حل مشكلة المفاضلة بين الزمن والتكلفة في تخطيط المشاريع بتطبيق البرمجة بالأهداف الضبابية بطريقة (MinMax)

Solve time-cost trade off problem by using MinMax Fuzzy goal programming Method

ماموجبار[1*] ، مكيديش محمد[2]

[1] طالب دكتوراه، مخبر تقييم وإستشراف السياسات الإقتصادية وإستراتجيات المؤسسات (LEPPESE) ، المركز الجامعي مغنية.
djmamou.93@gmail.com

[2] أستاذ ، مخبر تقييم وإستشراف السياسات الإقتصادية وإستراتجيات المؤسسات (LEPPESE) ، المركز الجامعي مغنية.
mkidiche@yahoo.fr

تاريخ الاستلام: 2023/10/12 تاريخ القبول: 2024/01/30 تاريخ النشر: 2024/02/11

الملخص:

المفاضلة بين هدفي الزمن والتكلفة في تخطيط المشاريع من بين أهم الإشكاليات التي تحظى باهتمام متخذ القرار لصعوبة التحكم وتحقيق الهدفين مع بعض وفي ان واحد، وما زادا من صعوبة المفاضلة انها في أغلب الأحيان في التطبيق العملي لا يمكن لمتخذ القرار وضع قيم محددة و دقيقة للهدفين لكونهما يقعان في بيئة يشوبها الغموض وعدم يقينية المستقبل المنتظر، لذلك في هذه الورقة قمنا باستخدام نظريات المنطق الضبابي لصياغة أهداف متخذ القرار الضبابية وذلك بحل نموذج خطي متعدد الأهداف (MOLP) من ثلاثة اهداف الهدف الأول تقليص التكاليف الكلية من ثابتة و متغيرة و الثاني تقليص الزمن الكلى للمشروع و الثالث تقليص التكاليف الإضافية المسبَبة من تقليص الزمن و تحويله الى برمجة بالأهداف الضبابية (FGP) بطريقة (MinMax) , و هذه الدراسة تساهم في صياغة اهداف متخذ القرار الضبابية صياغة رياضية و إعطاء مؤشر عن درجة رضى متخذ القرار بتفاضل الأهداف الضبابية.

الكلمات المفتاحية: برمجة بالأهداف الضبابية، منطق الضبابي، إدارة المشاريع، برمجة خطية متعددة الأهداف.

تصنيفات JEL: C61 ;M19.

Abstract :

Time-Cost Trade-off Problems (TCT) in project planning is among the most important issues that interest the decision-maker, because it's very hard to achieve and monitor the two objectives of this trade-off in same time. in fact, the decision-maker cannot set specific and accurate values for these two objectives, because are located in an environment dominated by ambiguity and uncertainty in the future due to the circumstances surrounding the project. From it, so we used fuzzy set logic to solve a multi-objective linear programming model (MOLP) of three objectives , the first objective is to reduce the total fixed and variable costs, the second is to reduce the total project time, and the third is to reduce the additional costs caused by the time reduction, by converting it into Fuzzy Goal Programming (FGP) using the (MinMax) method, this study contributes to formulating fuzzy goals of the decision-maker in a mathematical formulation and giving an indication of the decision-maker's degree of satisfaction.

Keywords: Fuzzy Goal programming; Fuzzy logic; project management; multi-objective linear programming.

JEL Classification:C61 ;M19.

[*] المؤلف المرسل.

المقدمة

المشروع هو تجميع للموارد التي تنظِّم لتحقيق هدف معين من خلال مجموعة من المهام (الفيومي، 2001) ، وتعد إشكالية المفاضلة بين الزمن والتكلفة في المشروع من أبرز وأكثر الإشكاليات شيوعا في علم تسيير المشاريع حيث تدرس كيفية إتمام المشروع بأقل التكاليف وفي أدنى مدة ممكنة، لذلك استعان الباحثون لحل هذه الإشكالية بعلم الرياضيات وعلم الحاسوب لقدرة الرياضيات على نمذجة وتبسيط المشاكل المعقدة وكذا قدرة الاعلام الألي على الحساب السريع. البرمجة الخطية تعد من بين اقوى الأدوات التي تعطي الحلول المثلى للمشاكل التي لديها هدف مقيدة، ولكنها تعجز عن حل المشاكل ذات الأهداف المتعددة لذلك طور الباحثون طريق عدة للبرمجة المتعددة الأهداف ومن بينها البرمجة بالأهداف التي استطاعة دمج عدد من الأهداف في نموذج واحد، ولكن في الحياة التطبيقية يصادف البرمجة بالأهداف مشكل غموض القرارات لدى المسير. وفي سبيل نمذجة هذه الحقيقة استعان الباحثون بنظريات المجموعات الضبابية لتَّعبير عن قرارات المسير الغامضة او عن بعض متغيرات دوال الهدف الغامضة أيضا كما تُمكن هذه النظريات من تحويل العبارات اللغوية التي يستخدمها الخبراء في تقديراتهم إلى مقادير كمية ومقاييس رياضية. وبهذا طورت البرمجة بالأهداف لتصبح البرمجة بالأهداف الضبابية حيث ان الهدف المبهم يعتبر هدفا بتقديرات غامضة أو بأفاق مبهمة. وكل ما تقدم هو عبارة عن تعريف للأداة التي سنقوم باستخدامها لحل مشكل المفاضلة بين زمن وتكلفة المشروع وهي من بين المشاكل الشائعة في علم تسيير المشاريع وفي تخطيطها وجدولتها والمراد بالمفاضلة هنا هو كيفية إتمام المشروع في الوقت المثالي بالتكلفة المثالية بتعديل بعض الأنشطة الحرجة. ومنه فإن أول من بحث في هذا المشكل هو(James E.Kelley, 1961) حيث قام هو وبعض الباحثين في عصره بدراسة هذه المفاضلة في البيئة المحددة أي ان كل المتغيرات محددة مسبقا وهذا يتعارض مع حقيقة تخطيط المشاريع حيث ان المشروع يقع في محيط تشوبه الضبابية والعشوائية وعدم تحديد العوامل المستقبلية التي يكون فيها المشروع من عوامل طبيعية وتقنية. وتهدف هذه الورقة البحثية الى الإجابة عن الإشكالية التالية:

كيف يمكن تحديد هدفي الزمن والتكلفة المثاليين للمشروع في ضل الطابع اللايقيني للأهداف.

وللإجابة على هذه الإشكالية استخدمنا المنهج الكمي حيث قمنا أولا بشرح المشكل وعرض الدراسات السابقة المتعلقة به ومن ثما تطرقنا الى عرض وشرح النموذج المقترح لحل المشكل وأخيرا طبقنا النموذج المقترح على مشروع تثبيت منصة روبوتية ناقلة للبضائع وقمنا بمعالجة النتائج. وكذلك في سبيل حل الإشكالية وضعنا الفرضية التالية:

المنطق الضبابي يساعد متخذ القرار على صياغة أهدافه غير اليقينية والضبابية.

وتنقسم هذه الورقة البحثية إلى خمسة أجزاء الجزء الأول نعرض فيه المقدمة والجزء الثاني الدراسات السابقة والجزء الثالث نمذجة المشكل رياضيا والإطار النظري للطريقة المستعملة والجزء الرابع دراسة حالة على مشروع تثبيت منصة روبوتية ناقلة للبضائع والجزء الخامس فيه نعرض الخاتمة وحدود الدراسة.

المحور الأول: الدراسات السابقة

نقدم في هذا المحور من الورقة العلمية أبرز البحوث العلمية التي تتحدث عن المفاضلة بين الزمن والتكلفة في المشروع وفق التسلسل الزمني للبحث العلمي وعلى سبيل المثال لا الحصر:

في دراسة قام بها (S. Leu, 2001) حيث استخدموا فيها نظرية المجموعات الضبابية لبرمجة عدم يقينية مدة كل نشاط في المشروع بسبب الظروف المتقلبة لأحوال الطقس وغياب العمال وتعطل الآلات .... الخ وبهذا التغير في مدة النشاط تتأثر أيضا تكلفة النشاط لذلك استخدموا الخوارزميات الجينية لإيجاد الحل الامثل بين مدة المشروع وتكلفته، حيث ان حدود الدراسة تتمثل في دراسة الجانب الضبابي لقيم زمن وكذا اعتبار التكلفة المباشرة فقط في النموذج وفيما يخص النتائج فقد توصلوا الى عدد من المقترحات لمتخذ القرار حسب تغير α-cut لقيم الزمن.

في دراسة قام بها (A.M.Mukattash, 2001) والتي تهدف الى تقليص الزمن المتشائم في شبكة تقييم البرامج وتقنيات المراجعة (PERT) وذلك من خلال إنفاق المزيد من الأموال في النشاطات الحرجة للمشروع. واظهرت نتائج هذا المشروع ان التقليص من الزمن المتشائم للمشروع يقلص من زمن إتمام المشروع حيث توصلوا في الدراسة الى ان الزيادة من الانفاق ب 20.7 % الى 35 % تقلص زمن المشروع من 421 يوم الى 413 يوم.

قام كل من (Taheri, 2006) بتطوير حل للمفاضلة بين التكلفة والزمن والجودة في المشروع وقد افترضوا ان الجودة والتكلفة هما متغيران غير مستمران، وانهما لا ينبعان من مصدر متجدد أي لا تزيد قيمتهما مع الزمن. وقد قاموا بصياغة نموذج برمجة خطية للأعداد الصحيحة ذو ثلاث معادلات متداخلة بطريقة تمكن كل نموذج من إيجاد الحل الأمثل للمتغير مع تحديد حدود المتغيرات الأخرى وفي النهاية قاموا بتجميع كل النتائج حسب تغير الزمن الكلي للمشروع وقدموا مجموعة من الحلول المثلى.

قام الباحثون (Hua Ke W.، 2009) بصياغة نموذج برمجة بالقيود العشوائية لإيجاد الحل الامثل مع المحاكات العشوائية، لزمن المشروع الذي اعتبره خاضع للتوزيع الطبيعي والأحادي, و ادخلوا الخوارزميات الجينية بهدف تحقيق أفضل حل لمشكلة المفاضلة بين التكلفة والزمن في احتمالات متعددة واظهرت النتائج عدد من الحلول حسب شرط تدنية التكاليف عند α=0.95 و تعظيم احتمال التكلفة عند α=0.95 لزمن المشروع و في النهاية اختاروا افضل الحلول حسب هذه الشروط، وبعد ذلك أعاد (Hua Ke W.، 2012) البحث في الجانب العشوائي للزمن والتكلفة في مشكلة المفاضلة بين الزمن وتكلفة انهاء المشروع ولكن أضاف الى بحثه الجديد قيد الزمن المتصل بين الأنشطة وتكمن حدود الدراستين في عدم اختياره للأنشطة الحرجة دون سواه.

قام (Liang, 2010) بصياغة نموذج من البرمجة بالأهداف الضبابية مكون من ثلاث اهداف، هدف تقليص التكاليف وهدف تقليص الزمن وهدف تقليص التكاليف الناجمة عن تقليص الزمن حيث قسم التكاليف الى تكاليف مباشرة ثابتة ومتغيرة وكذا تكاليف غير مباشرة ثابتة ومتغيرة وقام أيضا بمقارنة نتائج طريقتين طبقهما

على هذا النموذج حيث تحصل على حلول مرضية لمتخذ القرار وحدود الدراسة تكمن في إمكانية دراسته للجانب الضبابي للمتغيرات على غرار الاهداف.

قام (J. Kim, 2012) بدراسة مشكلة المفاضلة بين التكلفة والزمن في المشروع بمراعات جانب تكلفة الجودة الفردية (PQLC) لان توفر الكفاءة الفردية تؤدي الى إتمام الأنشطة في وقتها وبتكلفتها المرسومة. ولبرمجة هذه المشكلة استعانوا بنموذج مختلط للبرمجة الخطية للأعداد الصحيحة لإعطاء مؤشر يدل على خطر عدم مطابقة النشاط مع المعايير المرسومة والمخطط لها لتنبيه متخذ القرار لإعادة صياغة الخطة او التغير في الخطة وقد توجوا هذه الدراسة بدراسة حالة على مشروع حيث تمكنوا من استخلاص خطر عدم المطابقة في 5 نشاطات وكل نشاط بتكلفة تصحيحه.

قام الباحثان (Hua Kea، 2014) بإعادة البحث في موضوع المفاضلة بين الزمن والتكلفة بجعل الزمن خاضع للتوزيع الأحادي ولكن في هذه الورقة اضافوا الى الزمن طابع الغموض بدالة انتماء مثلثية مع طابع العشوائية حيث توجو هذا النموذج بدراسة حالة حيث استخدموا الخوارزميات الجينية واستخلصوا نتائج حسب تطلعات متخذ القرارات المقيدة باحتمال α=0.9 و β=0.9 من الصحة.

قام (Feylizadeh, 2017) بالبحث عن نموذج يمزج بين الوقت والتكلفة والجودة والخطر بصياغة نموذج برمجة خطية للأعداد الصحيحة بهدف تقليص التكاليف مع تقليص زمن المشروع، وقد اعتبروا ان تكلفة مطابقة المشروع وتكلفة عدم مطابقة المشروع للمخطط المرسوم هي عبارة عن تكلفة الجودة حيث توجوا هذا النموذج بدراسة حالة من 6 أنشطة وقد أعطوا نصائح بتقليص زمن 3 أنشطة لتفادي زيادة تكلفة الجودة.

قم شاول واخرون (Shoul, 2020) بدراسة مشكلة المفاضلة بين التكلفة والزمن والجودة للمشروع من اجل إيجاد الحل الأمثل لهذه التوليفة مع الاخذ بعين الاعتبار ان دالتي الزمن والتكلفة لديهما اهداف مبهمة وكذا عبر عن زمن وجودة كل نشاط برقم ضبابي وقد توجت هذه الدراسة بدراسة تطبيقية لمشروع بناء مدرسة حيث توصلوا الى نتائج مرضية لمتخذ القرار تقدر ب 57% من تطلعاته.

قام (Collin Huse, 2021) بالبحث في مشكلة المفاضلة بين الوقت والتكلفة في المشروع حيث كانت غايته تبسيط النموذج الكلاسيكي للطلبة والباحثين في المجال وقد استطاع كنتيجة للوصول الى نموذج مبسط يحتوي على نصف المتغيرات الموجودة في النموذج الكلاسيكي وقد توج الدراسة بعرض تطبيقي للنموذج ومقارنته بنموذج الكلاسيكي.

المحور الثاني: الإطار النظري للطريقة المستعملة

الفرع الأول: المنطق الضبابي

يقدم المنطق الضبابي الإطار العام لحل مشكلة المعلومات التقريبية او غير المحددة ويوفر الآلية اللازمة لاستعمال هذه المعارف والمعلومات. واول من وضع اول لبنات المنطق الضبابي هو العالم لطفي زاده عام 1965.

المعروف في المنطق الكلاسيكي ان المتغير يأخذ إحدى القيمتين {0 ,1} أي {صحيح، خطأ}، فإذا أخذت على سبيل المثال المجموعة الشاملة X وكانت A هي مجموعة جزئية من المجموعة X فإن أي عنصر من عناصر المجموعة الشاملة إما ان ينتمي الى المجموعة الجزئية A او لا ينتمي إلى هذه المجموعة. حيث يقدم المنطق الضبابي حلا مناسبا لهذا المشكل بإسناد درجة للمتغير (عنصر المجموعة الشاملة) أي درجة انتماء من المجال الحقيقي [0,1] بدلا من المجموعة {0 ,1} يساعد على تحديد انتماء العنصر الى المجموعة الجزئية.

بعض المفاهيم الأساسية:

المجموعة الضبابية: هي مجموعة عناصرها مكونة من مركبتين. المركبة الأولى تمثل العنصر والثانية هي درجة إنتماء هذا العنصر للمجموعة الجزئية.

درجة ودالة الانتماء:

التعريف 1: دالة الانتماء هي دالة عددية تأخذ قيمتها في المجال [0 ,1 [يتم بواسطتها حساب درجة انتماء عنصر ما للمجموعة الضبابية.

التعريف 2: لتكن X مجموعة غير خالية و A مجموعة جزئية منها وليكن I= [0 ,1] يرفق بكل عنصر x ∈X قيمة عددية تكون بين 0 و 1 تمثل درجة انتماء العنصر x للمجموعة A وكلما كانت درجة العضوية أكبر كان العنصر أكثر انتماء للمجموع A.

احتواء المجموعات الضبابية :لتكن B, A مجموعتين ضبابيتين، حيث ان A مجموعة جزئية من B , نقول ان B ⊂A اذا كانت $u_a(x) \leq u_b(x)$ لكل x ∈ X.

إتحاد المجموعات الضبابية: اتحاد مجموعتين ضبابيتين A, B يساوي أصغر مجموعة ضبابية تحوي A ، B.

تقاطع المجموعات الضبابية: تقاطع مجموعتين ضبابيتين A, B يساوي أكبر مجموعة ضبابية تحوي A ، B.

الأعداد الضبابية: هي مجموعات ضبابية خاصة جدا في مجموعة الأعداد الحقيقية R ، و لها أهمية كبيرة في الأنظمة الضبابية.

العمليات على الأعداد الضبابية المثلثية: ليكن $\mathrm{B} = [b_1; b_2; b_3]$، $\mathrm{A} = [a_1; a_2; a_3]$ عددين ضبابين مثلثين.

- $\mathrm{A} + \mathrm{B} = [a_1; a_2; a_3] + [b_1; b_2; b_3] = [a_1 + b_1; a_2 + b_2; a_3 + b_3]$
- $\mathrm{A} - \mathrm{B} = [a_1; a_2; a_3] - [b_1; b_2; b_3] = [a_1 - b_1; a_2 - b_2; a_3 - b_3]$
- $\mathrm{A} * \mathrm{B} = [a_1; a_2; a_3] * [b_1; b_2; b_3] = [\alpha\, ; a_2 * b_2; \beta]$

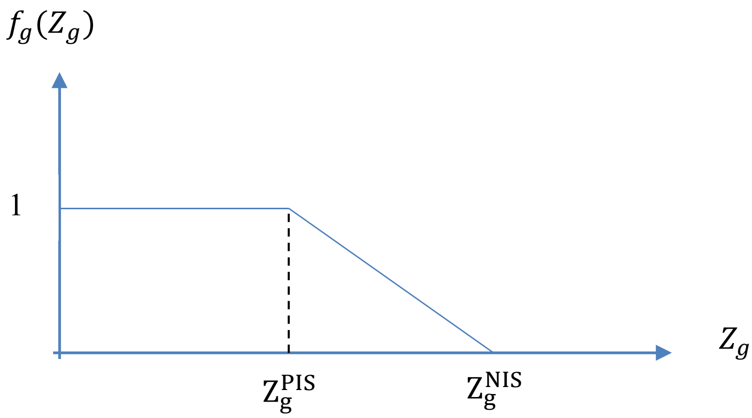
  $\alpha = \mathrm{Min}\{\ a_1 * b_1; a_1 * b_3; a_3 * b_1; a_3 * b_3\}$

  $\beta = \mathrm{Max}\{\ a_1 * b_1; a_1 * b_3; a_3 * b_1; a_3 * b_3\}$
- $\frac{A}{B} = [a_1; a_2; a_3] * \left[\frac{1}{b_3}; \frac{1}{b_2}; \frac{1}{b_1}\right]$

الفرع الثاني :البرمجة بالأهداف الضبابية طريقة (Minmax)

البرمجة بالأهداف الضبابية هي أحد اشكال البرمجة بالأهداف التي تمكنت من برمجة اهداف وقيود ضبابية، وطريقة (Minmax) هي أحد طرق البرمجة بالأهداف الضبابية وتتمثل في الأصل الذي قامة عليه نظرية المجموعات الضبابية التي أسسها (R. E. Bellman، 1970) وطريقة البرمجة الضبابية التي طورها بعده (H.-J.Zimmermann, 1978) والتي تعتمد على الحل الإيجابي الأمثل PIS والحل السلبي الأمثل NIS.

$$Z_g^{PIS} = Min\, Z_g \;;\; Z_g^{NIS} = Max\, Z_g \quad g = 1,2,\dots\dots\dots,K$$
$$S.t: Cx \leq \qquad (1)$$



الشكل رقم 1 : دالة الانتماء الخطية المستمرة غير متزايدة $f_g(Z_g)$

حيث:

Z_g^{NIS}: عبارة عن حد أدنى لدالة الهدف.

Z_g^{PIS}: عبارة عن حد أعلى لدالة الهدف.

ويمكن تحديد الصيغة الرياضية لدالة الانتماء الخطية المبينة في الشكل رقم 1 كما يلي:

$$f_g(Z_g) = \begin{cases} 1 \;, & Z_g \leq Z_g^{PIS} \\ \dfrac{Z_g^{NIS} - Z_g}{Z_g^{NIS} - Z_g^{PIS}}, & Z_g^{PIS} < Z_g < Z_g^{NIS} \\ 0, & Z_g \geq Z_g^{NIS} \end{cases} \qquad (2)$$
$$g = 1,2,3,\dots\dots.K$$

وبعد صياغة دالة الانتماء التي تحول الهداف Z_g الى $f_g(Z_g)$ أي من الصيغة المحددة الى الصيغة الضبابية للهدف، تأتي مرحلة تحويل النموذج الخطي متعدد الأهداف الى نموذج خطي بهدف واحد وهذا بجعل الأهداف قيودا وادخال المساعد L وجعله الهدف الذي يجب تعظيمه

$$L = \mu_D(x) = \mu_G(x) \wedge \mu_C(x) = min(\mu_G(x), \mu_C(x)) \qquad (3)$$

حيث من المعادلة رقم 3 يتبين لنا ان L هو عبارة عن تقاطع درجات رضـى متخذ القرار من كل هدف مرجو أي بعبارة أخرى هو درجة من [1 , 0] تعبر عن مدى رضى متخذ القرار بنتيجة الأهداف ككل في ان واحد.

حيث يصبح النموذج كالاتي:

$$\begin{gathered} Max\ L \\ S.t: 0 \leq L \leq f_g(Z_g) \quad \forall g \\ Z_g \\ Cx \leq c \\ L \in [0..1] \end{gathered} \qquad (4)$$

المحور الثالث: صياغة المشكل

الفرع الأول: النموذج المقترح

في اغلب المشـاريع يجد متخذ القرار نفسـه امام جملة من الأهداف التي يجب تحقيقها او تحقيق جزء منها في ان واحد، فمثلا يود تقليص زمن انهاء المشروع بميزانية ادني وبجودة عمل مثالية وموارد ضئيلة في نفس الوقت وهذا ما يصـعب تحقيقه وبرمجته بالبرمجة الخطية الكلاسـيكية لذلك طور الباحثون نوع جديد من البرمجة وهو البرمجة بالأهداف التي تحل نماذج متعددة الأهداف وفي دراسـتنا هذه نتطرق لهدفين ونحاول المفاضـلة بينهما وهما تقليص زمن وتكلفة المشـروع في أن واحد وهذان الهدفان يكونان ضـبابيان. و تبعا للنموذج المقترح من قبل الباحثين (Liang, 2010) و (Gocken, 2012) و (Ming-Feng Yang, 2013) فإنه كتالي:

دالة الهدف:

- دالة تقليص تكلفة المشروع:

$$Min\ z_1 \cong \sum_i \sum_j C_{D_{ij}} + \sum_i \sum_j k_{ij} y_{ij} + [C_l + m(E_n - T_{nc})] \qquad (5)$$

- تقليص زمن المشروع:

$$\text{Min}\ z_2 \cong E_n - E_1 \qquad (6)$$

- تقليص دالة التكاليف الإضافية الناتجة عن تقليص الزمن:

$$Min\ z_3 \cong \sum_i \sum_j k_{ij} y_{ij} \qquad (7)$$

القيود:

- قيد الزمن بين الحدث I وj:

$$t_{ij} = D_{ij} - y_{ij} \quad \forall i, \forall j \qquad (8)$$

- قيد الزمن المقلص في النشاط (i ;j):

$$y_{ij} \leqslant D_{ij} - d_{ij} \forall i, \forall \qquad (9)$$

- قيد الميزانية المخصصة للمشروع:

$$z_1 \leqslant B \quad \forall i, \forall j \tag{10}$$

- قيد الزمن الكلى للمشروع:

$$E_n \leqslant T_{nc} \tag{11}$$

- قيد انعدام سلبية المتغيرات:

$$t_{ij},\ y_{ij},\ E_i \geqslant 0 \quad \forall i, \forall j \tag{12}$$

جدول رقم 1: شرح متغيرات ومؤشرات النموذج

(i,j) = النشاط بين i ;j	E_i= الزمن الباكر للحدث i
g = مؤشر لدالات الهدف .g= 1,2,3,......... k	E_1= زمن بداية المشروع
z_1= مجموع تكاليف المشروع	E_n= زمن نهاية المشروع
z_2= زمن المشروع الكلي	T_{nc}= زمن المشروع في الظروف العادية
z_3= مجموع الزمن المقلص	T = زمن المخصص للمشروع
D_{ij}= الوقت العادي للنشاط (i ;j)	C_I= التكاليف الثابة غير المباشرة في الظروف العادية
d_{ij}= ادنى وقت يمكن تقليصه في النشاط (i ;j)	m = التكالية المتغيرة غير المباشرة / وحدة الزمن
k_{ij}= التكاليف المضافة للنشاط (i ;j)	B = الميزانية المخصصة.
t_{ij}= الوقت الجديد للنشاط (i ;j) بعد التقليص	C_{dij}= التكلفة المباشرة الأدنى المقلصة للنشاط (i ;j)
y_{ij}= الوقت المقلص من النشاط (i ;j)	C_{Dij} = التكلفة المباشرة للنشاط (i ;j)

المصدر: من إعداد الباحثين.

في كل دالة هدف فإن علامة " $\cong$ " تشير الى الحالة الضبابية ل "=" والتي تمثل بدورها ضبابية الأهداف لمتخذ القرار، وبنسبة الى دوال الأهداف 5-7 فإنها بترتيب تمثل دالة تقليص التكاليف الكلية ودالة تقليص الزمن ودالة تقليص التكاليف الناتجة عن تقليص الزمن أي بعبارة أخرى ترشيد تقليص زمن المشروع على حساب زيادة التكاليف ومن المعلوم ان التكاليف وزمن المشروع يسيران بتجاه متناقض، فتقليص الزمن يأدي إلى زيادة التكاليف.كما يجب الإشارة الى ان $k_{ij} = \frac{C_{dij}-C_{Dij}}{D_{ij}-d_{ij}}$ تمثل تكلفة الوحدة الواحدة المقلصة من الزمن، ودالة التكاليف تنقسم إلى شطرين الشطر الاول يحتوي على التكاليف المباشرة $\sum_i \sum_j C_{D_{ij}} + \sum_i \sum_j k_{ij}y_{ij}$ وتتكون من $\sum_i \sum_j C_{D_{ij}}$ ، تكاليف ثابتة مباشرة و $\sum_i \sum_j k_{ij}y_{ij}$ تكاليف متغيرة مباشرة و هي تكاليف مباشرة تترتب عن تقليص الزمن. الشطر الثاني يحتوي على التكاليف غير المباشرة $[C_l + m(E_n - T_{nc})]$ و تتكون من شطر تكاليف ثابتة غير مباشرة C_l ، و $m(E_n - T_{nc})$ شطر تكاليف متغيرة غير مباشرة تقلص من التكاليف الثابتة غير المباشرة كلما قلصنا زمن المشروع.

فرضيات النموذج:

- كل الأهداف غامضة.
- كل الأهداف والقيود خطية.

- التكاليف المباشرة لها علاقة طردية مع زمن المشروع.
- المتغيرات من زمن النشاطات وتكلفتها والتكلفة الممكن اضافتها والزمن الممكن تقليصه وتتابع النشاطات وميزانية المشروع هي معلومة.
- دالة الانتماء هي وسيلة لصياغة الأهداف الضبابية.
- التكاليف غير المباشرة تنقسم الى تكاليف ثابتة وتكاليف متغيرة، والتكاليف المتغيرة يمكنها تقليص التكاليف الثابتة الكلية.

الفرع الثاني: خطوات الحل

زمن المشروع وتكلفة المخصصة للمشروع وزمن و تكلفة كل نشاط و التكلفة الممكن تقليصها و تسلسل الأنشطة ووقت البداية و النهاية للنشاط وللمشروع...

جمع البيانات عن الأنشطة والاحداث و التسلسل.

تمثيل المخطط بطريقة المخطط السهمي(AOA) او المخطط التصدري(AON)

رسم المخطط الشبكي للمشروع و تحديد المسار او المسارات الحرجة في المشروع.

نمذجة البيانات المجموعة من المرحلة الاولى و التعبير عنها بأهداف و متغيرات و قيود .

تحديد الأهداف والمتغيرات والقيود. وضع النموذج الخطي متعدد الأهداف .

تحديد الحل المثالي الموجب و الحد المثالي السالب لكل هدف من الأهداف المهمة. عن طريق تقسيم النموذج من متعدد الى احادي وحله. بالبرمجة الخطية العادية.

$$Z_g = (g = 1; 2; 3 \dots\dots\dots; K)$$
$$Z_g^{PIS} = \text{Min } Z_g \quad ; \quad Z_g^{NIS} = \text{Max } Z_g \qquad g = 1,2, \dots\dots\dots, K$$

إيجاد الحل المثالي الموجب و الحل المثالي السالب.
(PIS ,NIS)

$$f_g(x) = \begin{cases} 1 \quad , & Z_g \le Z_g^{PIS} \\ \dfrac{Z_g^{NIS} - Z_g}{Z_g^{NIS} - Z_g^{PIS}}, & Z_g^{PIS} < Z_g < Z_g^{NIS} \\ 0, & Z_g \ge Z_g^{NIS} \end{cases}$$
$$Max\ L$$
$$S.t: 0 \le L \le f_g(Z_g)$$
$$eqs$$

تحديد الدالة التعريفية لكل هدف من الأهداف ومن ثما تحويل البرنامج الخطي متعدد الأهداف الى برنامج خطي بهدف واحد بطريقة
« Minimum operator method »

المحور الرابع: دراسة حالة

الفرع الأول: الحالة

في هذا الجزء من الورقة العلمية نطبق البرمجة بالأهداف الضبابية بطريقتين على مشروع تركيب منصة روبوتية ناقلة للبضائع بغرض زيادة قدرة تغليف المنتجات في شركة Y في كورية الجنوبية. وقد قدر الخبراء:

الزمن العادي للمشروع: $T_{nc} = 26$ *في اليوم*, التكاليف الثابتة: $C_I = 400$, التكلفة غير المباشرة المتغيرة: $m=10$, الميزانية الكلية: $B = 2600$.

الجدول رقم 2: البيانات الخاصة بكل نشاط في المشروع.

النشاط	النشاط السابق	D_{ij} (يوم)	d_{ij} , (يوم)	, C_{Dij} \$100	C_{dij},\$100	(يوم) Rj,	E,\$100	k_{ij} , (يوم)\$100/
A	–	3,00	2,00	17,88	20,11	1,00	2,23	2,23
B	A	3,00	1,50	41,71	44,32	1,50	2,61	1,74
C	A	4,00	2,00	69,41	89,37	2,00	19,96	9,98
D	A	4,00	2,00	65,96	84,54	2,00	18,58	9,29
E	B	3,00	1,50	138,10	170,06	1,50	31,96	21,31
F	C	2,00	1,50	327,81	431,13	0,50	103,32	206,64
G	D	3,00	1,50	189,99	210,22	1,50	20,23	13,49
H	E	1,50	1,00	28,14	38,29	0,50	10,15	20,30
I	F	2,00	1,00	16,83	22,08	1,00	5,25	5,25
J	G	1,50	1,00	79,86	92,55	0,50	12,69	25,38
K	H	6,00	3,00	123,86	167,37	3,00	43,51	14,50
L	I	2,00	1,50	62,62	74,91	0,50	12,29	24,58
M	J	4,00	2,00	625,93	655,86	2,00	29,93	14,97
N	M	3,00	1,00	51,97	71,85	2,00	19,88	9,94
O	N	2,00	1,50	14,90	20,11	0,50	5,21	10,42
P	K, L, O	2,00	1,00	35,75	43,94	1,00	8,19	8,19
Q	P	2,00	1,50	59,89	76,94	0,50	17,05	34,10
R	Q	1,50	1,00	40,61	51,34	0,50	10,73	21,46

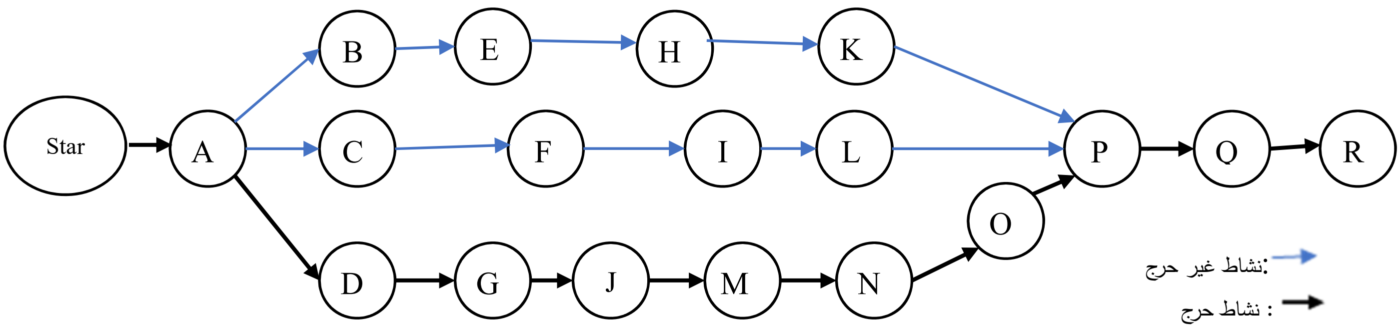
المصدر: من المقال (Kim, Kang, & Hwang, 2012).

الهدف المدروس من هذا المشـروع هو تركيب هذه المنصـة بأقل التكاليف وبأفضـل زمن. من الجدول رقم 1 لدينا $(C_{Dij}\,;C_{dij})$ التكاليف العادية والتكاليف بعد التخفيض و لدينا أيضـا $(D_{ij}\,;d_{ij})$ الزمن العادي و الزمن بعـد التخفيض و Rj, (يوم) الزمن الممكن تخفيضـه و هو عبارة عن $(D_{ij}-d_{ij})$ و E,$100 الزيـادة الممكنة للتكاليف و هي عبارة عن $(C_{dij}-C_{Dij})$، و k_{ij}, الزيادة الممكنة من التكاليف لكل يوم مخفض.

المخططات الشـبكية من أفضـل الطرق لتوضـيح مسـار المشـروع برسـمه على شـكل شـبكة تربط بين النشـاطات المرسـومة على الأسـهم او الدوائر AON او AOA من اليسـار الى اليمين. وفي الشكل رقم 6 اسـتعملنا AON. طريقة المسـار الحرج CPM من بين أفضـل الطرق لتحليل الشـبكي للمشـاريع حيث يقسـم المشـروع الى مسـارات وبعدها يختر المسـار الحرج من بين المسـارات وهو المسار الذي يحتوي على النشـاطات الحرجة أي النشـاطات التي تتحكم في زمن المشروع حيت يقلص الزمن بتقليصها ويمدد بتمديدها حيث يوجد في هذا المخطط ثلاث مسارات:

(Star, A,B,E,H,K,P,Q,R) و (star, A,C,F,I ,L,P,Q,R) و (star, A,D,G,J,M,N,O ,P ,Q ,R) المسـار الاخير هو المسار الحرج لأنه يملك المدة الأطول بين المسارات ب 26 يوم عمل و منه يجب علينا تقليصه بأدنى التكاليف .

الشكل رقم 2: المخطط الشبكي للمشروع.



المصدر: من إعداد الباحثين.

الفرع الثاني: تطبيق خطوات الحل

بعدما اسـتخرجنا المسار الحرج الذي يجب تقليصـه في المشـروع، تأتي الخطوة الاولى هي برمجة المشـروع برمجة خطية متعددة الأهداف باسـتعمال المعادلة من 5 الى 12 وبعدها نقوم باسـتخلاص الحل الأمثل السـالب والموجب $(Z_g^{PIS};Z_g^{NIS})$ كما هو مبين في المعادلة رقم 1. و لحل النموذج اسـتعملنا برنامج «Lingo 19.0» المتخصـص في البرمجة الرياضية فتحصلنا على النتائج التالية:

$$(Z_1^{PIS};Z_1^{NIS}) = (22420.95;2380.1)$$

$$(Z_2^{PIS}\,;Z_2^{NIS}) = (\,14.5\,;26)$$

$$(Z_3^{PIS}\,;Z_3^{NIS}) = (\,0\,;144.73),$$

الجدول رقم 3: القيم الحدية لكل هدف (PIS ;NIS)

	Lp-1	Lp-2	Lp-3	(PIS-NIS)
دوال الهدف	Min Z1	Min Z2	Min Z3	_
Z1/$100	2380,1*	2420,95	2391,22	(2420,95;2380,1)
Z2/ يوم	15.5	14.5*	26	(14.5 ;26)
Z3/$100	114.99	144.73	0*	(0 ;144.73)

المصدر: من إعداد الباحثين.

وانطلاقا من المعادلة رقم 2 يمكننا انشـاء دالة عضـوية من هذه الحلول الحدية والدالة العضـوية تمثيل درجة رضى متخذ القرارات تمثيلا ضبابيا.

$$f_1(Z_1) = \begin{cases} 1 \quad , & Z_1 \leq 2380.1 \\ \dfrac{2420.95 - Z_1}{2420.95 - 2380.1}, & 2380.1 < Z_1 < 2420.95 \\ 0, & Z_1 \geq 2420.95 \end{cases} \quad (13)$$

$$f_2(Z_2) = \begin{cases} 1 \quad , & Z_2 \leq 14.5 \\ \dfrac{26 - Z_2}{26 - 14.5}, & 14.5 < Z_2 < 26 \\ 0, & Z_2 \geq 26 \end{cases} \quad (14)$$

$$f_3(Z_3) = \begin{cases} 1 \quad , & Z_3 \leq 0 \\ \dfrac{144.73 - Z_3}{144.73 - 0}, & 0 < Z_3 < 144.73 \\ 0, & Z_3 \geq 144.73 \end{cases} \quad (15)$$

وبإدخالنا المساعد L الذي يمثل درجة الرضى الكلية بنتائج باستعمال المعادلة رقم 3 و4 لتحويل النموذج من برمجة بالأهداف الضـبابية الى برمجة خطية بهدف واحد وهو تعظيم درجة رضـى متخذ القرارات. وباسـتعمال برنامج "LINGO الإصدار 19.0" تظهر النتائج كالاتي الحل الأمثل عند درجة الرضى

$Z_2 = 19.16$ و $Z_1 = 2381.49$ و $Z_3 = 58.66$ و $L = 0.5947$

الجدول رقم 4: النتائج النهائية للنموذج

الحدث	i	j	النشاط	النشاط السابق	Kij	Yij	Tij(Z2)	Kij*Yij(Z3)
E1	1	0	A	–	2,23	1,00	2,00	2,23
E4	4	1	D	A	9,29	2,00	2,00	18,58
E7	7	4	G	D	13,49	0,34	2,66	4,59
E10	10	7	J	G	25,38	-	1,50	-
E13	13	10	M	J	14,97	-	4,00	-
E14	14	13	N	M	9,94	2,00	1,00	19,88
E15	15	14	O	N	10,42	0,50	1,50	5,21
E16	16	15	P	K,L,O	8,19	1,00	1,00	8,19
E17	17	16	Q	P	34,10	-	2,00	-
E18	18	17	R	Q	21,46	-	1,50	-

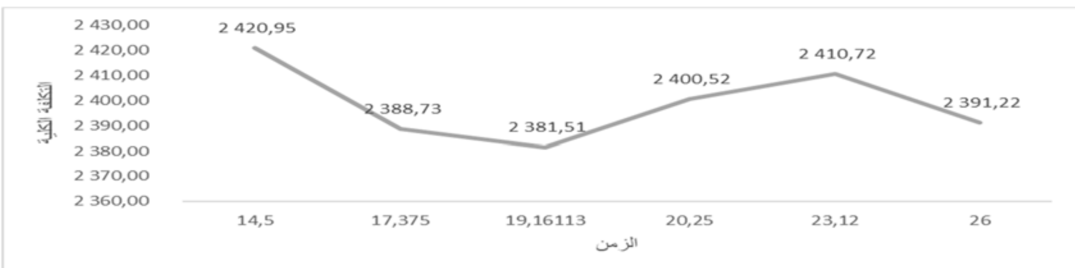
المصدر: من إعداد الباحثين.

و من الجدول رقم 4 نلاحظ ان النشاط A قلصنا منه 1 يوم بتكلفة 2.23 و D قلصنا منه 2 يوم بتكلفة 18.58 و G قلصنا منه 0.34 يوم بتكلفة 4.59 و N قلصنا منه 2 يوم بتكلفة 19.88 و O قلصنا منه 0.5 يوم بتكلفة 5.21 و P قلصنا منه 1 يوم بتكلفة 8.19 و اما الأنشطة G,M,Q,R فلم تقلص.

تحليل الحساسية:

بتحليل حساسية الاهداف Z_1 و Z_3 و L لتغير زمن انهاء المشروع Z_2 و من الشكل رقم 3و الشكل رقم 4 و الشكل رقم 5 و الجدول يتضح لنا جليا ان هناك تباين بين اتجاه حركة هدف الزمن و هدف تكلفة المشروع فنرى انه كلما زاد زمن المشروع كلما قلة التكاليف و نرى أيضا انه عند 19.16 يوم و 381.49 2 ($/100) تكون درجة الرضى المثلى 0.5947 , وعند الزمن فوق 26 يوم او تحت 14.5 يوم ليس له حلول .

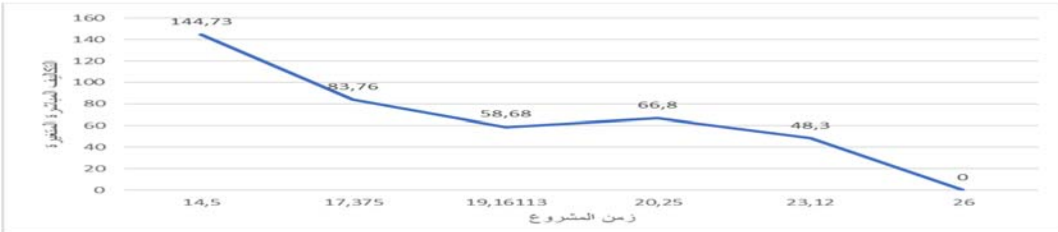
الشكل رقم 3 : منحنى بياني يوضح تأثر التكلفة الكلية بالتغير الزمن في المشروع



المصدر: من إعداد الباحثين.

من الشــكل رقم 3 نلاحظ ان الزمن Z_2 والتكلفة الكلية Z_1 يتجهان بعكس بعضــها حيث ان التكلفة الكلية تنحدر نحو التناقص عندما يكون زمن انهاء المشـــروع في زيادة. ونري انه عند النقطة 19.16 يوم تكون التكلفة الكلية والزمن في النقطة المثلة.

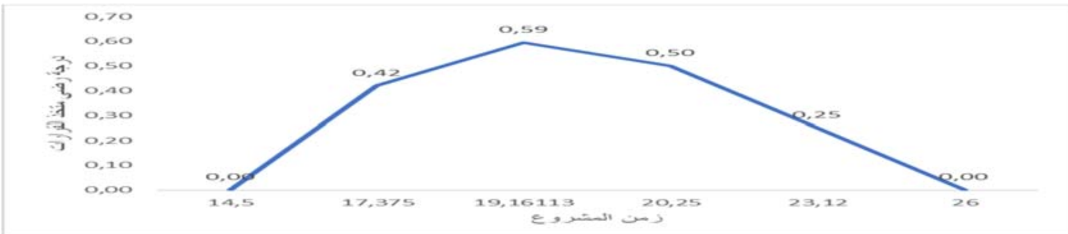
الشكل رقم 4: منحنى بياني يوضح تأثر التكلفة المباشرة المتغيرة بالتغير الزمن في المشروع



المصدر: من إعداد الباحثين.

ومن الشــكل 4 نلاحظ ان الزمن Z_2 والتكلفة المباشــرة المتغيرة Z_1 يتجهان بعكس بعضــها حيث ان التكلفة المباشــرة المتغير هي تكلفة تقليص الزمن، نرى انها تنحدر نحو التناقص عندما يكون زمن انهاء المشــروع في زيادة. ونري أيضا انه عند النقطة 19.16 يوم تكون التكلفة المباشرة المتغيرة والزمن في النقطة المثلة.

الشكل رقم 5: منحنى بياني يوضح تأثر المساعد L بالتغير الزمن في المشروع



المصدر: من إعداد الباحثين.

من الشــكل نلاحظ ان المســاعد L يقترب من الذروة أي من درجة رضـى متخذ القرار من المفاضـلة بين الأهداف كلما اقتربنا من الزمن المثالي 19.16 يوم وبعدها يغير اتجاهه بتقهقر. ومنه نقول ان درجة رضـى متخذ القرار عند النتائج 19.16 يوم و 2 381.49 ($/100) هي المثلى.

الجدول رقم 5: حساسية الأهداف والتكلفة والمساعد L من الهدف Z_2

التكاليف غير المباشرة متغير	التكاليف غير المباشرة الثابتة	التكاليف المباشرة الثابتة	التكاليف المباشرة المتغيرة	Z2/يوم	Z1	Z3	L
- 115,00	400,00	1 991,22	144,73	14,5	2 420,95	144,73	0,00
- 86,25	400,00	1 991,22	83,76	17,375	2 388,73	83,76	0,42
- 68,39	400,00	1 991,22	58,68	*19,16113	*2 381,51	*58,68	*0,59
- 57,50	400,00	1 991,22	66,80	20,25	2 400,52	66,8	0,50
- 28,80	400,00	1 991,22	48,30	23,12	2 410,72	48,3	0,25
-	400,00	1 991,22	-	26	2 391,22	0	0,00

*الحل الأمثل

المصدر: من إعداد الباحثين.

وفي الختام تحصلنا على المفاضلة المثلى بين الزمن والتكلفة في المشروع المقدرة ب 19.16 يوم و 2 381.49 ($/100) بدرجة رضى متخذ القرار تقدر ب 0.5947 حيث قلصنا من أزمنة النشاطات الحرجة بالمقدار الذي لا نزيد فيه الكثير من التكاليف وقمنا أيضا بدراسة حساسية هدف التكلفة الكلية والإضافية والمساعد L من تغير الزمن حيث وجدنا ان التكلفة تزيد بتقليص الزمن.

خاتمة

المفاضلة بين هدفي الزمن والتكلفة في تخطيط المشاريع من بين أهم الإشكاليات التي تحظى باهتمام متخذ القرار لكون هذان الهدفان متباينان الواحد يسير بعكس اتجاه الاخر بالإضافة لكونها تقع في بيئة يشوبها الغموض وعدم يقينية المستقبل المنتظر من الظروف التي تحيط بالمشروع من عوامل طبيعية ومرونة القوانين وتغير أسعار السوق والمواد الأولية فمنه لا يمكن لمتخذ القرار وضع قيم محددة ودقيقة لهذين الهدفين ، لذلك في هذه الورقة قمنا بدراسة الطابع الضبابي للأهداف بالاستعمال نظريات المنطق الضبابي بحل نموذج خطي متعدد الأهداف (MOLP) من ثلاثة اهداف الهدف الأول تقليص التكاليف الكلية من ثابتة و متغيرة و الثاني تقليص الزمن الكلى للمشروع و الثالث تقليص التكاليف الإضافية المسببة من تقليص الزمن بتحويله الى برمجة بالأهداف الضبابية (FGP) بطريقة القيم الصغرة و الكبرة (MinMax method) حيث قمنا بتطبيقه على بيانات لمشروع تثبيت وتركيب منصة التغليف . ومن هذه الدراسة استنتجنا مدى فعالية نظريات المنطق الضبابي في صياغة أهداف متخذ القرار غير اليقينية والضبابية وأن البرمجة بالأهداف الضبابية توصلت الى توليفة مثالية لهدفي الزمن والتكلفة مع مؤشر جيد عن درجة رضى متخذ القرار.

تكمن حدود الدراسة في ان النتائج التي توصلنا اليها تدل على مدى تحقيق الأهداف في ان واحد وبشكل متكافئ ولكن في الواقع المهني وفي كثير من الحالات قد نجد تباين وعدم تساوي ثقل الأهداف فيما بينها أي انه يوجد في اغلب الأحيان اهداف ذات أولوية على اخري وهذا يحدده متخذ القرار حسب الخبرة المهنية ومتطلبات المشروع.

قائمة المراجع:

الأجنبية:

A. Chen and C. Yang S. Leu .(2001) .A GA-based fuzzy optimal model for construction time±cost .,*International Journal of Project Management*.58-47 ،

A. Mahmoudi and M.R. Feylizadeh .(2017) .A mathematical model for crashing projects by considering time, cost, quality and risk .*J Proj Manage*.36-27 ،

C. Kang and I. Hwang J. Kim .(2012) .A practical approach to project scheduling: Considering the potential quality loss cost in the time–cost tradeoff problem . *Int J Proj Manage*.272–264 ،

Esmaeil Keshavarz. Abbas Shoul .(2020) .Project Time-Cost-Quality Trade-off Problem: A Novel Approach Based on Fuzzy Decision Making . *International Journal of Uncertainty*.567-545 ،

G.Y. Abbasi and A.M.Mukattash .(2001) .Crashing PERT networks using mathematical programming .*Int J Proj Manage*.188-181 ،

H.-J.Zimmermann .(1978) .Fuzzy programming and linear programming with several objective functions .*Fuzzy Sets and Systems*.55-45 ،

H.R. Tareghian and S.H. Taheri .(2006) .On the discrete time, cost and quality trade-off problem .*Appl Math Comput*.1312–1305 ،

JongYul Kim ،ChangWook Kang و ،InKeuk Hwang .(2012) .A practical approach to project scheduling: considering the potential quality loss cost in the time–cost tradeoff problem .*International Journal of Project Management*.272–264 ،

Jr James E.Kelley .(1961) .Critical path planning and scheduling mathematical basis . *Operations Research*.320-296 ،

Junjie Ma Hua Kea .(2014) .Modeling project time–cost trade-off in fuzzy random environment .*Applied Soft Computing*.85-80 ،

L. A. Zadeh R. E. Bellman .(1970) .Decision-Making in a Fuzzy Environment . *Management Science*.

Michael J. Brusco Collin Huse .(2021) .A Tale of Two Linear Programming Formulations for Crashing project network .*INFORMS TRANSACTIONS ON EDUCATION*.95-82 ،

Tien-Fu Liang .(2010) .Applying fuzzy goal programming to project management decisions with multiple goals in uncertain environments .*Expert Systems with Applications*.8507-8499 ، Tolunay Gocken .(2012) .Solution of fuzzy multi-objective project crashing problem . *Neural Comput & Applic*.

Weimin Ma, Xiaowei Chen Hua Ke .(2012) .Modeling stochastic project time–cost trade-offs with time-dependent activity durations .*Appl Math Comput*–9462 ، .9469

Weimin Ma, Yaodong Ni Hua Ke .(2009) .Optimization models and a GAbased algorithm for stochastic time-cost trade-off problem .*Appl Math Comput*–308 ، .313

Yi Lin Ming-Feng Yang .(2013) .Applying fuzzy multi-objective linear programming to project management decisions with the interactive two-phase method . *Computers & Industrial Engineering*.1069-1061 ،

العربية:

د.محمد الفيومي. (2001). *إدارة المشروعات*. الاسكندرية: كلية التجارة.