Use multi-goal fuzzy programming to find the critical path

استخدام البرمجة المتعددة الأهداف الضبابية لإيجاد المسار الحرج

أ.م.د. فاتن فاروق البدري / كلية الإدارة والاقتصاد / جامعة بغداد
الباحث / يوسف عادل علي البلداوي / كلية الإدارة والاقتصاد / جامعة بغداد

OPEN ACCESS
P - ISSN 2518 - 5764
E - ISSN 2227 - 703X

Received:6/11/2018
Accepted :7/1/2019

المستخلص

استغلال جميع الإمكانيات المتاحة والاستفادة منها هي من اهم مشاكل التي تواجه متخذي القرار في الوقت الحالي ولاستغلال تلك الموارد لابد من تنظيم الأهداف المتضاربة وهو العمل الرئيسي في إدارة المشروع والتي تمكن من وضع خطة يمكن لصانعي القرار استخدامها لتقصير وقت الاكمال الإجمالي وتقليل إجمالي التكلفة للمشروع ويتم ذلك من خلال استخدام تقنيات العلمية الحديثة ، ولذلك قام الباحث باستخدام اسلوب المسار الحرج مستعينا بتقنية برمجة الأهداف لإيجاد طرق اكثر كفاءة لاتخاذ القرارات المناسبة حيث عمل الباحث على حل المشاكل الموجودة في بناء دائرة مركز مجاري قضاء بلد وهي المشاريع التابعة الى وزارة البلديات والاشغال وبعد جمع البيانات اللازمة للمشروع قام الباحث بتقليل الكلفة الكلية والوقت الطبيعي والكلفة التعجيلية ، وقد كانت النتائج ضمن مستوى الطموح بالنسبة لمتخذ القرار حيث تم حل التضارب بين الأهداف من تقليل الكلفة الكلية الى الوقت الكلي و الكلفة التعجيلية من خلال استخدام برمجة الأهداف الخطية وكانت النتائج ضمن مستوى الطموح لمتخذ القرار.

المصطلحات الرئيسة للبحث / برمجة الأهداف ، أسلوب المسار الحرج الضبابي ، الضبابية ، جدولة المشروع

Journal of Economics and Administrative Sciences
2019; Vol. 25, No.112
Pages:428- 443

*البحث مستل من رسالة ماجستير

1- المقدمة

يقصد بالمشروع مجموعة النشاطات أو الفعاليات المترابطة منطقيا فيما بينها والتي لها نقطة بداية محددة ونقطة نهاية محددة والتي يجب ان تنفذ في توقيت زمني معين ، ويعد عاملي الوقت والكلفة من أكثر العوامل المؤثرة في انجاز المشاريع ، ولضمان سير العمل في إي نشاط ووفقا لمواصفاته فمن المهم حقا لمدير المشروع التأكد من انتهاء المشروع في الوقت المحدد ، ولإتمام ذلك لابد من التأكد من الجودة والفعالية ووقت الانجاز المحدد و التكلفة الإجمالية المخصصة، وتتضمن برمجة المشاريع وظيفتي التخطيط والرقابة وهما من الوظائف الرئيسة للإدارة ومن خلال وظيفة التخطيط يتم بلورة الأهداف المراد تحقيقها الى خطط تنفذ على الأرض ، حيث يتم تحديد متطلبات كل نشاط من مواد واعمال ومعدات وتحديد زمن الإنجاز لكل نشاط من الأنشطة والتنسيق بين مختلف الأنشطة بما يضمن تحقيق الأهداف العامة ، وبالتالي يتم اتخاذ الإجراءات اللازمة لإكمال إنجازها وفقا لما كان مخطط له .

2- مشكلة وهدف البحث

تتلخص مشكلة البحث في عدم التأكد والغموض في تقدير زمن نشاطات مشروع معين و ذلك يؤثر بشكل كبير في التخطيط واتخاذ القرار وحساب المدة الكلية لإنجاز المشروع وفي تأخر المشروع و في زيادة التكاليف التي يهدف متخذ القرار إلى تقليصها إلى أدنى حد ممكن لذلك تسعى إدارة المشروع إلى اتباع الأساليب العلمية في التخطيط والجدولة والرقابة لتجاوز حالة عدم التأكد والوصول لتقديرات أكثر دقة وواقعية في حساب عمر المشروع لإنجازه بأقل مدة ممكنة وبأقل كلفة ممكنة وهذا ما تطمح إلى تحقيقه وزارة البلديات والاشغال في مديرية بلدية صلاح الدين دائرة مركز مجاري بلد المعنية بهذا المشروع ، ان هدف البحث هو استخدام تقنيات علمية حديثة للوصول إلى أقل مدة ممكنة في إنجازه وتقليص الكلفة الكلية باستخدام طريقة المسار الحرج الضبابي كأداة تخطيط وجدولة ورقابة في إدارة هذا المشروع وكذلك استخدام نموذج متعدد الأهداف لتقليل التكلفة الإجمالية للمشروع وكذلك وقت الانجاز حيث يتم تنظيم الأهداف المتضاربة من خلال استخدام جميع الموارد ذات الصلة من خلال التنظيم وهو العمل الأساسي في إدارة المشروع .

3- المسار الحرج

تعتبر طريقة المسار الحرج مكملة لمخطط (Gant Chart) و تعتمد طريقة المسار الحرج على تحديد مجموعة الانشطة التي يجب ان تعطى اهتماما خاصا في التخطيط والتنفيذ ،ويستخدم هذا الاسلوب في حالة تنفيذ المشاريع التي تتوافر عنها معلومات دقيقة عن الوقت المتوقع لكل نشاط يدخل في المشروع ، وظهرت طريقة المسار الحرج عندما بدا فريقين مستقلين لبحث طرق اكثر موضوعية للسيطرة على تخطيط المشاريع ورقابتها في وقت واحد وفي عام 1957 وعندما كان الفريق الاول الصناعي للسيطرة الهندسية لمصنع الانتاج الكيمياوي الامريكية بقيادة الشركتين (Rand) و (Dupont) بالبحث في طرق جدولة المشاريع الجديدة (مصدر3).

4- حسابات طريقة المسار الحرج

1- حساب الاوقات المبكرة (Earliest Start Time)

لغرض احتساب الاوقات اللازمة لحساب طول المسار الحرج ، يتم احتساب الوقت المبكر (EST) وهو هو إجمالي الوقت اللازم لإنجاز النشاطات السابقة للحدث حيث يكون وقت الحدث الأول المبكر في أي شبكة يساوي (صفر) لعدم وجود أي نشاطات سابقة له ES1 =0 وكما في معادلة رقم (1)

$$EC_i = \{ES_i + D_{ij}\}$$

2- حساب الوقت المتأخر لنهاية النشاط وهو اخر وقت زمني يمكن لنا فيه الانتهاء من انجاز العمل المؤدي الى الحدث من دون الاخلال بالوقت العام للمسار الحرج وكما في معادلة رقم (2).

$$LC_i = Min\{LC_j - D_{ij}\}$$

حيث ان حساب الوقت المتأخر تبدأ من نهاية المخطط الشبكي باتجاه بداية المخطط عندها يكون Lcj وهو معروف لاستخراج Lci حيث ان $LC_n = ES_n$ واخر حدث هو (n) ، وعند احتساب الوقت المبكر للأحداث والوقت المتأخر اصبح بالإمكان حساب الوقت الفائض (Floats of the time) من خلال المعادلة رقم (3)

$TF_{ij} = LC_j - ES_i - D_{ij}$ ثم نحدد الانشطة الحرجة والتي يكون الوقت الفائض فيها مساوي الى الصفر(مصدر رقم 4)

5- تقليص وقت المشروع باستعمال مبادلة الوقت-الكلفة

ان الأداة الرئيسية للرقابة هو تحليل المخططات الشبكية من خلال حساب الكلف والزمن ومن ثم تحديد الكلفة المُثلى والزمن الأمثل للإنجاز وذلك من خلال تطبيق مبادلة الكلفة و الوقت ، حيث أن الأساس الفكري فيها يقوم على مبدأ تقليل التكاليف الى أدنى حد ممكن بعد اخضاع المشروع الى عملية تقليص العامل الزمني وهنا يتطلب الأمر هنا تحليل التكاليف الكلية للمشروع، حيث يتم تقسيم المشروع الى مراحل عديدة تخضع للتحليل من أجل معرفة أي من الفعاليات يتم الانتهاء منها وفق الزمن الأمثل ويتم ذلك بإضافة مثلا ، ساعات العمل، الأيادي العاملة، استعمال الآليات ، ساعات العمل الإضافية وكما ان التكاليف الكلية للمشروع تنقسم الى قسمين هما التكاليف المباشرة والتكاليف غير المباشرة ، ويمكن توضيح العلاقة رياضيا ًمن خلال مجموعة من الرموز والتعاريف والتي من خلالها يتم صياغة العلاقات الرياضية اللازمة لذلك وهي كما يلي وكما في معادلة رقم (4)(مصدر1) :

$$SLOPE=\frac{\Delta C}{\Delta D}$$

6- الضبابية

الضبابية في المعنى الواسع الغموض او نوع من عدم التأكد او عدم الوضوح او عدم اليقين في فهم الحدود ، فالبيانات الغير دقيقة تعني انها ضبابية ، وينشأ عدم التأكد في البيانات من أسباب شتى فقد ينشأ من اختلاف في توظيف المتغيرات لفظية (وصفية) بدلاً عن المتغيرات الكمية الرقمية مثلا راضي ، قريب ، بعيد ، ممتاز ، طويل ، صغير .....والخ وغيرها موجودة في كل مجالات المعرفة ،فالضبابية مفهوم واسع يصف التباس الشيء وينشأ من عدم القدرة على التحديد الواضح التام لعناصر المجموعة ، أي إن المجموعة الضبابية لا يمكن تحديدها بدقة والهدف الرئيس للنظرية الضبابية هو معالجة البيانات الغير دقيقة باستخدام الطرائق غير مستخدمة من خلال المنطق (مصدر5)

7- المجموعة الضبابية

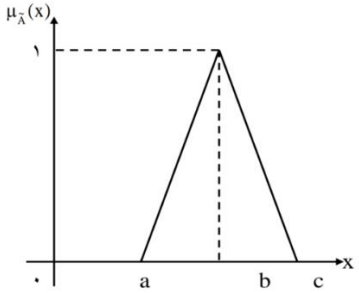
تعتبر المجموعات الاعتيادية الاساس الذي بنى عليه زادة النظرية الضبابية والتي تقوم على مفهوم انتماء او عدم انتماء العنصر للمجموعة وبما ان هنالك العديد من التطبيقات لا يمكن التعامل معها من خلال المجموعة الكلاسيكية حيث وجد زادة وجود عضوية جزئية لبعض العناصر وبالتالي تم تطوير النظرية الضبابية حيث عرف زادة المجموعة الضبابية ($\tilde{A}$) على المجموعة الشاملة من العناصر (X) على انها مجموعة من العناصر مع درجة انتماء (($M_{\tilde{A}}$ (x)) والتي تكون قيمتها بين [0,1] والتي تمثل درجة انتماء القيمة (x) الى المجموعة ($\tilde{A}$) (مصدر6)

8- دوال الانتماء الخطية

تمثل قيم انتماء العناصر إلى المجموعة الضبابية التي تكون على شكل خط مستقيم ومن أهم أشكال دوال الانتماء الخطية :

1-الدوال المثلثية

وهي من اكثر الدوال شيوعا حيث تستخدم في شبكات الاعمال الضبابيه و يقال ان ($\tilde{A}$) آرقم ضبابي مثلثي ، حيث ان$\tilde{A}$ =(a,b,c) اذا كانت دالة انتماء تكون التالي (مصدر8):



الشكل (1-2)

$$Mx(x) = M(x,a,b,c) = \begin{cases} 0 & if \ \ x < a \\ \dfrac{x-a}{b-a} & if \ \ a \le x \le b \\ \dfrac{c-x}{c-b} & if \ \ \beta \le x \le c \\ 0 & if \ \ x > c \end{cases}$$

معادلة رقم (5)

9- خوارزميات برمجة الأهداف (طه:2011: 18:ص520)

هنالك طريقتان رئيسيتان من الخوارزميات لحل مشاكل برمجة الأهداف هما(مصدر2) :

1-طريقة الأولوية

2-طريقة الاوزان

خطوات الحل:

1-بناء الانموذج الرياضي المتعدد الاهداف لايجاد المسار الحرج (مصدر7) :

$$Minz_1 = \sum_i \sum_j C_{Dij} + \sum_i \sum_j k_{ij} Y_{ij} + [C_I + m(E_n - T_{nc})]$$

$$Minz_2 = E_n - E_1$$

$$Minz_3 = \sum_i \sum_j k_{ij} Y_{ij}$$

S.T.

$$E_i + t_{ij} - E_{ij} \le 0 \quad \forall i. \forall j$$

$$t_{ij} = D_{ij} - Y_{ij} \quad \forall i \,. \forall j$$

$$Y_{ij} \le D_{ij} - d_{ij} \quad \forall i \,. \forall j$$

$$z_1 \le B \quad \forall i. \forall j$$

$$t_{ij} \,. Y_{ij} \,. E_i \ge 0 \quad \forall i. \forall j$$

2- حل النموذج الرياضي باستخدام البرمجة الخطية كل دالة هدف على حدة في ظل قيود النموذج وذلك لا يجاد الحدود الدنيا والعليا لكلفة ووقت المشروع

$$z_g^{PIS} = Minz_g \,. z_g^{NIS} = Max \, z_g \qquad g = 1.2.3 \ldots\ldots\ldots k$$

3- بناء الانموذج الرياضي الخاص بالمسار الحرج الضبابي المتعدد الاهداف وحله باستخدام البرمجة الخطية (المرحلة الاولى):

أ- يمكن تعريف دالة الانتماء الخطية بالشكل التالي:

$$f_g(Z_g) = \begin{cases} 1 & if Z_g \le z_g^{PIS} \\ \dfrac{z_g^{NIS} - Z_g}{z_g^{NIS} - z_g^{PIS}} & if \ z_g^{PIS} < Z_g < z_g^{NIS} \\ 0 & if Z_g \ge z_g^{NIS} \end{cases}$$

معادله (6)

حيث ان:

$f_g(Z_g)$: تمثل دالة الانتماء الخطية

z_g^{NIS}: تمثل الحد الاعلى (Upper Limit)

z_g^{PIS}: تمثل الحد الادنى (Lower Limit)

ب- الانموذج الرياضي لايجاد المسار الحرج الضبابي المتعدد الاهداف:

$$\text{Max} = \beta \qquad , 0 \leq \beta \leq 1$$

S.t.

$$\beta \leq \frac{z_g^{NIS} - Z_g}{z_g^{NIS} - z_g^{PIS}}$$

$$E_I + t_{ij} + E_{ij} \leq 0 \quad \forall i . \forall j$$

$$t_{ij} = D_{ij} - Y_{ij} \quad \forall i . \forall j$$

$$Y_{ij} \leq D_{ij} - d_{ij} \quad \forall i . \forall j$$

$$z_1 \leq B \quad \forall i . \forall j$$

$$t_{ij} . Y_{ij} . E_i \geq 0$$

4- بناء الانموذج الرياضي الخاص بالمسار الحرج الضبابي المتعدد الاهداف وحله باستخدام تقنية برمجة الاهداف (المرحلة الثانية):

$$\text{Max} = \sum_{g=1}^{k} P_g \beta_g \qquad , 0 \leq \beta \leq 1$$

S.t.

$$\beta_g \leq \frac{z_g^{NIS} - Z_g}{z_g^{NIS} - z_g^{PIS}}$$

$$E_I + t_{ij} + E_{ij} \leq 0 \quad \forall i . \forall j$$

$$t_{ij} = D_{ij} - Y_{ij} \quad \forall i . \forall j$$

$$Y_{ij} \leq D_{ij} - d_{ij} \quad \forall i . \forall j$$

$$z_1 \leq B \quad \forall i . \forall j$$

$$t_{ij} . Y_{ij} . E_i \geq 0$$

10- الجانب التطبيقي

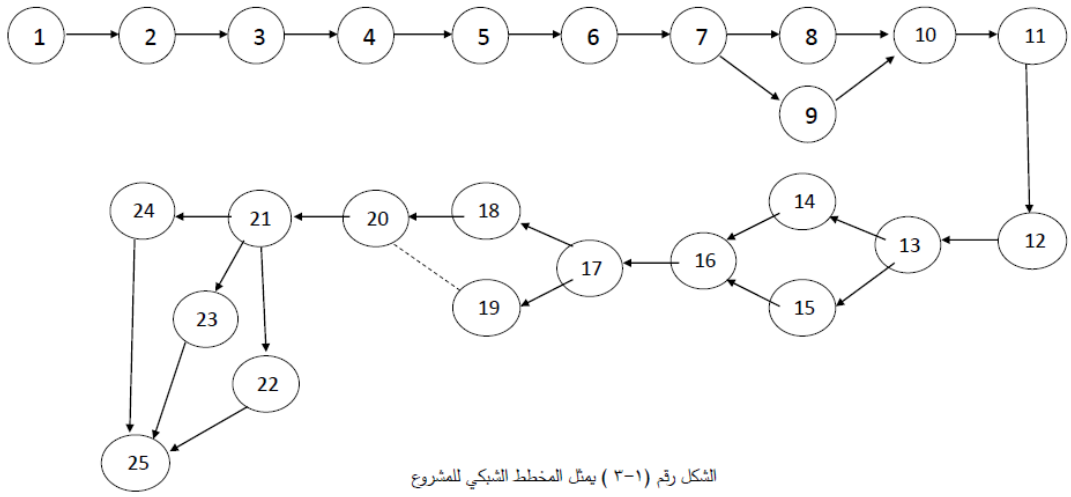
يتم عرض الجانب التطبيقي للمسار الحرج الضبابي مع بعض الطرائق والتقنيات على احدى المشاريع التابعة لبلدية قضاء بلد وهو مشروع بناء دائرة مجاري بلد فبعد إن تم جمع البيانات الخاصة بالمشروع سيتم رسم المخطط الشبكي للمشروع ومن ثم سيتم استخدام تقنية البرمجة الهدفية الضبابية لإيجاد الكلفة الكلية للمشروع كهدف اول وتقليل وقت الانجاز كهدف ثاني وكذلك حساب الكلفة التعجيلية للمشروع باعتبارها هدف ثالث.

11- نشأة مديرية الماء والمجاري لقضاء بلد وطبيعة عملها:

مديرية مجاري قضاء بلد من الدوائر الخدمية التي أنشئت بموجب قانون المؤسسة العامة للماء والمجاري المرقم 46 لسنة 1979 أو قرار مجلس قيادة الثورة المنحل المرقم 264 في 1987/4/26 وبموجب هذا القانون كانت هناك دائرة واحدة هي مديرية الماء والمجاري في قضاء بلد ثم تم إلغاء هذا القانون بالقانون رقم 27 لسنة 1999 " قانون الهيئة العامة للماء والمجاري " وتضم الهيئة مديرية عامة للماء ومديرية عامة للمجاري وبموجب هذا القانون تم فصل الماء عن المجاري في المحافظات فتأسست مديرية مجاري قضاء بلد كدائرة مستقلة عن مديرية ماء قضاء بلد .

12- **جمع البيانات** :

تم اختيار أحد المشاريع الاستراتيجية المهمة التابعة الى مديرية ماء ومجاري بلد وهو مشروع بناء دائرة مجاري بلد كدائرة مستقلة، و تضمنت البيانات الوقت الطبيعي للمشروع وكذلك الوقت التعجيلي أضافة للكلفة الطبيعية والكلفة التعجيلية والميزانية المخصصة للمشروع حيث إن كلفة هذا النشاط تتوزع على باقي أنشطة المشروع بالإضافة الى معلومات أخرى يحتاجها الباحث وكما موضح في الجدول رقم(3-1) .



الشكل رقم (١-٣) يمثل المخطط الشبكي للمشروع

13- **تطبيق اسلوب** CPM **لإيجاد المسار الحرج**:

بعد جمع البيانات المطلوبة تم رسم المخطط الشبكي للمشروع وكما موضح في الشكل رقم (3-1) اعلاه، و استعملت الشبكة من نوع (Activity On Arc)إي النشاط على السهم ولذلك تم وضع أوقات الانجاز على الأسهم وقد تم حل الشبكة بصورتها الأولية في برنامج (Win-QSB)حيث تم ايجاد المسار الحرج للمشروع وهو المسار (1-2-4-3-5-6-7-8-10-11-12-13-14-15-16-17-18-20-21-22-25) ، لذلك يكون وقت انجاز المشروع الكلي هو (330) يوم ، والجدول التالي يوضح الوقت والكلفة للمشروع وكذلك الميل لكل نشاط

Activity (i,j)	Normal Time (D_{ij})	Crash Time (d_{ij})	Normal Cost(CD_{ij})	Crash Cost (Cd_{ij})	Slope (K_{ij})
1-2	2	1	500	650	150
2-3	9	5	5334.5	7502	541.875
3-4	7	4	5700	7000	433.3333
4-5	15	10	21250	24000	550
5-6	25	20	33600	37000	680
6-7	60	53	60000	65000	714.2857
7-8	10	8	14000	15500	750
7-9	15	12	6000	7500	500
8-10	7	4	45000	55000	3333.333
9-10	20	17	7280	8600	440
10-11	14	9	13000	15000	400
11-12	65	50	24000	28000	266.6667
12-13	18	12	7000	8500	250
13-14	5	3	1625	2300	337.5
13-15	20	15	19800	24000	840
14-16	7	4	8000	9300	433.3333
15-16	10	8	8000	8500	250
16-17	18	13	3730	4400	134
17-18	25	20	30000	35000	1000
17-19	20	16	16000	17500	375
18-20	10	7	10000	12000	666.6667
20-21	15	11	2700	3200	125
21-22	4	2	10000	11000	500
21-23	3	2	1000	1200	200
21-24	7	4	500	850	116.6667
22-25	20	15	8000	9000	200

13- **حساب التكاليف**:

1- تم الحصول على التكاليف المباشرة من خلال احتساب مجموع الكلفة الطبيعية ومجموع الكلفة التعجيلية بالإضافة الى كلفة الوقت الإضافي ويمكن توضيحها من خلال المعادلة التالية:

Direct Costs = Total Normal Costs + Total Crashing Costs + Overtime Costs = 362019.5 + 55482.5+1498 = 419000

2- تضمنت التكاليف غير المباشرة: تكاليف الادارة وتكاليف الاستهلاك والتكاليف المالية ويمكن توضيح عملية حسابها من خلال المعادلة التالية:

Indirect costs = administration+ depreciation+ financial = 8000+5000+59000 = 72000

ولقد تم تقسيم التكاليف غير المباشرة الى قسمين:

1- التكاليف غير المباشرة الثابتة والتي تم الحصول عليها من إدارة المشروع حيث كانت (60000) مليون دينار.

2- التكاليف غير المباشرة المتغيرة والتي يقصد بها في حال كانت التكاليف غير المباشرة بصورة عامة والتي تشمل (تكاليف الادارة + تكاليف الاستهلاك + التكاليف المالية) قد اجتازت المخصص لها من تكاليف فهذه تسمى التكاليف غير المباشرة المتغيرة والتي كانت تساوي تقديراً من إدارة المشروع (1000).

3- لقد تم الحصول على الميزانية المخصصة للمشروع بالكامل من إدارة المشروع والتي تساوي 550 مليون دينار.

14- تعريف الأنموذج الرياضي الخاص بالمسار الحرج:

يتكون الأنموذج الرياضي للمسار الحرج المتعدد الاهداف الضبابي من:

1- دوال متعددة الاهداف $F_{(x)}$

أ- تمثل الدالة الاولى لتقليل الكلفة الكلية للمشروع.

ب- تمثل الدالة الثانية لتقليل وقت انجاز المشروع الكلي.

ج- تمثل الدالة الثالثة لتقليل الكلفة التعجيلية الكلي.

2- قيود الأنموذج وتشمل:

أ- قيود الوقت بين الأحداث i و j وعددها (52) قيود.

ب- قيود الكلفة التعجيلي للنشاط (i,j) والبالغ عددها(26) قيد

ج- قيد الميزانية الاجمالية للمشروع والبالغ عددها (1) قيد.

3- قيد عدم السالبية.

بناء الأنموذج الرياضي

Multi Objective function

الهدف الاول (تقليل الكلفة الكلية للمشروع)

$$\mathbf{Min(Z_1)=}$$
$$\mathbf{362{,}019.5+150Y_{1,2}+541.875Y_{2,3}+433.3333Y_{3,4}+550Y_{4,5}+680Y_{5,6}+714.2857Y_{6,7}+750Y_{7,8}+500Y_{7,9}+3333.333Y_{8,10}+440Y_{9,10}+400Y_{10,11}+266.6667Y_{11,12}+250Y_{12,13}+337.5Y_{13,14}+840Y_{13,15}+433.3333Y_{14,16}+250Y_{15,16}+134Y_{16,17}+1000Y_{17,18}+375Y_{17,19}+666.6667Y_{18,20}+125Y_{20,21}+500Y_{21,22}+200Y_{21,23}+116.6667Y_{21,24}+200Y_{22,25}+60{,}000+[1000(E_{25}-330)]}$$

وبعد تبسيط العمليات الحسابية يصبح الهدف الاول اعلاه كما يأتي:

$$\mathbf{Min(Z_1)=}$$
$$\mathbf{92{,}019.5A+150Y_{1,2}+541.875Y_{2,3}+433.3333Y_{3,4}+550Y_{4,5}+680Y_{5,6}+714.2857Y_{6,7}+750Y_{7,8}+500Y_{7,9}+3333.333Y_{8,10}+440Y_{9,10}+400Y_{10,11}+266.6667Y_{11,12}+250Y_{12,13}+337.5Y_{13,14}+840Y_{13,15}+433.3333Y_{14,16}+250Y_{15,16}+134Y_{16,17}+1000Y_{17,18}+375Y_{17,19}+666.6667Y_{18,20}+125Y_{20,21}+500Y_{21,22}+200Y_{21,23}+116.6667Y_{21,24}+200Y_{22,25}+1000E_{25}}$$

الهدف الثاني (تقليل وقت الانجاز الكلي)

$$\mathbf{Min(Z_2)= E_{25}-E_1}$$

الهدف الثالث (تقليل الكلفة التعجيلية الكلية)

$$\mathbf{Min(Z_3)=}$$
$$\mathbf{150Y_{1,2}+541.875Y_{2,3}+433.3333Y_{3,4}+550Y_{4,5}+680Y_{5,6}+714.2857Y_{6,7}+750Y_{7,8}+500Y_{7,9}+3333.333Y_{8,10}+440Y_{9,10}+400Y_{10,11}+266.6667Y_{11,12}+250Y_{12,13}+337.5Y_{13,14}+840Y_{13,15}+433.3333Y_{14,16}+250Y_{15,16}+134Y_{16,17}+1000Y_{17,18}+375Y_{17,19}+666.6667Y_{18,20}+125Y_{20,21}+500Y_{21,22}+200Y_{21,23}+116.6667Y_{21,24}+200Y_{22,25}}$$

S.T.

قيود الوقت بين الحدث i,j

$$\mathbf{E_1+T_{12}-E_2\leq 0\ ,\ E_2+T_{23}-E_3\leq 0\ ,\ E_3+T_{34}-E_4\leq 0\ ,\ E_4+T_{45}-E_5\leq 0\ ,\ E_5+T_{56}-E_6\leq 0}$$
$$\mathbf{E_6+T_{67}-E_7\leq 0\ ,\ E_7-T_{78}+E_8\leq 0\ ,\ E_7+T_{79}-E_9\leq 0\ ,\ E_8+T_{8,10}-E_{10}\leq 0\ ,\ E_9+T_{9,10}-E_{10}\leq 0}$$
$$\mathbf{E_{10}+T_{10,11}-E_{11}\leq 0\ ,\ E_{11}+T_{11,12}-E_{12}\leq 0\ ,\ E_{12}+T_{12,13}-E_{13}\leq 0\ ,\ E_{13}+T_{13,14}-E_{14}\leq 0}$$
$$\mathbf{E_{13}+T_{13,15}-E_{15}\leq 0\ ,\ E_{14}+T_{14,16}-E_{16}\leq 0\ ,\ E_{15}+T_{15,16}-E_{16}\leq 0\ ,\ E_{16}+T_{16,17}-E_{17}\leq 0}$$

$E_{17}+T_{17,18}-E_{18}\leq 0$, $E_{17}+T_{17,19}-\leq 0$, $E_{18}+T_{18,20}-E_{20}\leq 0$, $E_{20}+T_{20,21}-E_{21}\leq 0$
$E_{21}+T_{21,22}-E_{22}\leq 0$, $E_{21}+T_{21,23}-E_{23}\leq 0$, $E_{21}+T_{21,24}-E_{24}\leq 0$, $E_{22}+T_{22,25}-E_{25}\leq 0$
$T_{12}+Y_{1,2}=2$, $T_{23}+Y_{2,3}=9$, $T_{34}+Y_{3,4}=7$, $T_{45}+Y_{4,5}=15$, $T_{56}+Y_{5,6}=25$, $T_{67}+Y_{6,7}=60$
$T_{78}+Y_{7,8}=10$, $T_{79}+Y_{7,9}=15$, $T_{8,10}+Y_{8,10}=7$, $T_{9,10}+Y_{9,10}=20$, $T_{10,11}+Y_{10,11}=14$
$T_{11,12}+Y_{11,12}=65$, $T_{12,13}+Y_{12,13}=18$, $T_{13,14}+Y_{13,14}=5$, $T_{13,15}+Y_{13,15}=20$, $T_{14,16}+Y_{14,16}=7$
$T_{15,16}+Y_{15,16}=10$, $T_{16,17}+Y_{16,17}=18$, $T_{17,18}+Y_{17,18}=25$, $T_{17,19}+Y_{17,19}=20$
$T_{18,20}+Y_{18,20}=10$, $T_{20,21}+Y_{20,21}=15$, $T_{21,22}+Y_{21,22}=4$, $T_{21,23}+Y_{21,23}=3$, $T_{21,24}+Y_{21,24}=7$
$T_{22,25}+Y_{22,25}=20$

قيود الكلفة التعجيلية لكل نشاط (i,j)

$Y_{1,2}\leq 1$, $Y_{2,3}\leq 4$, $Y_{3,4}\leq 3$, $Y_{4,5}\leq 5$, $Y_{5,6}\leq 5$, $Y_{6,7}\leq 7$, $Y_{7,8}\leq 2$, $Y_{7,9}\leq 3$, $Y_{8,10}\leq 3$
$Y_{9,10}\leq 3$, $Y_{10,11}\leq 5$, $Y_{11,12}\leq 15$, $Y_{12,13}\leq 6$, $Y_{13,14}\leq 2$, $Y_{13,15}\leq 5$, $Y_{14,16}\leq 3$
$Y_{15,16}\leq 2$, $Y_{16,17}\leq 5$, $Y_{17,18}\leq 5$, $Y_{17,19}\leq 4$, $Y_{18,20}\leq 3$, $Y_{20,21}\leq 4$, $Y_{21,22}\leq 2$
$Y_{21,23}\leq 1$, $Y_{21,24}\leq 3$, $Y_{22,25}\leq 5$

قيد الميزانية الاجمالية

$92{,}019.5A+150Y_{1,2}+541.875Y_{2,3}+433.3333Y_{3,4}+550Y_{4,5}+680Y_{5,6}+714.2857Y_{6,7}+750$
$Y_{7,8}+500Y_{7,9}+3333.333Y_{8,10}+440Y_{9,10}+400Y_{10,11}+266.6667$
$Y_{11,12}+250Y_{12,13}+337.5Y_{13,14}+840Y_{13,15}+433.3333Y_{14,16}+250Y_{15,16}+134$
$Y_{16,17}+1000Y_{17,18}+375Y_{17,19}+666.6667Y_{18,20}+125Y_{20,21}+500Y_{21,22}+200$
$Y_{21,23}+116.6667Y_{21,24}+200Y_{22,25}+1000E_{25}\leq 550{,}000$

قيد الثابت

$A=1$

ملاحظة : تم ادخال متغير $A=1$ وذلك لان برنامج WINQSB لايقبل الأرقام فقط دون متغيرات

قيد الوقت الكلي تحت الظروف الطبيعية

$E_{25}\leq 330$

خطوات الحل:

ان صاحب القرار لا يمتلك قيمة حقيقية لتكلفة المشروع وكذلك عدم وجود مدة زمنية حقيقية لانجاز المشروع وهنا وجدت الضبابية لذا سوف تكون خطوات الحل التالي :

اولاً: ايجاد الحدود الدنيا والعليا لكل هدف وكما يأتي:

$Z_g^{PIS}=Min\ Z_g$, $Z_g^{NIS}=Max\ Z_g$

يحل النموذج اعلاه كل دالة هدف على حدة باستخدام البرمجة الخطية في برنامج (Win-QSB) وذلك لإيجاد الحدود الدنيا والعليا لكل هدف وبعد حل النموذج كانت النتائج كالآتي موضحة في الجدول (3-3):

positive ideal solution تمثل: Z_g^{PIS}

negative ideal solution تمثل: Z_g^{NIS}

والجدول التالي (3-3) يوضح الحدود العليا والدنيا لكل هدف وكما يأتي:

Goals	$Z_g^{PIS}=Min\ Z_g$	$Z_g^{NIS}=Max\ Z_g$
Z_1	415,977	477,502
Z_2	284	330
Z_3	9,920	55,482.49

ثانياً(المرحلة الأولى): نطبق دالة الانتماء الخطية الضبابية على نموذج المسار الحرج المتعدد الاهداف الضبابي وكما يأتي:

$$f_1(Z_1)=\begin{cases}1 & Z_1 \le 415{,}977\\ \dfrac{477{,}502-Z_1}{477{,}502-415{,}977} & 415{,}977 < Z_1 < 477{,}502\\ 0 & Z_1 \ge 477{,}502\end{cases}$$

$$f_2(Z_2)=\begin{cases}1 & Z_2 \le 284\\ \dfrac{330-Z_2}{330-284} & 284 < Z_2 < 330\\ 0 & Z_2 \ge 330\end{cases}$$

$$f_3(Z_3)=\begin{cases}1 & Z_3 \le 9{,}920\\ \dfrac{55{,}482.49-Z_3}{55{,}482.49-9{,}920} & 9{,}920 < Z_3 < 55{,}482.49\\ 0 & Z_3 \ge 55{,}482.49\end{cases}$$

بناء الانموذج الرياضي للمسار الحرج المتعدد الاهداف الضبابي (المرحلة الاولى):

Objective Function

Max = β $\quad ,0 \le \beta \le 1$

S.T.

$$\beta \le \frac{477{,}502-Z_1}{61{,}525}$$

$$61{,}525\beta \le 477{,}502-Z_1$$

$$Z_1+61{,}525\beta \le 477{,}502$$

نعوض بـ Z_1 ما يساويها (الهدف الاول وهو هدف تقليل الكلفة الكلية للمشروع)

$$92{,}019.5+150Y_{1,2}+541.875Y_{2,3}+433.3333Y_{3,4}+550Y_{4,5}+680Y_{5,6}+714.2857Y_{6,7}+750Y_{7,8}+500Y_{7,9}+3333.333Y_{8,10}+440Y_{9,10}+400Y_{10,11}+266.6667Y_{11,12}+250Y_{12,13}+337.5Y_{13,14}+840Y_{13,15}+433.3333Y_{14,16}+250Y_{15,16}+134Y_{16,17}+1000Y_{17,18}+375Y_{17,19}+666.6667Y_{18,20}+125Y_{20,21}+500Y_{21,22}+200Y_{21,23}+116.6667Y_{21,24}+200Y_{22,25}+1000E_{25}+61{,}525\beta \le 477{,}502$$

تمثل مستوى الطموح او رضى متخذ القرار β:

بعد تبسيط العمليات الحسابية وانتقال القيمة الثابتة الى الطرف الثاني يصبح القيد كما يأتي:

$$150Y_{1,2}+541.875Y_{2,3}+433.3333Y_{3,4}+550Y_{4,5}+680Y_{5,6}+714.2857Y_{6,7}+750Y_{7,8}+500Y_{7,9}+3333.333Y_{8,10}+440Y_{9,10}+400Y_{10,11}+266.6667Y_{11,12}+250Y_{12,13}+337.5Y_{13,14}+840Y_{13,15}+433.3333Y_{14,16}+250Y_{15,16}+134Y_{16,17}+1000Y_{17,18}+375Y_{17,19}+666.6667Y_{18,20}+125Y_{20,21}+500Y_{21,22}+200Y_{21,23}+116.6667Y_{21,24}+200Y_{22,25}+1000E_{25}+61{,}525\beta \le 385{,}482.5$$

$$\beta \le \frac{330-Z_2}{46}$$

$$46\beta \le 330-Z_2$$

$$Z_2+46\beta \le 330$$

نعوض بـ Z_2 ما يساويها (الهدف الثاني وهو هدف تقليل وقت الانجاز الكلي للمشروع) يصبح القيد كما يأتي:

$$E_{25} - E_1 + 46\beta \leq 330$$

$$\beta \leq \frac{55{,}482.49 - Z_3}{45{,}562.49}$$

$$45{,}562.49\beta \leq 55{,}482.49 - Z_3$$

$$Z_3 + 45{,}562.49\beta \leq 55{,}482.49$$

نعوض بـ Z_3 ما يساويها (الهدف الثالث وهو هدف تقليل الكلفة التعجيلية الاجمالية) حيث يصبح القيد كما يأتي:

$$150Y_{1,2}+541.875Y_{2,3}+433.3333Y_{3,4}+550Y_{4,5}+680Y_{5,6}+714.2857Y_{6,7}+750Y_{7,8}+500Y_{7,9}+3333.333Y_{8,10}+440Y_{9,10}+400Y_{10,11}+266.6667Y_{11,12}+250Y_{12,13}+337.5Y_{13,14}+840Y_{13,15}+433.3333Y_{14,16}+250Y_{15,16}+134Y_{16,17}+1000Y_{17,18}+375Y_{17,19}+666.6667Y_{18,20}+125Y_{20,21}+500Y_{21,22}+200Y_{21,23}+116.6667Y_{21,24}+200Y_{22,25}+45{,}562.49\beta \leq 55{,}482.49$$

قيود الوقت بين الحدث i,j

$$E_1+T_{12}-E_2\leq 0,\ E_2+T_{23}-E_3\leq 0,\ E_3+T_{34}-E_4\leq 0,\ E_4+T_{45}-E_5\leq 0,\ E_5+T_{56}-E_6\leq 0$$
$$E_6+T_{67}-E_7\leq 0,\ E_7-T_{78}+E_8\leq 0,\ E_7+T_{79}-E_9\leq 0,\ E_8+T_{8,10}-E_{10}\leq 0,\ E_9+T_{9,10}-E_{10}\leq 0$$
$$E_{10}+T_{10,11}-E_{11}\leq 0,\ E_{11}+T_{11,12}-E_{12}\leq 0,\ E_{12}+T_{12,13}-E_{13}\leq 0,\ E_{13}+T_{13,14}-E_{14}\leq 0$$
$$E_{13}+T_{13,15}-E_{15}\leq 0,\ E_{14}+T_{14,16}-E_{16}\leq 0,\ E_{15}+T_{15,16}-E_{16}\leq 0,\ E_{16}+T_{16,17}-E_{17}\leq 0$$
$$E_{17}+T_{17,18}-E_{18}\leq 0,\ E_{17}+T_{17,19}-\leq 0,\ E_{18}+T_{18,20}-E_{20}\leq 0,\ E_{20}+T_{20,21}-E_{21}\leq 0$$
$$E_{21}+T_{21,22}-E_{22}\leq 0,\ E_{21}+T_{21,23}-E_{23}\leq 0,\ E_{21}+T_{21,24}-E_{24}\leq 0,\ E_{22}+T_{22,25}-E_{25}\leq 0$$
$$T_{12}+Y_{1,2}=2,\ T_{23}+Y_{2,3}=9,\ T_{34}+Y_{3,4}=7,\ T_{45}+Y_{4,5}=15,\ T_{56}+Y_{5,6}=25,\ T_{67}+Y_{6,7}=60$$
$$T_{78}+Y_{7,8}=10,\ T_{79}+Y_{7,9}=15,\ T_{8,10}+Y_{8,10}=7,\ T_{9,10}+Y_{9,10}=20,\ T_{10,11}+Y_{10,11}=14$$
$$T_{11,12}+Y_{11,12}=65,\ T_{12,13}+Y_{12,13}=18,\ T_{13,14}+Y_{13,14}=5,\ T_{13,15}+Y_{13,15}=20,\ T_{14,16}+Y_{14,16}=7$$
$$T_{15,16}+Y_{15,16}=10,\ T_{16,17}+Y_{16,17}=18,\ T_{17,18}+Y_{17,18}=25,\ T_{17,19}+Y_{17,19}=20$$
$$T_{18,20}+Y_{18,20}=10,\ T_{20,21}+Y_{20,21}=15,\ T_{21,22}+Y_{21,22}=4,\ T_{21,23}+Y_{21,23}=3,\ T_{21,24}+Y_{21,24}=7$$
$$T_{22,25}+Y_{22,25}=20$$

قيود الكلفة التعجيلية لكل نشاط (i,j)

$$Y_{1,2}\leq 1,\ Y_{2,3}\leq 4,\ Y_{3,4}\leq 3,\ Y_{4,5}\leq 5,\ Y_{5,6}\leq 5,\ Y_{6,7}\leq 7,\ Y_{7,8}\leq 2,\ Y_{7,9}\leq 3$$
$$Y_{8,10}\leq 3,\ Y_{9,10}\leq 3,\ Y_{10,11}\leq 5,\ Y_{11,12}\leq 15,\ Y_{12,13}\leq 6,\ Y_{13,14}\leq 2,\ Y_{13,15}\leq 5$$
$$Y_{14,16}\leq 3,\ Y_{15,16}\leq 2,\ Y_{16,17}\leq 5,\ Y_{17,18}\leq 5,\ Y_{17,19}\leq 4,\ Y_{18,20}\leq 3,\ Y_{20,21}\leq 4$$
$$Y_{21,22}\leq 2,\ Y_{21,23}\leq 1,\ Y_{21,24}\leq 3,\ Y_{22,25}\leq 5$$

قيد الميزانية الاجمالية

$$150Y_{1,2}+541.875Y_{2,3}+433.3333Y_{3,4}+550Y_{4,5}+680Y_{5,6}+714.2857Y_{6,7}+750Y_{7,8}+500Y_{7,9}+3333.333Y_{8,10}+440Y_{9,10}+400Y_{10,11}+266.6667Y_{11,12}+250Y_{12,13}+337.5Y_{13,14}+840Y_{13,15}+433.3333Y_{14,16}+250Y_{15,16}+134Y_{16,17}+1000Y_{17,18}+375Y_{17,19}+666.6667Y_{18,20}+125Y_{20,21}+500Y_{21,22}+200Y_{21,23}+116.6667Y_{21,24}+200Y_{22,25}+1000E_{25}\leq 457980.5$$

قيد الوقت الكلي تحت الظروف الطبيعية

$$E_{25}\leq 330$$

حل الأنموذج الرياضي:

بعد حل الأنموذج في برنامج Win-QSB باستخدام البرمجة الخطية تكون النتائج كالآتي:

(days)Y_{ij}	(days)T_{ij}	(days)E_{ij}
$Y_{12} = 1$	$T_{12} = 1$,	,E_1=0,E2=1, E_3=6
$Y_{23} = 4$	$T_{23} = 5$	E_4=10,E_5=20, E_6=40
$Y_{34} = 3$	$T_{34} = 4$,	E_7=99.4129
$Y_{45} = 5$	$T_{45} = 10$	E_8=1,277.1290
$Y_{56} = 5$	$T_{56} = 20$	E_9=111.4129
$Y_{67} = 0.5871$	$T_{67} = 59.4129$	E_{10}=128.4129
$Y_{79} = 3$	$T_{78} = 10$,	E_{11}=137.4129
$Y_{10,11} = 5$	$T_{79} = 12$	E_{12}=187.4129
$Y_{11,12} = 15$	$T_{8,10} = 7$,	E_{13}=199.4129
$Y_{12,13} = 6$	$T_{9,10} = 17$	E_{14}=220.4129
$Y_{15,16} = 2$	$T_{10,11} = 9$	E_{15}=219.4129
$Y_{16,17} = 5$	$T_{11,12} = 50$	E_{16}=227.4129
$Y_{18,20} = 3$	$T_{12,13} = 12$,	E_{17}=240.4129
$Y_{20,21} = 4$	$T_{13,14} = 5$	E_{18}=265.4129
$Y_{21,22} = 2$	$T_{13,15} = 20$,	E_{19}=260.4129
$Y_{22,25} = 5$	$T_{14,16} = 7$	E_{20}=272.4129
	$T_{15,16} = 8$,	E_{21}=283.4129
	$T_{16,17} = 13$	E_{22}=285.4129
	$T_{17,18} = 25$,	E_{23}=286.4129
	$T_{17,19} = 20$	E_{24}=290.4129
	$T_{18,20} = 7$,	E_{25}=300.4129
	$T_{20,21} = 11$	
	$T_{21,22} = 2$,	
	$T_{21,23} = 3$	
	$T_{21,24} = 7$,	
	$T_{22,25} = 15$	
$, Z_1 = 418,609.3, Z_2 = 300.4129 , Z_3 =$ 26,176.86 $\beta = 0.6432$		

بعد حل الأنموذج باستخدام البرمجة الخطية في برنامج (Win-QSB) اظهرت النتائج ان كلفة المشروع الاجمالية تساوي(418,609.3) مليون دينار نجد ان هذه الكلفة جرى تخفيضها مقارنة مع الحد الاعلى للكلفة التي يستخدمها المشروع جدول (3-3) وان الوقت الكلي لإتمام المشروع هو (300.4129) يوم والكلفة التعجيلية هي (26,176,86) مليون دينار، و ان درجة الانتماء للأهداف الثلاثة هي (0.64) اي ان ادارة المشروع راضية اذ ان جميع الاهداف تنتمي الى مجال الانتماء الذي حددته علما ان قيمة β هي قيمة احتمالية وتظهر بعد ادخال القيود في برنامج WINQSB وإيجاد النتائج .

ثالثاً (المرحلة الثانية) : بعد حل المرحلة الاولى وهو حل نموذج المسار الحرج المتعدد الاهداف الضبابي باستخدام البرمجة الخطية واستخراج النتائج يتم الانتقال الى المرحلة الثانية وهو استخدام تقنية برمجة الاهداف في حل نموذج المسار الحرج المتعدد الاهداف الضبابي وكالآتي:

$$Max_{(\beta)} = P_1\beta_2 + P_2\beta_3 + P_3\beta_1$$

الهدف الاول(هدف تقليل الكلفة الكلية للمشروع)

$$\beta_1 \leq \frac{477{,}502 - Z_1}{61{,}525}$$
$$Z_1 + 61{,}525\beta_1 \leq 477{,}502$$

نعوض بـ Z_1 ما يساويها

$150Y_{1,2}+541.875Y_{2,3}+433.3333Y_{3,4}+550Y_{4,5}+680Y_{5,6}+714.2857Y_{6,7}+750Y_{7,8}+500Y_{7,9}+3333.333Y_{8,10}+440Y_{9,10}+400Y_{10,11}+266.6667Y_{11,12}+250Y_{12,13}+337.5Y_{13,14}+840Y_{13,15}+433.3333Y_{14,16}+250Y_{15,16}+134Y_{16,17}+1000Y_{17,18}+375Y_{17,19}+666.6667Y_{18,20}+125Y_{20,21}+500Y_{21,22}+200Y_{21,23}+116.6667Y_{21,24}+200Y_{22,25}+1000E_{25}+61{,}525\beta_1 \leq 477{,}502$

الهدف الثاني (هدف تقليل وقت الانجاز الكلي للمشروع)

$$\beta_2 \leq \frac{330 - Z_2}{46}$$
$$Z_2 + 46\beta_2 \leq 330$$

نعوض بـ Z_2 ما يساويها حيث يصبح القيد كما يأتي:

$$E_{25} - E_1 + 46\beta_2 \leq 330$$

الهدف الثالث (هدف تقليل الكلفة التعجيلية الاجمالية)

$$\beta_3 \leq \frac{55{,}482.49 - Z_3}{45{,}562.49}$$
$$Z_3 + 45{,}562.49\beta_3 \leq 55{,}482.49$$

نعوض بـ Z_3 ما يساويها حيث يصبح القيد كما يأتي:

$150Y_{1,2}+541.875Y_{2,3}+433.3333Y_{3,4}+550Y_{4,5}+680Y_{5,6}+714.2857Y_{6,7}+750Y_{7,8}+500Y_{7,9}+3333.333Y_{8,10}+440Y_{9,10}+400Y_{10,11}+266.6667Y_{11,12}+250Y_{12,13}+337.5Y_{13,14}+840Y_{13,15}+433.3333Y_{14,16}+250Y_{15,16}+134Y_{16,17}+1000Y_{17,18}+375Y_{17,19}+666.6667Y_{18,20}+125Y_{20,21}+500Y_{21,22}+200Y_{21,23}+116.6667Y_{21,24}+200Y_{22,25}+45{,}562.49\beta_3 \leq 55{,}482.49$

i,j قيود الوقت بين الحدث

$E_1+T_{12}-E_2\leq 0$, $E_2+T_{23}-E_3\leq 0$, $E_3+T_{34}-E_4\leq 0$, $E_4+T_{45}-E_5\leq 0$, $E_5+T_{56}-E_6\leq 0$
$E_6+T_{67}-E_7\leq 0$, $E_7-T_{78}+E_8\leq 0$, $E_7+T_{79}-E_9\leq 0$, $E_8+T_{8,10}-E_{10}\leq 0$,$E_9+T_{9,10}-E_{10}\leq 0$
$E_{10}+T_{10,11}-E_{11}\leq 0$, $E_{11}+T_{11,12}-E_{12}\leq 0$, $E_{12}+T_{12,13}-E_{13}\leq 0$, $E_{13}+T_{13,14}-E_{14}\leq 0$
$E_{13}+T_{13,15}-E_{15}\leq 0$, $E_{14}+T_{14,16}-E_{16}\leq 0$, $E_{15}+T_{15,16}-E_{16}\leq 0$, $E_{16}+T_{16,17}-E_{17}\leq 0$
$E_{17}+T_{17,18}-E_{18}\leq 0$, $E_{17}+T_{17,19}-\leq 0$, $E_{18}+T_{18,20}-E_{20}\leq 0$, $E_{20}+T_{20,21}-E_{21}\leq 0$
$E_{21}+T_{21,22}-E_{22}\leq 0$, $E_{21}+T_{21,23}-E_{23}\leq 0$, $E_{21}+T_{21,24}-E_{24}\leq 0$, $E_{22}+T_{22,25}-E_{25}\leq 0$
$T_{12}+Y_{1,2}=2$, $T_{23}+Y_{2,3}=9$, $T_{34}+Y_{3,4}=7$, $T_{45}+Y_{4,5}=15$, $T_{56}+Y_{5,6}=25$, $T_{67}+Y_{6,7}=60$
$T_{78}+Y_{7,8}=10$, $T_{79}+Y_{7,9}=15$, $T_{8,10}+Y_{8,10}=7$, $T_{9,10}+Y_{9,10}=20$, $T_{10,11}+Y_{10,11}=14$
$T_{11,12}+Y_{11,12}=65$, $T_{12,13}+Y_{12,13}=18$, $T_{13,14}+Y_{13,14}=5$, $T_{13,15}+Y_{13,15}=20$, $T_{14,16}+Y_{14,16}=7$
$T_{15,16}+Y_{15,16}=10$, $T_{16,17}+Y_{16,17}=18$, $T_{17,18}+Y_{17,18}=25$, $T_{17,19}+Y_{17,19}=20$
$T_{18,20}+Y_{18,20}=10$, $T_{20,21}+Y_{20,21}=15$, $T_{21,22}+Y_{21,22}=4$, $T_{21,23}+Y_{21,23}=3$, $T_{21,24}+Y_{21,24}=7$
$T_{22,25}+Y_{22,25}=20$

قيود الكلفة التعجيلية لكل نشاط (i,j)

$Y_{1,2} \leq 1$, $Y_{2,3} \leq 4$, $Y_{3,4} \leq 3$, $Y_{4,5} \leq 5$, $Y_{5,6} \leq 5$, $Y_{6,7} \leq 7$, $Y_{7,8} \leq 2$, $Y_{7,9} \leq 3$,$Y_{8,10} \leq 3$
$Y_{9,10} \leq 3$, $Y_{10,11} \leq 5$, $Y_{11,12} \leq 15$, $Y_{12,13} \leq 6$, $Y_{13,14} \leq 2$, $Y_{13,15} \leq 5$, $Y_{14,16} \leq 3$
$Y_{15,16} \leq 2$, $Y_{16,17} \leq 5$, $Y_{17,18} \leq 5$, $Y_{17,19} \leq 4$, $Y_{18,20} \leq 3$, $Y_{20,21} \leq 4$, $Y_{21,22} \leq 2$
$Y_{21,23} \leq 1$, $Y_{21,24} \leq 3$, $Y_{22,25} \leq 5$

قيد الوقت الكلي تحت الظروف الطبيعية

$E_{25} \leq 330$

قيد الميزانية الاجمالية

$150Y_{1,2}+541.875Y_{2,3}+433.3333Y_{3,4}+550Y_{4,5}+680Y_{5,6}+714.2857Y_{6,7}+750Y_{7,8}+500Y_{7,9}+3333.333Y_{8,10}+440Y_{9,10}+400Y_{10,11}+266.6667Y_{11,12}+250Y_{12,13}+337.5Y_{13,14}+840Y_{13,15}+433.3333Y_{14,16}+250Y_{15,16}+134Y_{16,17}+1000Y_{17,18}+375Y_{17,19}+666.6667Y_{18,20}+125Y_{20,21}+500Y_{21,22}+200Y_{21,23}+116.6667Y_{21,24}+200Y_{22,25}+1000E_{25} \leq 457980.5$

- الاستنتاجات والتوصيات

اولاً: الاستنتاجات:

لعل من أهم الاستنتاجات التي تم التوصل إليها ما يأتي :

1- من خلال نتائج البحث نلاحظ ان المسار الحرج للمشروع وفقاً لأسلوب بيرت الاعتيادي هو المسار (1-2-3-4-5-6-7-8-10-11-12-13-14-16-17-18-20-21-22-25) مع وقت انجاز للمشروع هو (330) يوما.

2-ان درجة رضا صاحب القرار عند استخدام البرمجة الخطية هي 0.64 ، وعند استخدام برمجة الأهداف كانت درجة الرضا عن الأهداف الثلاثة هي (0.61,0.30,0.52) على التوالي أي انها ضمن المجال المحدد لها في دوال الانتماء .

3- تم تقليل الكلفة التعجيلية باستخدام البرمجة الخطية بمقدار 26,176.86 عما كانت عليه .

4- تم تقليل الكلفة التعجيلية الاجمالية باستخدام البرمجة الهدفية بمقدار31,662.5 مليون عما كانت عليه حيث كانت الكلفة الكلية هي 550 مليون .

5- يمكن لبعض الجداول التي يوفرها أسلوبي (CPM/ PERT) أن تكون وسيلة مراقبة أولية للمشروع.

6- عند المقارنة بين استخدام البرمجة الخطية في حل نموذج المسار الحرج المتعدد الاهداف الضبابي وبين استخدام تقنية برمجة الاهداف لحل نموذج المسار الحرج الضبابي المتعدد الاهداف تبين ان البرمجة الخطية افضل من البرمجة الهدفية لأنها تعطي حل امثل حيث كانت نتائج الحل في البرمجة الخطية ($Z_1 = 418.609 \cdot 3 , Z_2 = 300, Z_3 = 26.176 \cdot 86$) وكانت مستوى رضى متخذ القرار هي (ß=0.64), اما عند استخدام برمجة الأهداف كانت النتائج هي ($Z_1 = 439.682 , Z_2 = 316 , Z_3 = 31.662 \cdot 5$) كان مستوى رضى متخذ القرار هي (0.64 , $\beta_1 = \beta_2 = 0.30 , \beta_3 = 0.52$) .

ثانياً: التوصيات:

1- ينصح الباحث باستخدام أسلوب المسار الحرج الضبابي في التخطيط والجدولة والرقابة على المشروع وتقدير الوقت الكلي للمشروع والأوقات الفائضة والنشاطات الحرجة.

2- التأكيد على ضرورة الاهتمام بقواعد البيانات في الدوائر ذات العلاقة وتوفير البرامجيات الخاصة بإدارة المشاريع بما يلائم التطور الحاصل في أساليب إدارة المشاريع الحديثة.

3- ضرورة استخدام الطرائق الحديثة في أساليب البناء والإنشاءات في إنجاز المشاريع والتي تقترن بدوائر إدارية وقانونية ومالية وتتخطط ورقابة وسيطرة كفؤة للوصول الى أقل وقت وجهد وكلفة.

4- احالة المشاريع في مرحلة المناقصات وتحليل العروض الى جهات استشارية مختصة بإدارة المشاريع وتحليل شبكات الاعمال في الجامعات العراقية وبالتنسيق مع دوائر الوزارة المعنية بدراسة المشاريع وتحديد المؤشرات الرئيسة (تقدير الوقت الكلي ، تحديد النشاطات الحرجة ، الكلفة التخمينية ، جدول تقدم العمل...) وكشف قدرة الجهات المتنافسة لتنفيذ المشاريع وتكليفها (أو التعاقد معها) لإنجاز أجزاء من المشروع تناسب إمكانياتها وقدراتها ثم مراقبتها لإنجاز العمل في الوقت المحدد في الخطة وعدم تكليف (أو التعاقد مع) جهة واحدة فقط لإنجاز مشروع يفوق طاقاتها.

5-يوصي الباحث بتطبيق تقنية البرمجة المتعددة الأهداف ، لاستخدام جميع الموارد المتاحة .

المصادر العربية

1. الشمرتي ، حامد سعيد نور " بحوث العمليات مفهوما وتطبيقا " ، الطبعة الأولى ، 2010 .
2. طه ، حمدي " مقدمة في بحوث عمليات " الجزء الأول ، دار المريخ للطباعة والنشر ، الرياض ،2012 .

refernce

3.Villafiorita, A. (2014). Introduction to software project management. CRC Press.

4.Ravindran, A. R. (2009). Operations research applications. International Journal of Production Research, Taylor and Francis Group, 47, 6780-6781.

5.Lee, K. H. (2005). Fuzzy Sets. First Course on Fuzzy Theory and Applications, 1-25.

6.Chung, Y. K. (2013). Multi-objective project management by fuzzy integrated goal programming. African Journal of Business Management, 7(15), 1224-1237.

7.Liang, T. F. (2010). Applying fuzzy goal programming to project management decisions with multiple goals in uncertain environments. Expert Systems with Applications, 37(12), 8499-8507.

8.Shankar, N. R., Sireesha, V., & Rao, P. P. B. (2010). Critical path analysis in the fuzzy project network. Advances in fuzzy mathematics, 5(3), 285-294.

Use multi-goal fuzzy programming to find the critical path

Abstract

The exploitation of all available resources and benefiting from them is one of the most important problems facing the decision makers at the present time. In order to exploit these resources, it is necessary to organize the conflicting objectives, which is the main work in the project management, which enables the development of a plan that decision makers can use to shorten the total completion time and reduce the total cost of the project. Through the use of modern scientific techniques, and therefore the researcher using the critical path method using the technology of programming goals to find more efficient ways to make appropriate decisions where the researcher worked to solve the problems in the construction of the Department of sewage streams The results were within the level of ambition for the decision maker where the conflict between the objectives was resolved from

reducing the total cost to the total time and the cost of evasion through Use linear programming objectives and the results were within the level of ambition of the decision-maker.

Keyword :goal program , fuzzy critical path ,fuzzy , Scheduling projects