البرمجة بالأهداف للمشروع :

كما اشرنا سابقا ان مشروع مجاري بلد يتقسم على اربعه محورين رئيسة وهما انشاء المحطات ومد الشبكات وكل محور من هذه المحورين يقسم على المجاري الثقيلة والمطرية وأننا سوف نختصر دراستنا فقط على الثقيلة في كلا المحورين وبهذا سوف نقوم بوضع دالة الهدف و القيود الهدفية وقيود النموذج .

القيود الهدفية (وبحسب الأولوية) :

أ) الهدف الاول (P1) : انجاز المشروع في الوقت المرغوب فيه ، وحسب المعادلة العامة الاتية .[٧]

$$T = Yn - (dp+) + (dp-) \qquad (3.-1)$$

ب) الهدف الثاني (P2) : تحديد الكلفة الاضافية والمقررة من قبل ادارة المشروع لضغط أنشطته ، وحسب المعادلة العامة التالية :[٨]

$$R = \sum Uq.Xq - (dh+) + (dh-) \qquad (3-2)$$

١) تحديد قيود النموذج الرياضي :

أ) تحديد قيد الحد الأقصى لضغط أوقات الانشطة ، وبحسب المعادلة الرياضية العامة الاتية :

$$Xq \leq Rq \qquad (3.-3)$$

ب) تحديد قيد وقت الابتداء ، وبحسب المعادلة الاتية :

$$Yi + tij - Xq \leq Yj \qquad (3.-4)$$

٢) تحديد دالة الهدف : بلا شك ان دالة الهدف الرئيسة لهذا المحور هو تقليل الانحرافات الموجبة للأهداف بحسب عددها وأولوياتها وكما في المعادلة الاتية :

$$Min\ Z = P1\ (dh+), P2\ (dp+) \qquad (3.-5$$

تاسعا : تطبيق النموذج الرياضي (متعدد الاهداف) لمحور مد الشبكات الثقيلة

بتعويض النتائج التي تم الحصول عليها في النموذج الرياضي (متعدد الاهداف) ستكون دالة الهدف بتطبيق المعادلة رقم (5-3) وكما يلي :

$$Min\ Z = P1\ (dp+), P2\ (dh+)$$

اما بيانات ومعلومات القيود الهدفية بحسب الأولوية .

القيد ألهدفي الاول : وذلك بتطبيق المعادلة رقم (2-3) نحصل على ما يأتي :

170 = Y18 – (dp+) + (dp-)

القيد الهدفي الثاني : وذلك بتطبيق المعادلة رقم (1-3) نحصل على ما يأتي :

(1495000)XH1+ (1340000)XH2 + (1500000)XH3 + (1050000)XH4 + (1400000)XH5 + (1500000)XH6 + (391100)XJ1 + (570500)XJ2 + (421250)XJ3 + (372000)XJ4 + (355000)XJ6 + (500000)XK1+ (100000)XK3 + (100000)XK4 + (550000)XL1 + (100000)XL2 – (dh+) + (dh-) = 50 000 000

[٧] : تم استخدام المتغير الانحرافي dp1 بدلا من +dp و استخدام المتغير الانحرافي dp2 بدلا من -dp لعدم امكانية تعرف برنامج (Win QSB) على هذه المتغيرات .

[٨] : تم استخدام المتغير الانحرافي dh1 بدلا من +dh و استخدام المتغير الانحرافي dh2 بدلا من -dh لعدم امكانية تعرف برنامج (Win QSB) على هذه المتغيرات .

اما بيانات ومعلومات قيود الانموذج كما يلي :

١) قيود الحد الاقصى لضغط الانشطة ، بتطبيق المعادلة رقم (3-3) وكما يلي .

$XH1 \le 11$ $XH2 \le 3$ $XH3 \le 5$ $XH4 \le 1$ $XH5 \le 1$

$XH6 \le 3$ $XI1 \le 0$ $XI2 \le 0$ $XI3 \le 0$ $XI4 \le 0$

$XJ1 \le 5$ $XJ2 \le 1$ $XJ3 \le 2$ $XJ4 \le 1$ $XJ5 \le 0$

$XJ6 \le 2$ $XK1 \le 36$ $XK2 \le 0$ $XK3 \le 2$ $XK4 \le 2$

$XL1 \le 2$ $XL2 \le 2$

٢) قيود وقت الابتداء ، بتطبيق لمعادلة رقم (3-4) وكما يلي :

$Y1 = 0$

$Y1 + (20) - Xj1 \le Y2$

$Y1 + (60) - XH1 \le Y3$ or $Y2 + (0) - XDum1 \le Y3$

$Y3 + (5) - Xj2 \le Y4$

$Y3 + (15) - XH2 \le Y5$ or $Y4 + (0) - XDum2 \le Y5$

$Y5 + (6) - Xj3 \le Y6$

$Y5 + (20) - XH3 \le Y7$ or $Y6 + (0) - XDum3 \le Y7$

$Y7 + (2) - Xj4 \le Y8$

$Y7 + (6) - XH4 \le Y9$ or $Y8 + (0) - XDum4 \le Y9$

$Y9 + (0.5) - Xj5 \le Y10$

$Y9 + (2) - XH5 \le Y11$ or $Y10 + (0) - XDum5 \le Y11$

$Y11 + (22) - XH6 \le Y12$ or $Y10 + (7) - Xj6 \le Y12$

$Y3 + (46) - XI1 \le Y13$ or $Y5 + (32) - XI2 \le Y13$

$Y9 + (19) - XI3 \le Y13$ or $Y12 + (13) - XI4 \le Y13$

$Y13 + (76) - XK1 \le Y14$

$Y14 + (7) - XK4 \le Y15$

$Y14 + (5) - XK3 \le Y16$ or $Y15 + (0) - XDum6 \le Y16$

$Y13 + (10) - XL1 \le Y17$

$Y16 + (10) - XK2 \le Y18$ or $Y17 + (12) - XL2 \le Y18$

عاشرا : حل النموذج الرياضي لمحور مد الشبكات الثقيلة بواسطة برنامج (Win Q.S.B V2):

بعد إدخال بيانات الانموذج الرياضي في برنامج (Win Q.S.B V2) وكذلك باستخدام برنامج (Excel) في ترتيب النتائج تم التوصل الى النتائج الآتية وكما مبين في الجدولين (٣-٦)،(٣-٧).

الجدول رقم (٣-٦) والخاص بمتغيرات القرار للأنموذج :

N	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c (j)	Allowable Max. c (j)
1	XH1	11.0000	0	0	0	Basic	-M	0
2	XH2	3.0000	0	0	0	Basic	-M	0
3	XH3	2.0000	0	0	0	Basic		0
4	XH4	1.0000	0	0	0	Basic	-M	0
5	XH5	1.0000	0	0	0	Basic	-M	0
6	XH6	3.0000	0	0	0	Basic	-M	0
7	XI1	0	0	0	0	at bound	0	M
8	XI2	0	0	0	0	at bound	0	M
9	XI3	0	0	0	0	at bound	0	M

10	XI4	0	0	0	0	Basic	-M	0
11	XJ1	0	0	0	0	at bound	0	M
12	XJ2	0	0	0	0	at bound	0	M
13	XJ3	0	0	0	0	at bound	0	M
14	XJ4	0	0	0	0	at bound	0	M
15	XJ5	0	0	0	0	at bound	0	M
16	XJ6	0	0	0	0	at bound	0	M
17	XK1	36.0000	0	0	0	Basic	-M	0
18	XK2	0	0	0	0	Basic	-M	0
19	XK3	0	0	0	0	at bound	0	M
20	XK4	1.0246	0	0	0	Basic	0	0.9333
21	XL1	0	0	0	0	at bound	0	M
22	XL2	0	0	0	0	at bound	0	M
23	Y1	0	0	0	0	Basic	-M	M
24	Y2	49.0000	0	0	0	Basic	0	M
25	Y3	49.0000	0	0	0	Basic	0	M
26	Y4	61.0000	0	0	0	Basic	0	M
27	Y5	61.0000	0	0	0	Basic	0	M
28	Y6	78.0000	0	0	0	Basic	0	0
29	Y7	78.0000	0	0	0	Basic	0	0
30	Y8	83.0000	0	0	0	Basic	0	0
31	Y9	83.0000	0	0	0	Basic	0	0
32	Y10	84.0000	0	0	0	Basic	0	0
33	Y11	84.0000	0	0	0	Basic	0	0
34	Y12	103.0246	0	0	0	Basic	0	0
35	Y13	116.0246	0	0	0	Basic	0	0
36	Y14	156.0246	0	0	0	Basic	0	14.0000
37	Y15	163.0246	0	0	0	Basic	0	0
38	Y16	160.0000	0	0	0	Basic	-1.0000	0
39	Y17	158.0000	0	0	0	Basic	0	0
40	Y18	170.0000	0	0	0	Basic	-1.0000	0
41	Xdum1	0	0	0	0	at bound	0	M
42	Xdum2	0	0	0	0	at bound	0	M
43	Xdum3	0	0	0	0	at bound	0	M
44	Xdum4	0	0	0	0	at bound	0	M
45	Xdum5	0	0	0	0	at bound	0	M

46	Xdum6	0	0	0	0	Basic	0	0
47	dp1	0	1.0000	0	1.0000	at bound	0	M
48	dp2	0	0	0	0	at bound	0	M
49	dh1	0	0	0	0	at bound	0	M
50	dh2	0	0	0	0	at bound	0	M

الجدول رقم (٣-٧) والخاص بقيود الأنموذج الرياضي :

N	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack Or Surplus	Shadow Price	Allowable Min.RHS	Allowable Max.RHS
1	هدف الوقتP1	170.0000	=	170.0000	0	0	169.0897	170.9563
2	هدف الكلفةP2	50,000,000.0000	=	50,000,000.0000	0	0	-M	M
3	Press H1	11.0000	≤	11.0000	0	0	8.9746	13.9764
4	Press H2	3.0000	≤	3.0000	0	0	0.7141	6.3593
5	Press H3	2.9754	≤	5.0000	2.0246	0	2.9754	M
6	Press H4	1.0000	≤	1.0000	0	0	0	3.9885
7	Press H5	1.0000	≤	1.0000	0	0	0	1.5000
8	Press H6	3.0000	≤	3.0000	0	0	0.9754	5.9754
9	Press I1	0	≤	0	0	0	0	M
10	Press I2	0	≤	0	0	0	0	M
11	Press I3	0	≤	0	0	0	0	M
12	Press I4	0	≤	0	0	0	0	0.9563
13	Press J1	0	≤	5.0000	5.0000	0	0	M
14	Press J2	0	≤	1.0000	1.0000	0	0	M
15	Press J3	0	≤	2.0000	2.0000	0	0	M
16	Press J4	0	≤	1.0000	1.0000	0	0	M
17	Press J5	0	≤	0	0	0	0	M
18	Press J6	0	≤	2.0000	2.0000	0	0	M
19	Press K1	36.0000	≤	36.0000	0	0	34.6345	37.4345
20	Press K2	0	≤	0	0	0	0	0.9563
21	Press K3	1.0246	≤	2.0000	0.9754	0	1.0246	M
22	Press K4	0	≤	2.0000	2.0000	0	0	M
23	Press L1	0	≤	2.0000	2.0000	0	0	M
24	Press L2	0	≤	2.0000	2.0000	0	0	M
25	Active Y1	0	=	0	0	0	0	0.9103
26	Active Y2	49.0000	≥	20.0000	29.0000	0	-M	49.0000
27	Active Y3	60.0000	≥	60.0000	0	0	59.0437	60.9103
28	orActive Y3	0	=	0	0	0	-M	29.0000
29	Active Y4	12.0000	≥	5.0000	7.0000	0	-M	12.0000
30	Active Y5	15.0000	≥	15.0000	0	0	14.0437	15.9103
31	orActive Y5	0	=	0	0	0	-M	7.0000
32	Active Y6	17.0246	≥	6.0000	11.0246	0	-M	17.0246
33	Active Y7	20.0000	≥	20.0000	0	0	19.0437	20.9103

34	orActive Y7	0	=	0	0	0	-M	11.0246
35	Active Y8	5.0000	≥	2.0000	2.0000	0	-M	5.0000
36	Active Y9	6.0000	≥	6.0000	0	0	5.0437	6.9103
37	orActive Y9	0	=	0	0	0	-M	3.0000
38	Active Y10	1.0000	≥	0.5000	0.5000	0	-M	1.0000
39	Active Y11	2.0000	≥	2.0000	0	0	1.5000	2.9103
40	orActive Y11	0	=	0	0	0	-12.0000	0.5000
41	Active Y12	19.0000	≥	7.0000	12.0000	0	-M	19.0000
42	orActive Y12	22.0000	≥	22.0000	0	0	21.0437	22.9103
43	Active Y13	67.0246	≥	46.0000	21.0246	0	-M	67.0246
44	orActive Y13	55.0246	≥	32.0000	23.0246	0	-M	55.0246
45	Or2Active Y13	33.0000	≥	19.0000	14.0000	0	-M	33.0000
46	Or3Active Y13	13.0000	≥	13.0000	0	0	12.0437	13.9103
47	Active Y14	76.0000	≥	76.0000	0	0	75.0437	76.9103
48	Active Y15	7.0000	≥	7.0000	0	0	3.9754	M
49	Active Y16	5.0000	≥	5.0000	0	0	4.0437	5.9103
50	orActive Y16	0	=	0	0	0	-3.0246	M
51	Active Y17	41.9754	≥	10.0000	31.9754	0	-M	41.9754
52	Active Y18	10.0000	≥	10.0000	0	0	9.0437	10.9103
53	orActive Y18	12.0000	≥	12.0000	0	0	-M	43.9754

احد عشر : **تفسير نتائج حل الانموذج الرياضي (متعدد الاهداف) لمحور مد الشبكات الثقيلة**

بعد الحصول على نتائج حل الانموذج الرياضي كما موضح في الجدولين (٣-٦)،(٣-٧) فيما يلي تفسير لنتائجهما .

أولا : **جدول الحل رقم** (٣-٦) **والخاص بمتغيرات القرار للأنموذج** يظهر في هذا الجدول نتائج الحل الأمثل لدالة الهدف ويحتوي أيضا على قيم وحال متغيرات القرار، ويتكون هذا الجدول من تسعة أعمدة هي:

العمود الاول (Number) : يبين هذا العمود العدد الكلي لمتغيرات القرار في دالة الهدف فمثلا العدد 6 يشير الى تسلسل متغير القرار (XH6) وهكذا .

العمود الثاني (Decision Variable) : يتكون هذا العمود من متغيرات القرار الموجودة أصلا في الانموذج الرياضي ومتغيرا القرار الخاصة بأوقات ضغط الانشطة والأوقات اللازمة لبدء أنشطة المشروع بعد الضغط .

العمود الثالث (Solution Value) : يتضمن قيم متغيرات القرار الموجودة في العمود السابق ، وقيم متغيرات القيود الهدفية الموجبة والواقعة ضمن القيود الهدفية ، فالهدف الاول هو هدف انجاز المشروع في والوقت المرغوب به (170) والهدف الثاني هو هدف الكلفة الاضافية والمحددة من قبل ادارة المشروع (50000000) قد تحققا تماما بدون وجود اي انحراف موجب او سالب في قيم المتغيرات الانحرافية (dh+ , dh- , dP+ , dP-) ، اما بالنسبة لمتغيرات القرار فمن من التسلسل (1-22) تشير الى الوقت المضغوط فعلا ، فالرقم (1) والمقابل لمتغير القرار (XH5) يمثل مقدار الوقت الذي تم فيه ضغط النشاط (H5) اعمال مد أنابيب قطر ٦٠٠ملم pvc ، ومن التسلسل (23-40) فتشير الى أوقات ابتداء الانشطة ، فالرقم (61) والمقابل لمتغير القرار (Y5) يشير الى الوقت اللازم للبدء في تنفيذ النشاط (H3) وهو اعمال مد أنابيب قطر ٦٠٠ملم pvc .

العمود الرابع ((Unit Cost or Profit c(j) : يحتوي هذا العمود على معاملات متغيرات القرار في دالة الهدف.
العمود الخامس (total Contribution) : تمثل قيم هذا العمود القيمة الكلية لكل متغير وهو عبارة عن حاصل ضرب معامل كل متغير بقيمة متغير القرار المقابل له .
العمود السادس (Reduced Cost): يبين هذا العمود الكلفة الناجمة اذا ضغط النشاط المقابل له لوحدة زمنية واحدة .
العمود السابع (Basis Status) : يشير هذا العمود لحالة المتغير في جدول الحل الأمثل اي ان النشاط هو متغير أساسي ام لا حيث يرمز للمتغير الأساسي ب (basic) اي انه يخضع لعملية الضغط اما المتغير غير الأساسي (at bound) فان ضغطه لا يؤثر على وقت المشروع الكلي .
العمود الثامن ((Allowable min c(j) : يبين هذا العمود الحدود الدنيا المسموح بها لمعاملات متغيرات القرار في دالة الهدف والتي تحافظ على أمثليه الحل ، مادام معامل المتغير ضمن هذه الحدود الدنيا .
العمود التاسع ((Allowable max c(j) : يبين هذا العمود الحد الاعلى المسموح به لمعاملات متغيرات القرار في دالة الهدف مع الحفاظ على أمثليه الحل ، مادام معامل المتغير ضمن هذه الحدود العليا .

ثانيا : **جدول الحل رقم** (٣-٧) **والخاص بقيود الانموذج الرياضي** : وهو الجدول الذي يعرض النتائج الخاصة بقيود الانموذج الرياضي (متعدد الاهداف) لمحور انشاء المحطات ، ويتألف هذا الجدول من تسع أعمدة هي .
العمود الاول (Number) : من خلال هذا العمود يمكن التعرف على العدد الكلي لقيود الانموذج الرياضي ومواقع وتسلسلات القيود فالرقم (24) يشير الى تسلسل قيد ضغط L2 وهو تركيب ملحقات عمود التهوية .
العمود الثاني (Constraint) : يتألف هذا العمود من انواع قيود الانموذج الرياضي وهي اما قيود هدفيه او قيود وقت ضغط او قيود وقت الابتداء لجميع الانشطة .
العمود الثالث (Left Hand Side) : يحتوي هذا العمود على قيم الجانب الأيسر للقيود فالرقم (170) والمقابل للقيد ألهدفي الاول والذي يشير الى ما تم استغلاله من الوقت لضغط المشروع ، اما الرقم (50000000) المقابلة للقيد ألهدفي الثاني فيشير الى ما تم استغلاله من الكلفة المضافة ، اما بالنسبة لباقي القيود فمن التسلسل (3-24) فهي تشير الى مقدار ضغط الانشطة فالتسلسل (8) والمقابل ل (Press H6) يشير ان النشاط H6 قد تم ضغطه لمدة 3 يوما ، ومن التسلسل (25-53) فتشير الى وقت انجاز الانشطة فالتسلسل (45) والمقابل للقيد (or2 Active Y19) يشير الى مدة انجاز النشاط I3 هو 33 يوما .
العمود الرابع (Direction) : يحدد هذا العمود اتجاه القيد والذي تم بناءه في الانموذج الرياضي والذي يكون اما (=) او (≤ ، ≥) .
العمود الخامس (Right Hand Side) : يحتوي هذا العمود الجانب الأيمن من القيود (RHS) فالرقم (170) والمقابل للقيد ألهدفي الاول (P1) ويشير الى الوقت المتاح لتنفيذ هذا المحور ، اما الرقم (50000000) والمقابل للقيد ألهدفي الثاني وهي الكلفة المضافة لتنفيذ هذا المشروع في الوقت المرغوب فيه حيث يتضح لنا الاستغلال الكامل للموارد ، اما بالنسبة لباقي القيود فمن التسلسل (3-24) تشير الى أقصى وقت محدد لضغط الانشطة فالرقم (3) والمقابل للقيد (Press H6) تشير الى اعلى حد لضغط النشاط (H6) هو ثلاث أيام ، والقيود من التسلسل (25-53) فتشير الى أقصى مدة لإنجاز الانشطة فالرقم (76) والمقابل للقيد (Active Y14) فيشير الى أقصى مدة انجاز النشاط (K1) وهو مد أنابيب بقطر 110 و 160 ملم ضمن اعمال أعمدة التهوية .
العمود السادس (Slack or Surplus): يبين هذا العمود الأوقات الفائضة لكل نشاط من الانشطة، فالرقم (0) يشير الى ان النشاط قد اخذ كامل وقته المسموح لضغط ، اي عدم وجود اي وقت فائض في هذا النشاط .
العمود السابع (Shadow Price) : يبين هذا العمود مقدار الزيادة او النقص في قيمة دالة الهدف التي تنشأ بسبب الزيادة او النقصان في الكمية المتاحة من الموارد المستغلة بالكامل بمقدار وحدة واحدة ، والذي يعرف بسعر ظل[٩] .

[٩]: لمزيد من التفاصيل انضر المصدر (المفرجي ،٢٠٠٢: ٧٥)

العمود الثامن (Allowable min RHS) : يشير هذا العمود للحدود الدنيا المسموح بها والذي يمكن للطرف الأيمن للقيود النزول إليها دون ان يؤثر ذلك على أمثليه الحل ، فالرقم (169.0897) المقابل للقيد ألهدفي الاول وهو قيد الوقت يشير الى الحد الأدنى المسموح به والذي يمكن للطرف الأيمن النزول إليه دون ان يؤثر ذلك على أمكانية الحل .

العمود التاسع (Allowable max RHS) : يشير هذا العمود للحدود العليا المسموح بها والذي يمكن للطرف الأيمن للقيود الوصول إليها دون ان يؤثر ذلك على أمثليه الحل ، فالرقم (170.9563) والمقابل للقيد ألهدفي الاول وهو قيد الوقت حيث فيشير الى الحد الأعلى المسموح به والذي يمكن للطرف الأيمن الوصول إليه دون ان يؤثر ذلك على أمكانية الحل .

المبحث الخامس/ الاستنتاجات والتوصيات

أولا : الاستنتاجات : إن من ابرز الاستنتاجات التي توصل إليها الباحث هي :

٢) من خلال النتائج التي حصلنا عليها تتلخص بأن زمن انجاز هذا المحور (مد الشبكات الثقيلة) هو 231 يوما وبكلفة (000 011 315 7) دينار عراقي ، وتطمح ادارة المشروع الى تقليص زمن انجاز هذا المحور وبكلفة اضافية محددة مسبقا و بعد عمل المبادلة بين الوقت والكلفة والعمل على ضغط الانشطة ، اصبحت مدة انجاز المحور الاول انشاء المحطات 337 يوما وبكلفة تعجيلية اضافية (500 744 21) دينار ، والمحور الثاني مد الشبكات 169 يوما وبكلفة اضافية (000 135 53) دينار ، وبالنظر لمعدل ضغط المحورين بالمقارنة مع كلفها والتعجيلية نرى ان عملية ضغط المحور الثاني هي مكلفة أكثر من المحور الاول حيث يصل معدل تعجيل العمل في المحور الثاني الى (857 016.13) لكل ليوم، اما في المحور الاول (306 260.5) لكل يوم .

٣) ان عدم الاعتماد على الأساليب العلمية الحديثة في جدولة المشاريع في المحافظة وكذلك عدم الالتزام بتنفيذ نشاطات المشاريع في أوقاتها المحددة مسبقا وخصوصا الحرجة منها ، يؤدي الى عدم إكمال المشاريع بالأوقات المحددة لها ، وخير دليل على ذلك نسب الانحراف التراكمية والتصاعدية التي كان يعاني منها المشروع في تنفيذه كما في الجدول (٣-١) .

٤) يعد اسلوب البرمجة بالأهداف (Goal Programming) من الأساليب العلمية المرنة وذلك لسهولة تعاملها مع الاهداف المتعددة و المتناقضة ، كما تمكن ادارة المشروع إجراء تغيرات على تسلسل أولويات الاهداف وفقا لما تقتضيه مصلحة المشروع و وجهة نضر الجهة المستفيدة منه و النتائج التي تحققت بعد إدخال بيانات الأنموذج الرياضي (متعدد الاهداف) في برنامج (Win Q.S.B) أعطت معالم واضحة لإدارة المشروع التي لديها عدة اهداف بأولويات مختلفة ، كما توضح هذه النتائج كيفية تحقيق هذه الاهداف بحسب أهميتها وكذلك الاهداف التي لم تتحقق والسبب تفضيل بعضها على الاخر او توفير موارد اضافية اخرى لتحقيقها وهذا ما وضحته المتغيرات الانحرافية الموجبة والسالبة مما سوف يعطي دلائل واضح لمتخذ القرار لأتخاذ لقرار الدقيق بما يتناسب مع رغبة الجهة المستفيدة منه .

٥) يعد برنامج (Auto Cad 2015) من البرامج الهندسية المهمة والمستخدمة في إعداد اغلب التصاميم الهندسية بمختلف أشكالها ، وان استخدام البرنامج في جدولة المشروع تعتبر خطوة جديدة في جدولة المشروع وذلك للاستفادة من مميزات هذا البرنامج وجعل الشكل النهائي لجدولة المشروع أكثر شمولية وسهولة من جهة ، ومن جهة اخرى اختصار العمليات الحسابية .

٦) ضرورة دراسة ملفات الشركات الخاصة وسيرتها الذاتية المعروفة ب (C.V) والمتقدمة للمنافسة على التعاقد لإنجاز مشروع معين ، والتأكد من رصانتها وكذلك استخدامها للأساليب العلمية الحديثة ، كما من الضرورة ان تكون لهذه الشركات اعمال مماثلة لاسيما في المشاريع الكبيرة والتي كلفها 10 عالية .

٧) ضرورة ان تكون هناك تقارير فنية تقوم الدوائر المستفيدة بأعدادها وإرسالها للمحافظة وبشكل دوري يذكر فيها تفاصيل سير الاعمال بشكل فني ونسب الانجاز وكذلك الانحرافات في تنفيذ الاعمال وفقا لجداول تقدم العمل المعد مسبقا .

ثانيا : التوصيات : من ابرز التوصيات التي يوصي بها الباحث هي :

١) اعتماد مديرية مجاري صلاح الدين على النتائج التي توصل اليها الباحث في دراسته لضمان نجاح خططها ومشاريعها في المستقبل .

٢) اعتماد كلية الادارة والاقتصاد على الاسلوب المبتكر الذي طرحه الباحث في جدولة المشروع لما لهذا الاسلوب من مميزات كثيرة تساعد متخذ القرار على اخذ القرارات الصحيحة حول استثمار الوقت بالشكل الأمثل من جهة ومن جهة اخرى توفير الكلفة المترتبة من استخدام الأساليب التقليدية القديمة في عملية الجدولة ، علما ان عملية الجدولة ممكن ان تتم عن طريق استخدام الورق البياني و المسطرة بدلا من استخدام برنامج (AutoCAD 2015) الذي قام الباحث باستخدامه .

٣) توفير قاعدة بيانات متكاملة لكافة المشاريع التي تقوم المحافظة بتنفيذها ، والتي تشمل جميع الأوقات وتكاليف الخاصة بالأنشطة المختلفة في المشروع .

٤) إقامة دورات تدريبية وورش عمل للمدراء والمهندسين العاملين في المحافظة بشكل عام ومديرية المجاري بشكل خاص وذلك للتعرف على الأساليب العلمية الحديثة ومن ثم مواكبة التطور العلمي الذي حدث في الدول المتقدمة في هذا المجال ، ومن ابرز هذه الورش هي :

أ) ندوات حول اسلوب برمجة الاهداف وما مدا فعالية هذا الاسلوب في تحقيق التوازن بين اهداف المحافظة وأهداف الشركات المتضاربة .

ب) دورات تقوم بها كلية الادارة والاقتصاد لعدد من الموظفين المختصين في إعداد المشاريع لتعلم كيفية صياغة المعادلات الخاصة ببرمجة الاهداف وكيفه حل هذه المعادلات و الاستفادة منها على المستوى التطبيقي.

ت) دورات تعلم العمل على برنامج الرسم الهندسي (AutoCAD 2015) والعمل على استخدام هذا البرنامج في رسم شبكات المشاريع بالأسلوب المبتكر الذي استخدمه الباحث لما فيه من مميزات كثيرة تم ذكرها .

٥) من المهم قيام مديرية مجاري صلاح الدين بإلزام جميع الشركات المقدمة للعطاءات بتقديم جدول لتقدم العمل والمعد وفقا للأساليب العلمية الحديثة ، وكذلك تقديم جدول تقدم العمل بالأوقات والكلف و تكون الشركة المنفذة للعمل ملزمة به في حال طلب الجهة المستفيدة ذلك .

٦) الاستعانة بالكفاءات العلمية الموجودة في المؤسسات التعليمية العراقية لحل المشاكل التي تعاني منها اغلب دوائرنا اليوم علاوة على إدخال الأساليب العلمية الحديثة في ادارة مشاريع المحافظة من خلال مبدأ التعاون.

٧) بسبب التزام الباحث بالحد الأعلى لعدد صفحات بحث دراسة الدبلوم العالي قام بأخذ جانب اعمال المجاري الثقيلة لهذا يوصي الباحث بتكملة الجانب الأخر وهو اعمال المجاري المطرية ولجميع الأحياء ، لكي تكون هناك دراسة متكاملة للمشروع بجميع محاوره ، وبهذا يتم الحصول على الفائدة الأكبر من البحث

٨) أهمية تعاون الأقسام الهندسية الموجودة بالمحافظة مع الجهات المستفيدة من المشاريع في تذليل الكثير من العوائق التي تؤثر سلبا على وقت انجاز المشاريع وتكمن أهمية هذا التعاون في عدة جوانب أهمها :

أ) التنسيق العالي في رصد مبالغ المشاريع التي هي قيد الانجاز وتفادي توقفها لأسباب تتعلق بعدم صرف السلف وتوفير السيولة المادية لتنفيذها .

ب) أعداد جاهزية ارض المشروع قبل تسلمها للجهة المنفذة .

ت) الأشراف المشترك على تنفيذ المشاريع ومتابعة نسب انجاز الاعمال ، ويمكن ان يكون ذلك من خلال زج مهندسين المحافظة ومجلس المحافظة في اللجان المختصة بالأشراف على المشاريع ومتابعة سير أعمالها .

المصادر References

اولا : المصادر العربية :

١) الجزائري ، صفاء محمد (2008) استخدام اساليب جدولة المشروع بيرت والمسار الحرج في المفاضلة بين الوقت والكلفة لإنجاز المشاريع ، دراسة تطبيقية في المعهد التقني البصرة ، المجلة التقنية ، المجلد (18) ، العدد (9) .

٢) الموسوي ، منعم زميزر (2009) بحوث العمليات – مدخل عملي لأتخاد القرار ، الطبعة الاولى ، عمان ، دار وائل للنشر والتوزيع .

٣) المولى ، محمد عامر (1998) تطبيق برمجة الاهداف في نقل المنتجات النفطية ، رسالة مقدمة لكلية الادارة والاقتصاد / جامعة بغداد ، للحصول على درجة الماجستير علوم في بحوث العمليات .

٤) المعهد القومي للمقاييس الامريكي ، معهد ادارة المشروعات ، الدليل المعرفي لإدارة المشروعات (2006) الاصدار الثالث .

٥) المفرجي ، وقاص سعد (2002) تخطيط الانتاج لشركة 7 نيسان العامة باستعمال اسلوب البرمجة الخطية ، رسالة مقدمة كلية الادارة والاقتصاد / جامعة بغداد ، للحصول على درجة الماجستير في بحوث العمليات .

٦) العبيدي ، محمود و الفضل ، مؤيد (2010) ، ادارة المشاريع كمنهج كمي ، الطبعة الثانية ، عمان ، دار الوراق للنشر والتوزيع .

٧) العجمي ، محمد سامر (2009) برمجة الاهداف ، رسالة ماجستير مقدمة لكلية الادارة والاقتصاد / جامعة دمشق – سوريا .

٨) العلي ، محمد عبد الستار (2009) ادارة المشروعات العامة ، الطبعة الاولى ، عمان ، دار المسيرة للنشر والتوزيع.

٩) العقلة ، محمد (2007) المشروع ودورة حياته ، دمشق _ سوريا ، مكتب العباسيين للطباعة والنشر ، دمشق - سوريا .

١٠) الفرهود ، فيصل عبد الاله (2012) توظيف البرمجة الخطية في المخططات الشبكية لتحديد الأمثلية للزمن والكلف لإنجاز بعض مشاريع وزارة الشباب ، رسالة مقدمة كلية الادارة والاقتصاد / جامعة بغداد ، للحصول على درجة الماجستير علوم في بحوث العمليات .

١١) الشاهين ، نداء صالح (2007) تصميم انموذج متعدد الاهداف لتقيم اهداف ادارة الصحة والسلامة المهنية على وفق المواصفة OHSA18001 ، دراسة حالة في الشركة العامة لمصافي الوسط في الدورة ، اطروحة دكتوراه مقدمة كلية الادارة والاقتصاد / جامعة بغداد .

١٢) الطالب ، بشار عبد العزيز مجيد (1997) مقارنة البرمجة الهدفية مع المربعات الصغرى وانحدار الحرف في تقدير المعلمات، رسالة مقدمة لكلية الادارة والاقتصاد / جامعة الموصل ، ، للحصول على درجة الماجستير في الاحصاء.

١٣) سعدي ، د. سهيلة عبد الله (2004) الجديد في الاساليب الكمية وبحوث العمليات ، الطبعة الاولى ، عمان- الاردن ، دار الحامد .

١٤) حاوي ، ايمان عسكر (2005) استخدام اسلوبي المسار الحرج وبيرت في تخطيط ومتابعة انجاز الزوارق ، دراسة تطبيقية في شركة ابن ماجد العامة ، مجلة التقني ، المجلد (18) ، العدد (4) .

١٥) حسن ، نورس عبد الكريم (2013) استعمال البرمجة الهدفية الضبابية في تحديد الكميات المثلى لبعض الادوية في شركة تسويق الادوية ، رسالة ماجستير مقدمة لكلية الادارة والاقتصاد / جامعة بغداد .

١٦) كاضم ، صفاء كريم (2005) استخدام برمجة الاهداف الخطية في تخطيط ونقل الماء الصالح للشرب في دينة السماوة ، مجلة القادسية للعلوم الاقتصادية ، المجلد (7) ، العدد (4) .

١٧) ميريديث ، جاك ،. مانتل ، صمويل .، ابراهيم ، سرور علي (1999) ادارة المشاريع ، الطبعة

الاولى ، الرياض ، دار المريخ للنشر .

١٨) علي ، عابد (2011) دور التخطيط والرقابة في ادارة المشاريع باستخدام التحليل الشبكي ، رسالة مقدمة الى كلية العلوم الاقتصادية / جامعة ابو بكر بلقايد – تلمسان - الجزائر ، للحصول على درجة الماجستير علوم في الاقتصاد .

١٩) شعبان ، عبد الكريم (2008) تطبيقات في الاساليب الكمية وبحوث العمليات مشاكل...وحلول ، الطبعة الاولى ، النجف الاشرف ، مطبعة الغزي الحديثة .

٢٠) خير الدين ، احمد (2012) ادارة المشاريع المعاصرة ، الطبعة الاولى ، عمان ، دار وائل للنشر .

٢١) خضر ، تمام سلمان (2015) جدولة المشروع باستعمال اسلوب برمجة الاهداف ، دراسة ميدانية في مشروع القرية العصرية في محافظة واسط ، رسالة مقدمة لكلية الادارة والاقتصاد / جامعة بغداد ، للحصول على درجة الماجستير علوم في الادارة الصناعية .

٢٢) نجم ، نجم عبود (2008) مدخل الى الاساليب الكمية في التطبيقات باستعمال (Microsoft Excel) ، الطبعة الثانية ، عمان ، مؤسسة الوراق للنشر والتوزيع .

٢٣) نعمان ، ليث داود (2012) استخدام طريقة المسار الحرج لتخطيط اعمال صيانة في محطة لإنتاج الطاقة الكهربائية ، مجلة الهندسة التكنولوجية ، المجلد (30) ، العدد (8) .

٢٤) زيدان ، كريم قاسم محمد (2012) تخطيط الانتاج باستعمال البرمجة الهدفية في معمل انتاج محولات التوزيع الكهربائية في ديالى ، رسالة مقدمة لكلية الادارة والاقتصاد / جامعة بغداد ، ، للحصول على درجة الماجستير علوم في بحوث العمليات .

ثانيا : **المصادر الانكليزية** :

25) A Guide to Project Management Body of Knowledge – PMBOK Guide , (3th ed) Project Management Institute Newtown Square , Pennsylvania , U.S.A , 2004 .

26) Anderson , David R ., Sweeney , Dennis J ., and Williams , Thomas A .,(1995) Quantitative Methods for Business , (6th ed) ,West Publishing Com .

27) Bryson , N(1995) "A Goal Programming Method for Generating Priority Vectors" , Journal of The Operational Research Society , Vol (46) , No (5) , PP (641-648) .

28) Berroiguet , Abdelkrim yahia and Tissourassis ,Khadija ,(2004) , Application of goal programming model for allocating time and cost in project management : A case study form the the company of construction seror Yugoslav , Journal of Operation Research .

29) Heizer , Jay & Render , Barry (2006) Production of Operation Management , (6th ed) , Pearson - Prentice Hall , New Jersey .

30) Hillier , Frederick S and Lieberman , Gerald J (2001) Introduction to Operations Research , (7th ed) Mc Graw – Hill , New York .

31) Khalaf , W. S & Leong , W.J (2009) A Linear Programming Approach for the Project Controlling . Research Journal of Applied Sciences , p: 202-212 .

32) Krajewski , Lee J & Ritzman , Larry p (2005) Operations Management – Processes and Value Chaine , (7th ed) , Pearson – Prentice Hall , New Jersey .

33) Lgnizio , James P & Romero , Carlos (2003) Gool Programming Encyclopedia of Information Systims , Vol (2) , PP (489-500) .

34) Mubiru , Paul Kizito , (2010) A goal programming model for allocating time and cost in project management , Department of Mechanical and production Engineering Kyambogo University , Uganda .

35) Nagarajan K (2004) Project Management , (2th ed) , New Age International .
36) Nicholas , John M (2004) "Project Management for Business and Engineering" (2nded) , Elsevier .
37) O'Brien , James , J & Plotnick , Fredric , L (2010) "CPM in Construction Management" (6th ed) , Mc Graw – Hill .
38) Passenheim , Olaf (2005) Project Management , (2th ed) , Prentice – Hall , New Jersey.
39)Render , Barry & Stair , Jr & Ralph M & Hanna , Michael E (2009) Quantitative Analysis for Management , (10th ed) , Pearson – Prentice Hall , New Jersey .
40) Premachandra I.M. , (2007) , "A Goal – programming Model for Activity Crashing in project Networks" International Journal of Operations & Production Management , MCB University Press .
41) Sen , Nabendu & Nandi , Manish (2012) A Gool Programming Approach to Rubber Plantation Planning in Tripura , Applied Mathematical Sciences Vol (6) , NO(124) , PP (6171-6179)
42) Taha , H.A (2007) Operations Research An Introduction (8th ed) , New Jersey : Prntice Hill .
43)White , D & Fortune (2004) "Current Practice in Project Management : an empirical Stude " , International Journal of Project Management , Vol. 20,1,pp.1-11 .
44) W.L, Winston , S ., Christian Albright , and M .,Broadie (1997) "Practical Management Scince – Spreadsheet Modeling and Applications" , International Thomson Publishing Company , USA .
45) Wysocki , Robert K (2009) Effective Project Management , (5th ed) , Wiley Publishing , lnc .

PROJECT MANAGEMENT OF BALAD`S MAJOR SEWERAGE SYSTEM BY USING THE GOAL PROGRAMMING METHOD

Abstract

The project of balad's major sewerage system is one of the biggest projects who is still in progress in salahulddin province provincial - development plan that was approved in 2013 . This project works in two parts ; the 1st is installing the sewerage networks (both of heavy sewerage & rain sewerage) and the 2nd is installing the life – off units (for heavy sewerage & rain sewerage , as well) . the directorate of salahuiddin is aiming that at end of construction it will be able to provide services for four residential quarters , one of the main challenges that project's management experience is how to achieve these projects in the determined time , added cost and technical specifications although the majority of these projects have been managed with predetermined time and financial resources limits , they still need some improved strategies and more careful calculation in their time and cost management.

This project was chosen for the following reasons , The first reason is that the project is currently stopped, because of the security and financial circumstances in salahulddin province in particular .this is a great manage time and cost when the work is resumed , and the second reason is during the progress of the project, the until it was stopped, the completion percentage was behind what it was planned originally . this highlights the need to study how to avoid these delays in future using a scientific and logical method , and the third reason that the project has many variables that affect the progress, which are of great importance for scientific and mathematical methods .

To achieve this purpose the project was studied using modern scientific and mathematical methods , which are the curved part method (CPM) for project's real and accelerated timing the Primavera V6 software and the AutoCAD 2015 software . the goal is to benefit from these methods and software to establish a new work schedule for the project . Due to the project's various and clashed (in sometimes) objectives that are have to be accomplished in a limited time , it is very important to be careful and accurate with making the right time . It was highly needed to use an efficient mathematical model that work with all these variables in the limited time allowed and according to their priorities . This mathematical method is called the Goal Programming for multi-objective mathematical models .

Key words : **Project Management , Project Scheduling , Goals Programming , Critical Path Method , Scheduling by AutoCAD2015 .**