Applying fuzzy goal programming to project management time-cost trade-off problem.

MAMOU Djebar[1] ***:*** *Doctorant chercheur, centre universitaire de Maghnia, Algérie.*
MEKIDICHE Mohammed [2]***:*** *Professeur, centre universitaire de Maghnia, Algéri.*

Received:20/04/2023 ***Accepted :30/05/2024*** ***Published :30/06/2024***

Abstract
The time-cost trade off problem in project planning is among the most important topics for the decision-maker, which made it more difficult to achieve as it falls in a fuzzy and uncertain environment from which the decision-maker cannot set specific and accurate values for these two goals, so in this paper we study the uncertainty of the goals using fuzzy logic, by solving a Multi-objective linear programming (MOLP) consists of three goals, by using Fuzzy Goal Programming (FGP) in two methods. in the last we compared the results of these methods, therefore, this study contributed to the mathematical formulation of the decision, while giving an indication of the degree of satisfaction of the decision maker.
Keywords: Fuzzy Goal programming; Project Planning; Project Time; Project Cost; Time-cost trade off.
Jel Codes Classification : C61, M19

[1] **Mamou Djebar,**
Laboratoire d'évaluation et de prévision des politiques économiques et des stratégies d'entreprise (LEPPESE), djmamou.93@gmail.com.

[2] Laboratoire d'évaluation et de prévision des politiques économiques et des stratégies d'entreprise (LEPPESE) , mkidiche@yahoo.fr.

إستخدام نموذج البرمجة بالأهداف الضبابية لحل مشكلة المفاضلة بين الزمن والتكلفة في تخطيط المشاريع.

مامو جبار [1]: طالب دكتوراه، المركز الجامعي مغنية، الجزائر .
مكيديش محمد [2]: أستاذ، المركز الجامعي مغنية، الجزائر.

تاريخ الإرسال: 2023/04/20 **تاريخ القبول: 2024/05/30** **تاريخ النشر: 2024/06/30**

ملخص

تعتبر المفاضلة بين الزمن والتكلفة في تخطيط المشاريع من بين اهم المواضيع لدى متخذ القرار، لان التكلفة مقيدة بالميزانية المخصصة و هامش الربح و الزمن مقيد بالاتفاقية و العقوبات الناجمة عن التأخير، و ما زاد صعوبة تحقيق المفاضلة هو انها تقع في بيئة غامضة وغير يقينية المستقبل المنتظر ومنه لا يمكن لمتخذ القرار وضع قيم محددة ودقيقة لهذين الهدفين ، لذلك في هذه الورقة قمنا بدراسة الطابع اللايقيني للأهداف باستعمال المنطق الضبابي، بحل نموذج خطي متعدد الأهداف Multi-objective linear programming (MOLP) من ثلاثة اهداف الهدف، الأول تقليص التكاليف الكلية من ثابتة و متغيرة و الثاني تقليص الزمن الكلي للمشروع و الثالث تقليص التكاليف الإضافية الناجمة عن تقليص الزمن وهذا بتحويله الى برمجة بالأهداف الضبابية Fuzzy Goal Programming (FGP) بطريقتين و قمنا في الأخير بمقارنة بين نتائج هذه الطرق, وعليه فإن هذه الدراسة تساهم في صياغة اهداف متخذ القرار الضبابية صياغة رياضية و إعطاء مؤشر عن درجة رضى متخذ القرار.

الكلمات المفاتيح: البرمجة بالأهداف الضبابية؛ تخطيط المشاريع؛ زمن المشروع؛ تكلفة المشروع؛ المفاضلة بين الزمن والتكلفة.
التصنيف JEL: M19، C61

[1]- **مامو جبار**, مخبر تقييم وإستشراف السياسات الإقتصادية وإستراتجيات المؤسسات (LEPPESE), djmamou.93@gmail.com
[2]- مخبر تقييم وإستشراف السياسات الإقتصادية وإستراتجيات المؤسسات (LEPPESE), mkidiche@yahoo.fr

- **المقدمة:**

تعتبر إشكالية المفاضلة بين زمن وتكلفة المشروع، من بين أهم الإشكاليات في علم تسير المشاريع، حيث ان الهدف من حل هذه الإشكالية هي تحقيق أدني تكلفة للمشروع مع اقل زمن ممكن، حيث أنه من المعلوم كلما زادت المدة الزمنية لإنهاء المشروع كانت التكلفة أقل، وكلما انخفضت المدة الزمنية لمدة المشروع زادت التكلفة، وهذا ما يصعب من عملية متخذ القرار كون أن الهدفان متعارضين، لذلك استعملنا المفاضلة لتحقيق التوازن بين هذين الهدفين.

تعتبر البرمجة الرياضية بالأهداف أحد أهم النماذج الحديثة التي يتم بفضلها تحديد قيم مثلى في ضل أهداف متعددة ومتعارضة ، حيث طور العديد من الباحثين هذا النموذج باعتباره أداة لحل مشكل تعدد الأهداف في المشروع وتعارضها نظرا لعجز النماذج الكلاسيكية (نموذج البرمجة الخطية) في ذلك ، ضف إلى ذلك أنه في الحياة التطبيقية يواجه نموذج البرمجة بالأهداف، مشكلة غموض قرارات المسير وكيفية صياغتها رياضيا فلا يمكن على سبيل المثال التحديد بدقة المدة الزمنية المستهدفة للمشروع ، كما لا يمكن أيضا التحديد بدقة التكلفة الزمنية المستهدفة ، وهذا ما يجعل اهداف المقرر غير يقينية وضبابية.

لحل هذا المشكل قام الباحثون باستخدام نظرية المجموعات الضبابية، للتعبير عن الأهداف الضبابية كما تمكن هذه النظريات من تحويل العبارات اللغوية التي يستخدمها الخبراء في تقديراتهم إلى مقادير كمية مقاسة رياضيا. وتم على إثر ذلك تطوير نموذج البرمجة بالأهداف، لتصبح البرمجة بالأهداف الضبابية (FGP) ، والتي انتشرت بصفة كبيرة بين الباحثين ومتخذي القرار كونها تعبر بصفة أدق عن الواقع التطبيقي لمشكلة تخطيط المشاريع ، و عليه فإننا سنحاول من خلال هذه الورقة البحثية إستخدام نموذج (FGP) في حل مشكل المفاضلة بين زمن وتكلفة المشروع ، والتي تعتبر من بين المشاكل المهمة في إدارة وتسيير المشاريع خاصة في تخطيطها وجدولتها والمراد بالمفاضلة هنا هي كيفية إتمام المشروع في الوقت المثالي بالتكلفة المثالية بتعديل بعض الأنشطة الحرجة وعليه فإن هذه الورقة البحثية ستحاول الإجابة على الإشكالية الأتية : **كيف يمكن تحديد الزمن والتكلفة المثاليين للمشروع مع الأخذ بعين الإعتبار الطابع اللايقيني للأهداف.**

ولحل هذه الإشكالية يتوجب علينا عرض أبرز البحوث العلمية التي تتحدث عن المفاضلة بين الزمن والتكلفة في المشروع وفق التسلسل الزمني للبحث العلمي وعلى سبيل المثال لا الحصر نجد :

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. M., 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. M., 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 المعاير 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.

P-ISSN: 2437-0916 / E-ISSN: 2437-0916/ Legal Deposit N°6970-2015

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.

تنقسم هذه الورقة البحثية الى خمسة أجزاء الجزء الأول نعرض فيه المقدمة والجزء الثاني نمذجة المشكل رياضيا والإطار النظري للطريقة المستعملة والجزء الثالث دراسة حالة على مشروع تثبيت منصة تغليف في مصنع والجزء الخامس فيه نعرض الخاتمة وحدود الدراسة.

I-الإطار النظري للنموذج المستخدم :

I-1-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 (L.A.Zadeh, 1965) وطريقة البرمجة الضبابية التي طورها بعده (H.-J.Zimmermann, 1978) والتي تعتمد على الحل الإيجابي الأمثل PIS والحل السلبي الأمثل NIS.

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

$$S.t: Cx \leq c$$

حيث:

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

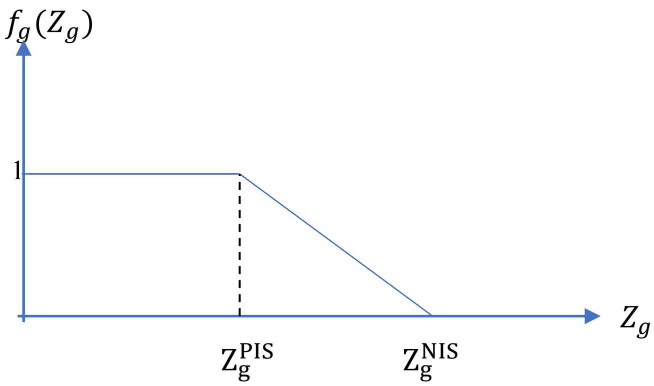
Z_g^{PIS}: عبارة عن حد أعلى لدالة الهدف.

Cx : عبارة عن قيود.

P-ISSN: 2437-0916 / E-ISSN: 2437-0916/ Legal Deposit N°6970-2015

و هذان الحلان يمثلان الحدود القصوى التي يمكن بلوغها من كل هدف و يتم عن طريقهما استنتاج دالة الانتماء الخطية التي تعبر عن درجة رضى متخذ القرار تجاه نتيجة كل هداف و الممثلة في الشكل رقم 1 و المعادلة رقم 2 وهذه الدالة تعبر عن مدي رضى متخذ القرار بالهدف حيث تتراوح درجة الرضى في المجال[0-1].

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



المصدر: من إعداد الباحثين

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 الممثلة في الشكل رقم 1 كما يلي:

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

وبعد صياغة دالة الانتماء التي تحول الهداف Z_g الى $f_g(Z_g)$ أي من الصيغة المحددة الى الصيغة الضبابية للهدف، تأتى مرحلة تحويل النموذج الخطي متعدد الأهداف الى نموذج خطي بهدف واحد وهذا بجعل الأهداف قيود وادخال المساعد L وجعله الهدف الذي يجب تعظيمه حيث من المعادلة رقم 3 يتبين

$$L = \mu_D(x) = \mu_G(x) \wedge \mu_C(x) = min(\mu_G(x), \mu_C(x)) \; \dots . (3)$$

P-ISSN: 2437-0916 / E-ISSN: 2437-0916/ Legal Deposit N°6970-2015

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

حيث يصبح النموذج كالاتي:

$$\text{Max L}$$

$$\text{S.t}: 0 \leq L \leq f_g(Z_g) \quad \forall g \qquad \ldots.(4)$$

$$Z_g$$

$$Cx \leq c$$

$$0 \leq L \leq 1$$

I–2–البرمجة بالأهداف الضبابية طريقة متوسط الاوزان :

هذه الطريقة هي ادق من الطريقة الأولى حيث انها مكملة لها، تعطي لكل هدف درجة رضى وثقل خلافا عن الطريقة الأولى التي تعتبر ان كل الأهداف ذات ثقل ودرجة رضى واحدة، فان هذه الاثقال ودرجات الرضى تحدد من طرف متخذ القرار حسب الأولوية في المشروع. فمنه نجد ان النموذج لا يتغير كثيرا عن النموذج الأول بخلاف ادخال ; $g = 1,2,3, \ldots \ldots K$ معامل الثقل لكل هدف و W_g L_g^1 ; $g = 1,2,3, \ldots \ldots K$ درجات الرضى المقبولة لكل هدف ويتحول المساعد L الى L^2 وهو درجة الرضى متخذ القرار من نتائج الأهداف ككل فيصبح النموذج بذلك كتالي:

$$Max\ L^2 = \sum_{g=1}^{k} W_g * L_g$$

$$S.t: L_g^1 \leq L_g \leq f_g(Z_g) \quad \forall g \ldots \ldots \ldots (5)$$

$$\sum_{g=1}^{k} W_g \leq 1$$

$$Z_g$$

$$Cx \leq c$$

$$0 \leq W_g \leq 1 \quad \forall g$$

$$0 \leq L_g \leq 1 \quad \forall g$$

$$0 \leq L_g^1 \leq 1 \quad \forall g$$

P-ISSN: 2437-0916 / E-ISSN: 2437-0916/ Legal Deposit N°6970-2015

II–الصياغة الرياضية لمشكلة تخطيط المشاريع :

II–1– النموذج المقترح :

في اغلب المشاريع يجد متخذ القرار نفسه امام جملة من الأهداف التي يجب تحقيقها او تحقيق جزء منها في ان واحد والتي قد لا يحددها متخذ القرار بشكل دقيق , فمثلا يريد تقليص زمن انهاء المشروع بأدنى التكاليف و بجودة عمل مثالية و موارد شحيحة في نفس الوقت , و ذلك ما يتعارض مع إمكانية البرمجة الخطية في حل نماذج متعددة الاهداف لذلك طور الباحثون نوع جديد من البرمجة وهو البرمجة بالأهداف التي تتخطى هذه العقبة بحل نماذج متعددة الأهداف و في دراستنا هذه نتطرق لهدفين ونحاول المفاضلة بينهما و هما تقليص زمن وتكلفة المشروع في أن واحد و هذان الهدفان يكونان ضبابيان.

وتبعا للنموذج المقترح من قبل الباحثين (Liang, 2010) و(Göçken, 2013) و (Ming-Feng Yang, 2013) فإنه كتالي:

دالة الهدف:

- دالة تقليص تكلفة المشروع:

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

- تقليص زمن المشروع:

$$\mathrm{Min}\, z_2 \cong E_n - E_1 \qquad \dots(6)$$

- تقليص دالة التكاليف الإضافية الناتجة عن تقليص الزمن:

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

القيود:

- قيد الزمن بين الحدث I وj:

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

- قيد الزمن المقلص في النشاط (j; i):

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

- قيد الميزانية المخصصة للمشروع:

$$z_1 \leqslant B \quad \forall i, \forall j \qquad \dots(10)$$

P-ISSN: 2437-0916 / E-ISSN: 2437-0916/ Legal Deposit N°6970-2015

- قيد الزمن الكلي للمشروع:

$$E_n \leqslant T_{nc} \quad ....(11)$$

- قيد انعدام سلبية المتغيرات:

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

جدول رقم (1): شرح متغيرات ومؤشرات النموذج

(i,j) = النشاط بين i ;j	E_i= الزمن الباكر للحدث i
g = مؤشــر لــدالات الهــدف =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 الثابتة 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 قيد من القيود 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 يثمر عن تكاليف زائدة وتقليص الزمن قد يثمر عن تكاليف ناقصة.

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

- شطر 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 وهي تكاليف مباشرة تترتب عن تقليص الزمن.
- شطر الثاني يحتوي على التكاليف غير المباشرة $[C_l + m(\quad {}_n - T_{nc})]$ وتتكون 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.

II-2- خطوات الحل:

خطوات حل النموذج المقترح تتكون من ثماني خطوات تتدرج كتالي:

الخطوة الأولى: جمع البيانات المتعلقة بالمشروع من الأنشطة مدتها وتكلفتها وطريقة تسلسلها الزمني والتكاليف الثابتة وميزانية المشروع...الخ.

الخطوة الثانية: رسم المخطط الشبكي للمشروع وتحديد المسار او المسارات الحرجة في المشروع.

الخطوة الثالثة: تحديد الأهداف والمتغيرات والقيود، ووضع نموذج خطي متعدد الأهداف.

الخطوة الرابعة: حل النموذج المتعدد الأهداف و استخلاص الحل المثالي الموجب و الحل المثالي السالب (PIS ,NIS).

الخطوة الخامسة: تحديد دالة الانتماء الخطية لكل هدف من الأهداف

الخطوة السادسة: من ثما تحويل البرنامج الخطي المتعدد الأهداف الى برنامج خطي بهدف ضبابي و حله بطريقة الحد الأدنى و الاقصى « Minimum operator method ».

الخطوة السابعة: تحديد الحدود الدني لرضى متخذ القرارات بكل هدف وثقل كل هدف بنسبة لكل الأهداف.

P-ISSN: 2437-0916 / E-ISSN: 2437-0916/ Legal Deposit N°6970-2015

الخطوة الثامنة: حل النموذج الخطي الضبابي بطريقة متوسط الاثقال حسب المعادلة رقم 5

III–دراسة حالة:

III–1– شرح البيانات وتحديد المسار الحرج CPM :

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

الزمن العادي للمشروع: $T_{nc} = 26$

التكاليف الثابتة: $C_I = 400$

التكلفة غير المباشرة المتغيرة: 10= m في اليوم.

الميزانية الكلية: $B = 2600$.

وباقي البيانات معروضة في الجدول رقم 2 في الملاحق نشرحها كتالي:

لدينا (C_{Dij} ; C_{dij}) التكاليف العادية والتكاليف بعد التخفيض و لدينا أيضا (D_{ij} ; d_{ij}) الزمن العادي و الزمن بعد التخفيض و Rj, (يوم) الزمن الممكن تخفيضه و هو عبارة عن $(D_{ij} - d_{ij})$ و E,$100 الزيادة الممكنة للتكاليف و هي عبارة عن $(C_{dij} - C_{Dij})$ و k_{ij} الزيادة الممكنة من التكاليف لكل يوم مخفض و الهدف الذي نأمل تحقيقه هو وضع مخطط لمشروع تركيب المنصة بأقل التكاليف وبأدنى مدة زمنية.

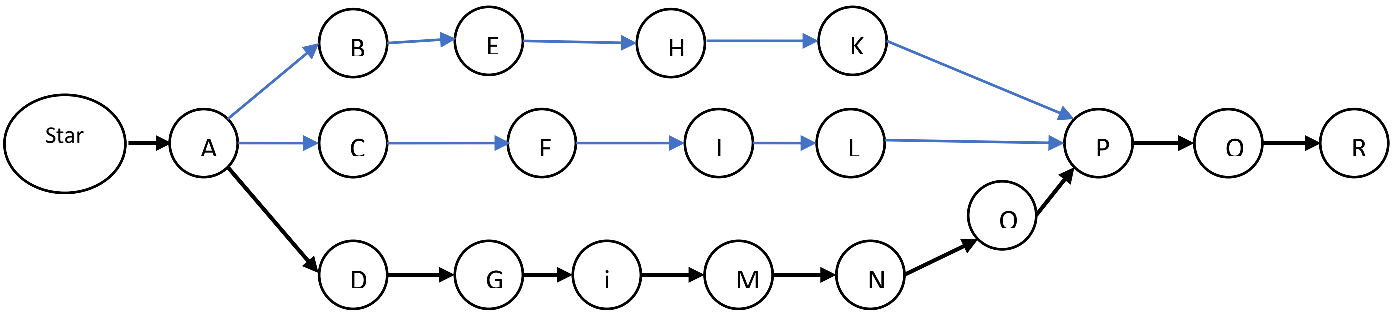
تعد المخططات الشبكية من أفضل الأدوات لتوضيح مسار المشروع برسمه على شكل شبكة تربط بين النشاطات على الأسهم AOA او الدوائر AON من اليسار الى اليمين. و في الشكل رقم 6 استعملنا التخطيط الشبكي على الدوائر AON. وتعد أيضا طريقة المسار الحرج CPM من بين أفضل الطرق لتحليل الشبكي للمشروع حيث نقسم المشروع الى مسارات وبعدها نختار المسار الحرج من بين المسارات وهو المسار الذي يحتوي على النشاطات الحرجة أي النشاطات التي تتحكم في زمن المشروع حيت يقلص الزمن بتقليصها ويمدد بتمديدها، ففي هذا المشروع يوجد ثلاث مسارات:

- Star,A,B,E,H,K,P,Q,R
- star,A,C,F,I ,L,P,Q,R
- star,A,D,G,J,M,N,O,P,Q,R

المسار الاخير هو المسار الحرج لأنه يملك المدة الأطول بين المسارات ب 26 يوم عمل ومنه يجب علينا تقليصه بأدنى التكاليف.

P-ISSN: 2437-0916 / E-ISSN: 2437-0916/ Legal Deposit N°6970-2015

الشكل رقم (2): المخطط الشبكي



المصدر: من إعداد الباحثين.

: نشاط حرج

: نشاط غير حرج

III-2- تطبيق خطوات الحل :

بعدما استخرجنا المسار الحرج الذي يجب تقليصه في المشروع، تأتي الخطوة الاولى هي برمجة المشروع برمجة خطية متعددة الأهداف باستعمال المعادلة من 5 الى 12 وبعدها نقوم باستخلاص الحل الأمثل السالب والموجب ($Z_g^{PIS}; Z_g^{NIS}$) كما هو مبين في المعادلة رقم 1. و لحل النموذج استعملنا برنامج « Lingo 19.0 » المتخصص في البرمجة الرياضية فتحصلنا على النتائج التالية:

$$(Z_1^{PIS}; Z_1^{NIS}) = (2420.95; 2380.1)$$

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

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

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

(PIS-NIS)	Lp-3	Lp-2	Lp-1	
_	Min Z3	Min Z2	Min Z1	دوال الهدف
(2420,95;2380,1)	2391,22	2420,95	2380,1*	Z1/$100
(14.5 ;26)	26	14.5*	15.5	Z2يوم /
(0 ;144.73)	0*	144.73	114.99	Z3/$100

المصدر: من إعداد الباحثين إعتمادا على نتائج **Lingo**.

وانطلقا من المعادلة رقم 2 يمكننا انشاء دالة عضوية من هذه الحلول الحدية والدالة العضوية تمثيل درجة رضى متخذ القرارات المحصورة في مجال [0-1] والتي تمثلها تمثيل ضبابي.

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

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

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

وبإدخالنا المساعد L الذي يمثل درجة الرضى الكلية بنتائج وذلك باستعمال المعادلة رقم 3 و 4 لتحويل النموذج من برمجة بالأهداف الضبابية الى برمجة خطية بهدف واحد و غايته تعظيم درجة رضى متخذ القرارات. وباستعمال برنامج « Lingo 19.0 » تكون النتائج كالاتي الحل الأمثل عند درجة الرضى $L = 0.5947$ هي $Z_1 = 2381.49$ و $Z_2 = 19.16$ و$Z_3 = 58.66$ وباقي الأنشطة تظهر في الجدول رقم 4.

الجدول رقم (4): نتائج النهائية لطريقة الحد الأدنى والأقصى.

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 إعتمادا على نتائج Lingo.

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.

وفي حالة ماذا متخذ القرارات حدد أولوية للأهداف كقيم متناسبة وحدود دنية لدرجة رضى نستخدم الطريقة الثانية وهي طريقة متوسط الاثقال وفي مشروعنا هذا حدد متخذ القرارات لكل هدف ثقل ودرجة رضى دني كالاتي: $W_1 = 0.3, W_2 = 0.6, W_3 = 0.1$ $L_1 = 0.6, L_2 = 0.8, L_3 = 0.3$.

P-ISSN: 2437-0916 / E-ISSN: 2437-0916/ Legal Deposit N°6970-2015

وبتطبيق هذه الاثقال و درجات الرضى في المعادلة رقم 5 وبالاستعانة ببرنامج « Lingo 19.0» نحصل على هذه النتائج: الحل الأمثل يكون عند درجة الرضى المثلى $L = 0.74$ هي كالاتي:

$Z_3 = 101.31$ و $Z_2 = 16.20$ و $Z_1 = 2394.50$ و $L_3 = 0.3$ و $L_2 = 0.85$ و $L_1 = 0.65$
وباقي الأنشطة تظهر في الجدول رقم 5.

الجدول رقم (5): جدول النتائج النهائية لطريقة متوسط الاثقال.

الحدث	i	j	النشاط	النشاط السابق	Kij	Yij	$Tij(Z_2)$	$Kij*Yij(Z_3)$
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	1,50	2,66	20,24
E10	10	7	J	G	25,38	–	1,50	–
E13	13	10	M	J	14,97	1,80	4,00	26,99
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 إعتمادا على نتائج Lingo.

و من الجدول رقم 5 نلاحظ ان النشاط A قلصنا منه 1 يوم بتكلفة 2.23 و D قلصنا منه 2 يوم بتكلفة 18.58 و G قلصنا منه 1.5 يوم بتكلفة 20.24 و M قلصنا منه 1.8 يوم بتكلفة 26.99 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,Q,R فلم تقلص.

وبمقارنة نتائج الطريقة الأولى والثانية من جهة زمن وتكلفة الأنشطة نلاحظ ان النشاط M قلصناه ب 1.8 يوم بتكلفة 26.99 بينما في الطريقة الاولى لم يقلص وفي G قلصناه ب 1.5 يوم بتكلفة 20.24 مقارنتا ب 0.34 يوم وبتكلفة 4.59 في الطريقة الاولى.

وبمقارنة نتائج الطريقة الأولى والثانية من جهة درجة الرضى نلاحظ بان درجة رضى متخذ القرارات كانت 0.5947 في الطريقة الأولى فأصبحت 0.74 في الطريقة الثانية وهذا ما يفسر ان متخذ القرارات أصبح لديه نتائج جد مرضية على حسب تطلعاته، وان الطريقة الثانية أكثر واقعية لأنها تمثل وقائع الحياة التطبيقية حيث انه قَلَّ ما يكون للأهداف المتعددة نفس الاثقال ونفس درجة الرضى عند تحقيقها وبهذا فان الطريقة الثانية استطاعة التعبير عن هذه الحقيقة التطبيقية بجعل لكل هدف ثقل ودرجة رضى دنيا.

P-ISSN: 2437-0916 / E-ISSN: 2437-0916/ Legal Deposit N°6970-2015

الخاتمة:

المفاضلة بين الزمن والتكلفة في تخطيط المشاريع من بين اهم الاشكاليات التي تحظى باهتمام متخذ القرار لكونها تفاضل بين متغيرين متباينين الواحد يسير بعكس اتجاه الاخر بالإضافة لكونها تقع في بيئة يشوبها الغموض وعدم يقينية الظروف التي تحيط بالمشروع من عوامل طبيعية ومرونة القوانين وتغيُر أسعار السوق والمواد الأولية فمنه لا يمكن لمتخذ القرار وضع قِيم محددة ودقيقة لهذين المتغيرين ، لذلك في هذه الورقة قمنا بدراسة الطابع الضبابي لهذه الإشكالية 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 المسبَبَة من تقليص الزمن بتحويله الى برمجة بالأهداف الضبابية , حيث قمنا بتطبيق البرمجة بالأهداف الضبابية بطريقتين الأولى بعدم التفرقة بين الأهداف أي نعتبرها متساوية الأهمية و الثانية مع مراعات اختلاف أهمية الاهداف و طبقناه على مشروع تثبيت وتركيب منصة تغليف. تحصلنا من دراستنا هذه على وقت و تكلفة مثاليين بنسبة لمتخذ القرار الذي وصلت درجة رضاه الى 73% و بمقارنة نتائج الطريقة الأولى و الثانية يتبين لنا جليا مدى واقعية الطريقة الثانية التي تعطي متخذ القرار إمكانية التفرقة بين الأهداف مقارنتًا بطريقة الأولى وذلك من درجة رضى متخذ القرار.

تكمن حدود الدراسة في ان النتائج التي توصلنا اليها تدرس الطابع الضبابي للأهداف بينما هناك أيضا جانب ضبابي في تقدير زمن الأنشطة وتكلفتها.

الملاحق:

الجدول رقم (2) : بيانات المشروع الخاصة بكل نشاط.

النشاط	النشاط السابق	D_{ij}(يوم)	d_{ij},(يوم)	C_{Dij} , $100	C_{dij},$100	Rj, (يوم)	E, $100	k_{ij}, $100/(يوم)
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

المصدر: مقتبسة من المقال (J. Kim, 2012).

P-ISSN: 2437-0916 / E-ISSN: 2437-0916/ Legal Deposit N°6970-2015

المراجع:

1. 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 ،

2. 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 ،

3. 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 ،

4. 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 ،

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

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

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

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

9. L.A.Zadeh .(1965) .Fuzzy sets .Information and Control.353-338 ،

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

11. Tien-Fu Liang .(2010) .Applying fuzzy goal programming to project management decisions with multiple goals in uncertain environments .Expert Systems with Applications.8507-8499 ،

12. Tolunay Göçken .(2013) .Solution of fuzzy multi-objective project crashing problem .Neural Computing and Applications.2175-2167 ،

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

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

15. 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

 P-ISSN: 2437-0916 / E-ISSN: 2437-0916/ Legal Deposit N°6970-2015