# تطبيق نظرية المجموعات الضبابية في تخطيط المشاريع

# Applications of Fuzzy Sets in the Plannification of Projects

**د: زميت فؤاد Zemmit Fouad**

**[1] جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج، fouad.zemmit@univ-bba.dz**

**تاريخ الاستلام: 03 /2021/03 تاريخ القبول:05 /2021/05 تاريخ النشر: 08 /2021/06**

**ملخص:** تعتبر مشكلة الضبابية في إنجاز مشاريع البناء من أكثر المشاكل التي ينبغي وضع حلول لها، من أجل الوصول إلى مشروع ناجح و متكامل و بالمواصفات القياسية المطلوبة. و يتحقق ذلك من خلال التزام الجهة المنفذة للمشروع بالوقت المخطط له للإنجاز، و كذا الاستغلال الأمثل للموارد المتاحة. و لما كانت هذه المشكلة ناتجة عن توفر معلومات و بيانات مبهمة أو غير كاملة فيما يخص الزمن أو تكلفة إنجاز المشروع، كان من الضروري إيجاد طريقة واقعية و عملية لمعالجة هذه المشكلة تمثلت في تطبيق مفهوم نظرية المجموعات الضبابية المعتمدة من قبل العالم لطفي زادة.

**كلمات مفتاحية:** التخطيط، المنطق الضبابي، المجموعات الضبابية.

**تصنيف JEL : p11, o22,c44, c13, c02.**

**Abstract:** The fogginess problem in the completion of construction projects is one of the most important problems that must be resolved, in order to reach a successful and integrated project with the required standard specifications. This is achieved through commitment from the project executing party to the planned time for accomplishion, as well as the best utilization of the available resources. Since this problem was a result of the availability of ambiguous or incomplete information and data regarding time or cost of project accomplishing, it was necessary to find a realistic and practical way to address this problem, which was the application of the concept of the fuzzy set Theory adopted by the scientist Lotfi Aliasker Zadeh.

**Keywords:** Plannification; Fuzzy Logic; Fuzzy Set Theory.

**Jel Classification Codes :** c02, .p11, c13, c44, o22, p11.

**Résumé:** Le problème de fogginess dans la réalisation des projets de construction est l'un des plus importants problèmes qui doivent être résolus, afin d'arriver à un projet réussi et intégré aux spécifications standard requises.Cet objectif est atteint grâce à l'engagement de l'agence d'exécution du projet au moment prévu pour l'achèvement, ainsi qu'à l'utilisation optimale des ressources disponibles.Étant donné que ce problème résultait de la disponibilité d'informations et de données ambiguës ou incomplètes concernant le temps ou le coût de réalisation du projet, il était nécessaire de trouver un moyen réaliste et pratique de résoudre ce problème, qui était l'application du concept de l'ensemble flou. Théorie adoptée par le scientifique Lotfi Aliasker Zadeh.

**Mots clés**: planification; Logique floue; Théorie des ensembles flous.

**Codes de classification Jel**: c02, .p11, c13, c44, o22, p11.

المؤلف المرسل: زميت فؤاد ، الإيميل: fouad.zemmit@univ-bba.dz

## 1. مقدمة:

إن أي مشروع هو عبارة عن مجموعة كبيرة من الأعمال الصغيرة أو الأنشطة المرتبطة ببعضها بصورة ما، وبعض هذه الأعمال الجزئية يجب أن يسبق البعض الآخر فمثلا أساس المبنى يجب أن يتم قبل الهيكل كما أن بناء الهيكل يجب أن يسبق وضع السقف، وتخطيط المشروع يعني جدولة هذه الأنشطة بطريقة تؤدى إلى تنفيذها بأقل التكاليف وبأقل تأخير ممكن وبدون حدوث تداخل بينها. وحتى أعوام مضت كانت مخططات جانت الوسيلة المعتادة لتخطيط المشروعات الكبيرة جدا أو المعقدة، ففي مثل هذه الأحوال لا يقدم مخطط جانت سوى نظرة عامة للخطة ومدى تقدمها فهو غير قادر على أن يظهر بوضوح

تفاصيل العلاقات المختلفة الموجودة بين أنشطة الخطة، ولهذا السبب فمنذ عام 1957 طورت عدة طرق للمخططات الشبكية حيث تستخدم هذه الطرق للتخطيط و السيطرة على مختلف المشروعات الضخمة سواء العامة أو الخاصة، ومن هذه الطرق طريقة المسار الحرج CPM، وهي تصلح لحد ما للمشروعات التي يتم فيها تحديد أزمنة الأنشطة المختلفة بصورة دقيقة، أما الطريقة الأخرى فهي طريقة PERT وتعني: "أسلوب متابعة وتقويم البرامج" حيث تعتبر أفضل الطرق المعروفة من بين طرق المخططات الشبكية، ولقد تم تطوير هذه الطريقة وهذا من خلال تقدير مؤشرات التوزيع الاحتمالي باستخدام نظرية المجموعات الضبابية والتي تقوم بدراسة تأثير العوامل النوعية (ظروف مناخية، خبرة يد عاملة،...) على أنشطة المشروع، هذه الأخيرة هي محور بحثنا حيث أن الكثير من مشاريع البناء في الواقع يتم انجازها في بيئات مستقرة وواضحة ولكن هناك حالات لا يمكن خلالها انجاز مشاريع البناء بصوره مثالية خاصة في ظل بيئة ضبابية وغير مؤكدة حيث تكون البيانات والمعلومات الخاصة بالمشروع غير دقيقة وتعاني من الغموض من ناحية الفترات الزمنية أو التكاليف وبهذا يمكن تحديد إشكالية الدراسة كما يلي:

- ✓ هل تؤثر العوامل النوعية في زمن انجاز المشروع؟.

ومن خلال هذه الإشكالية يمكن طرح التساؤلات التالية:

- ✓ ما هو المقصود بالعوامل النوعية المؤثرة في زمن الأنشطة.
- ✓ هل هناك فروق زمنية بين الوقت المقدر باستخدام الشبكة الضبابية والوقت الفعلي.

وللإجابة علة هذه التساؤلات تم طرح الفرضيات التالية:

- ✓ العوامل النوعية المؤثرة في زمن الأنشطة هي العوامل التي تؤثر في زمن المشروع بشكل مباشر ككفاءة اليد العاملة، الأحوال الجوية المصاحبة لانجاز المشروع، نوعية الآلات المستخدمة في المشروع ومدى تطورها ....الخ
- ✓ توجد فروق زمنية بين الوقت المقدر باستخدام الشبكة الضبابية والوقت الفعلي.

ولدراسة هذا الموضوع قمنا بتقسيم دراستنا إلى محورين:

- ✓ المحور الأول: نظرية المجموعات الضبابية والتخطيط الشبكي.
- ✓ المحور الثاني: دراسة تطبيقية على مشروع انجاز قاعة علاج.

## 2. المحور الأول: نظرية المجموعات الضبابية والتخطيط الشبكي

### 1.2 نبذة عن تقنيات إدارة المشاريع:

إن التخطيط الشبكي يساعد منفذي المشروعات على علاج مشكلات عدة، كا التأخير في عملية انجاز أنشطة المشروعات نتيجة عدم تسيير الزمن الخاص المشروع بشكل علمي، وكذلك معالجة العراقيل المتعلقة بندرة الموارد من خلال تبيان الأنشطة الحرجة وتوجيه اليد العاملة نحوها بغرض انجازها في زمنها المحدد، ويمكن القيام بهذا من خلال إعداد الكثير من النماذج، كمخطط قانت والذي يعتبر من التقنيات الأولى والتي تم استعمالها في تسيير المشاريع، ولكن محدودية هذا المخطط في تفصيل أنشطة المشروع، وتبيان العلاقات المنطقية بينها، أدى إلى ظهور نماذج جديدة تتماشى وهذه التغيرات وتتمثل في كل من تقنيات CPM وPERT.

تقنيات CPM وPERT، سمحت في إعطاء نظرة عامة للمشروع وأنشطته المختلفة وبالتالي أصبح استخدامهما جد واسع، ولكن هذه النماذج لم تعالج عدم التأكد المرافق للأزمنة المتعلقة بالمشروع، رغم أن بيرت يعتمد على معلومات ذات طبيعة احتمالية، إلا أن الزمن اللازم لانجاز النشاط يبقى غير معلوم، وهذا نظرا لإهمال العوامل النوعية والمؤثرة في عامل الزمن (خبرة ومهارة اليد العملة، الظروف الجوية.....)، وإضافة إلى ذلك تفترض أن أنشطة المشروع محددة بدقة وسوف تنجز تماما،

وكذلك هي لا تسمح بوجود أسهم معكوسة الاتجاه، كل هذه المشاكل أدت إلى ظهور نماذج جديدة أخرى تحاول القضاء على هذه الصعوبات، وتتمثل أساسا في تقنية GERT.

وضعت تقنية GERT للقضاء على القصور المتعلق بإلزامية انجاز النشاط، حيث ترى هذه التقنية أن النشاط يمكن أن انجازه، كما لا يمكن انجازه ، بالإضافة إلى هذا سمحت هذه التقنية بعملية عكس اتجاه الأسهم المتعلقة بالأنشطة لان في بعض المشاريع وخاصة الإنتاجية منها، تتطلب إعادة انجاز نشاط ما فيمثل بحلقة على شبكة العمل، ولقد سمحت هذه التقنية أيضا بإجراء محاكاة للمشاريع وذلك نظرا للطبيعة الاحتمالية لهذه الشبكة، وبالتالي إجراء التجارب قبل بداية المشروع من أجل الحصول على نتائج يمكن تطبيقها على المشروع الأصلي، لكن لم تعالج هذه التقنية أيضا المشكل المتعلق بتقديرات الزمن والعوامل النوعية المؤثرة فيه.

أدى القصور في طريقة GERT إلى ظهور تقنية تستخدم نظرية المجموعات الضبابية، والتي هي موضوع دراستنا حيث قدمت هذه التقنية برنامج زمني يعتمد عليه في تنفيذ المشروعات، ويمكن من خلاله تحديد زمن ضبابي، وتكون المسارات في هذه التقنية واضحة وعلاقات الأسبقية معروفة، ولكن أنشطتها غير واضحة، مما يجعل زمن انجازها غير واضح وضبابي، لهذا خصصت درجات انتماء لمتغير الزمن لتأخذ قيما متناقصة من الواحد إلى الصفر بشكل يتحول معه الزمن من عنصر ينتمي إلى المجموعة، إلى عنصر لا ينتمي إلى المجموعة. ومنه القضاء على جميع العوامل النوعية المؤثرة في تقدير الزمن الخاص بكل نشاط.

### 2.2 مدخل إلى المجموعات الضبابية:

تُعَّرف المجموعة الضبابية على أنها (المجموعة الضبابية هي أصناف من العناصر مع درجة انتماء مستمر وأن هذه المجموعة ميزت بداله الانتماء (المميزة) التي خصصت لكل عنصر درجة انتماء مداه بين الصفر والواحد). (Klir و Yuan، 1995، صفحة 58) أي عندما يأخذ العنصر درجة انتماء واحد (1) فهذا يعني أن العنصر ينتمي تماما إلى المجموعة الضبابية، وعندما تكون درجة الانتماء صفر(0) فهذا يعني أن العنصر لا ينتمي إطلاقاً إلى المجموعة الضبابية، أما باقي الدرجات فهي تنحصر بين الصفر والواحد، فإذا كانت درجة الانتماء(0.5) فهذا يعني أن العنصر ينتمي بنسبة (0.5) إلى المجموعة الضبابية ولا ينتمي إلى المجموعة بنفس النسبة ويطلق على هذا العنصر بنقطة التوازن، أما إذا كانت درجة الانتماء (0.9) فهذا يعني أن العنصر ينتمي إلى المجموعة الضبابية بنسبة (0.9) ولا ينتمي إليها بنسبة (0.1)، (Klir و Yuan، 1995، صفحة 59) وتكتب المجموعة الضبابية A بالشكل التالي (KOSKO، 1997، صفحة 9):

$$A = \{x_1 | u_{a(x_1)}, x_2 | u_{a(x_2)}, x_{31} | u_{a(x_3)}, \dots\dots\dots x_n | u_{a(x_n)}, \}$$

$x_i$: عناصر المجموعة الضبابية A و i=1, 2, 3, .....n.

$u_{a(x_i)}$ : متغير عشوائي يبين درجة انتماء xi إلى المجموعة A، ويكون $u_{a(x_i)} \in [0,1]$.

يكون المتغير العشوائي X متغيرا عشوائيا متقطعا أو مستمرا، فإذا كان متغيرا عشوائيا متقطعا فإن درجات الانتماء للعناصر $x_i$ إلى المجموعة الضبابية A هي متغير عشوائي متقطع أيضا، وعندئذ توصف A بأنها مجموعة ضبابية منقطعة، أما إذا كان المتغير X متغيرا مستمرا فإن درجات الانتماء تمثل بتابع يعرف باسم تابع الانتماء المستمر للمجموعة الضبابية، حيث يأخذ تابع الانتماء الممثل للأرقام الضبابية أشكالا مختلفة، وتعد الأرقام الضبابية الممثلة بمنحنى انتماء بشكل شبه منحرف أو مثلث من أهم التقريبات الخطية لها، وتنتشر هذه الأخيرة بشكل كبير في تمثيل الأزمنة الخاصة بأنشطة المشروع (SOU-SEN & others, 2001, p. 49)، حيث يمثل الرقم الضبابي بمنحنى انتماء بشكل شبه منحرف برباعي (a, b, c, d) حيث:

a: الحد الأدنى للمجال الممثل لتابع الأيسر.

b: الحد الأدنى للمجال الممثل لنواة التابع.

c: الحد الأعلى للمجال الممثل لنواة التابع.

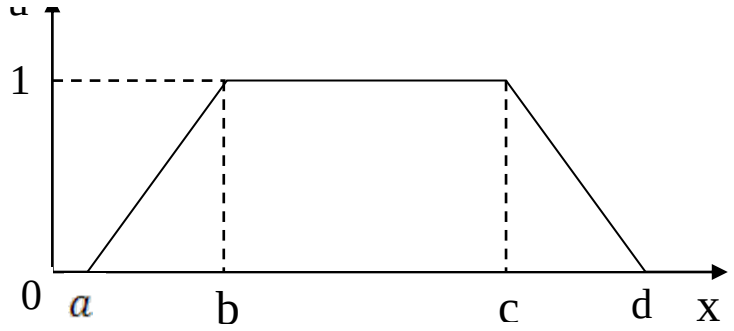
d: الحد الأعلى للمجال الممثل لتابع الأيمن.

نفترض X متغيرا عشوائيا يدل على وجود قيمة ما بين a وd، يعرف تابع الانتماء له كما يلي (GEORGE & MARIA, 2007, p. 24):

$$u_x = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & a < x < b \\ 1 & b < x < c \\ \frac{x-d}{c-d} & c<x<d \\ 0 & other\ wise \end{cases}$$

تعبر مقادير الانتشار اليساري والانتشار اليميني والمستوى المتوسط عن درجة عدم التأكد لكل رقم ضبابي ممثل بمنحنى انتماء بشكل شبه منحرف، والموضح بيانيا في الشكل الموالي:

**الشكل رقم01: رقم ضبابي ممثل بمنحنى انتماء بشكل شبه منحرف**

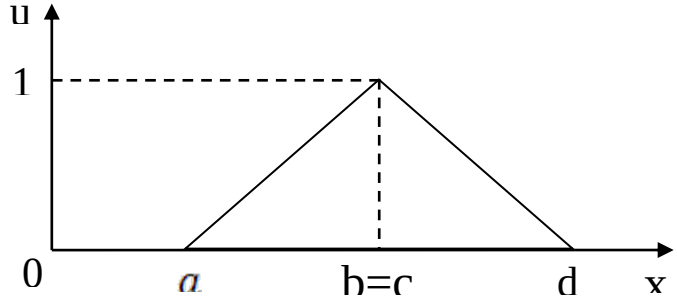



**Source : GEORGE BOJADZIEV AND MARIA BOJADZIEV, op-cit ,p25.**

أما الرقم الضبابي الممثل بمنحنى انتماء بشكل مثلث فهو حالة خاصة من حالة شبه المنحرف، حيث b=c، فيصبح تابع الانتماء لx الموضح بيانيا في الشكل رقم 19 يأخذ الصيغة التالية (GEORGE و MARIA، 2007، صفحة 22):

$$u_x = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & a < x < b \\ 1 & b = x = c \\ \frac{x-d}{c-d} & c<x<d \\ 0 & other\ wise \end{cases}$$

**الشكل رقم02: رقم ضبابي ممثل بمنحنى انتماء بشكل مثلث**




***Source* : Idem.**

### 2.3 شبكة بيرت ونظرية المجموعات الضبابية:

في تقنية بيرت العادية يتم تحديد المدة الزمنية التي يستغرقها النشاط عن طريق تحديد العلاقة بين الزمن المتوسط والزمن المتفائل والزمن المتشائم، وتتم عملية تحديد هذه الازمنة عن طريق الخبرة في المجال أو بالاستعانة ببيانات مشاريع مماثلة، لكن غالبا ما تكون هذه البيانات غير شاملة ولا تحوي جميع المتغيرات المؤثرة في زمن انجاز المشروع، سواء كانت هذه المتغيرات وصفية ( تقريبا، حوالي، أكثر، ...) أو كمية، لهذا تم استخدام نظرية المجموعات الضبابية لمعالجة هذه المشكلة والحصول على تقديرات دقيقة لمتغير الزمن من خلال تعديل قيم مؤشرات التوزيعات الاحتمالية التي تخضع لها أزمنة أنشطة المشروع بالنظر إلى العوامل الوصفية المذكورة سابقا، حيث يقود ذلك إلى تقديرات ذات ثقة جيدة وحسابات دقيقة ونتائج تحليل أقرب ما تكون إلى الواقع والظروف التي ستحيط بعملية الانجاز.

إن عملية تقدير مؤشرات التوزيع الاحتمالي $(\overline{D}_i, \sigma_i)$ يستلزم إتباع الخطوات التالية (محمد و آخرون، 1999، صفحة 210):

أ. تحديد الأنشطة وعلاقات الأسبقية بينهما لإعداد المخطط الشبكي الذي يوضح هذه العلاقات.

ب. بتقدير المؤشرات a, b, m لكل نشاط من الأنشطة في المشروع.

ج. تحديد العوامل النوعية المؤثرة في مدة تنفيذ كل نشاط من الأنشطة في المشروع، ونصنف كل عامل من العوامل النوعية في حالات معينة، ونحدد تواتر حدوث كل حالة من الحالات السابقة وتأثيرها السلبي في مدة تنفيذ النشاط وذلك باستخدام تعابير لغوية، حيث تعدF توتر الحدوث لمجموعة سلبية وC التأثير السلبي لمجموعة شاملة أيضا وd المدة الزمنية التي تعد مجموعة ضبابية منقطعة.

د. نحول التعابير اللغوية السابقة إلى مجموعات ضبابية باستخدام المجموعات الضبابية التالية التي تعد من أشهر المجموعات استخداما:

| التعبير اللغوي | المجموعة الضبابية المعبرة عنها |
|---|---|
| كبير جدا | $\{0.8/0.25\,,0.9/0.8\,,1/1\}$ |
| كبير | $\{0.8/0.5\,,0.9/0.9\,,1/1\}$ |
| وسط | $\{0.3/0.2\,,0.4/0.8\,,0.5/1\,,0.6/0.8\,,0.7/0.2\}$ |
| صغير | $\{0/1\,,0.1/0.9\,,0.2/0.5\}$ |
| صغير نوعا ما | $\{0/1\,,0.1/0.88\,,0.2/0.42\}$ |
| صغير جدا | $\{0/1\,,0.1/0.81\,,0.2/0.25\}$ |
| **المصدر**: (محمد و آخرون، 1999، صفحة 210) | |

هـ. نحسب الجداء الديكارتي الذي يطلق عليه العلاقة الضبابية بين كل مجموعتين ضبابيتين جزئيتين، الأولى جزئية من المجموعة الشاملة F لتواتر حدوث حالة معينة، والثانية جزئية من المجموعة الشاملة للتأثير السلبي C لتلك الحالة في زمن تنفيذ النشاط وكتابة ذلك بالشكل المصفوفي.

و. بعد الحصول على العلاقات الضبابية جميعها وللحالات والمتغيرات النوعية كافة نقوم بإيجاد التأثيرات الإجمالية لتلك العوامل النوعية المؤثرة في زمن تنفيذ النشاط، وذلك من خلال اتحاد العلاقات الضبابية المحددة بعضها مع بعض، حيث تتم عملية الاتحاد بإيجاد الاجتماع لتلك العلاقات باستخدام المعادلات على المجموعات الضبابية، وبهذا نحصل على العلاقة T والتي تحتوي جميع أجزاء المجال $[0,1]$، ثم نوجد العلاقات الضبابية الغامضة بين النتائج السلبية للتأثيرات في

زمن تنفيذ النشاط وبين الزمن المعبر عنهما بتعابير لغوية حولت إلى مجموعات ضبابية، حيث عناصر المجموعات الضبابية الممثلة للزمن هي a, b, m.

**ز.** إيجاد العلاقات الضبابية الناتجة في الخطوة السابقة باستخدام علاقة الاتحاد للمجموعة الضبابية، فنحصل على العلاقة الضبابية R التي تحتوي على جميع أجزاء المجال $[0,1]$.

**ح.** أصبح لدينا R علاقة ضبابية بين F وC وكذلك T علاقة ضبابية بين C وD، فالعلاقة الضبابية بين F وD نحصل عليها من خلال التركيب الضبابي بين T وR.

**ط.** لاختيار المجموعة الجزئية الضبابية لمدة تنفيذ النشاط آخذين بعين الاعتبار تأثير العوامل كافة نقوم بحساب جداء مجموع عناصر كل سطر في المصفوفة TOR بالتكرار المقابل له (أي بتواتر الحدوث المقابل له)، فتكون درجات الانتماء لعناصر المجموعة الضبابية التي تمثل مدة تنفيذ النشاط هي المقابلة لأكبر قيمة من قيم الجداء السابق أي:

$$\sum_{j=1}^{n} TOR_{1j} \times F_1$$
$$\sum_{j=1}^{n} \mathrm{TOR}_{2j} \times \mathrm{F}_2$$
$$\vdots$$
$$\sum_{j=1}^{n} \mathrm{TOR}_{nj} \times \mathrm{F}_n$$
$$\mathrm{U}_{x_i} = \mathrm{MAX}_i \sum_{j=1}^{n} \mathrm{TOR}_{ij} \times \mathrm{F}_i$$

**ي.** حساب مؤشرات التوزيع الاحتمالي لزمن النشاط بناء على تلك المجموعة الضبابية التي تم الحصول عليها من خلال حساب الاحتمال لأن يكون زمن النشاط مساويا لكل عنصر من عناصر هذه المجموعة كما يلي:

| |
|---|
| $P(D = x_1) = \mathrm{U}_{x_1} / \sum_{i=1}^{n} \mathrm{U}_{x_i}$ |
| $\vdots$ |
| $P(D = x_n = \mathrm{U}_{x_n} / \sum_{i=1}^{n} \mathrm{U}_{x_i}$ |

فنحصل على التوزيع التالي:

| $X_i$ | $X_1$ | $X_2$ | ..... | $X_n$ | $\sum$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $\mathrm{U}(x_i)$ | $\mathrm{U}(x_1)$ | $\mathrm{U}(x_2)$ | ..... | $\mathrm{U}(x_n)$ | / |
| $P(x_i)$ | $P(x_1)$ | $P(x_2)$ | ..... | $P(x_n)$ | 1 |

**ك.** نحسب مؤشرات التوزيع الاحتمالي السابق باستخدام العلاقات التالية:

- $\overline{D} = \sum_{i=1}^{n} \mathrm{x_i} * \mathrm{p(x_i)}$
- $\sigma^2 = \sum_{i=1}^{n} \mathrm{x_i}^2 * \mathrm{p(x_i)} - (\overline{D})^2$
- $\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \mathrm{x_i}^2 * \mathrm{p(x_i)} - (\overline{D})^2}$

تستخدم القيم الجديدة $(\overline{\mathbf{D}}_\mathbf{i}, \boldsymbol{\sigma}_\mathbf{i})$ والتي تم الحصول عليها نم خلال تطبيق الخطوات السابقة على كل نشاط من أنشطة المشروع في تحليل شبكة بيرت زمنيا وإعداد خطة للمشروع كما هو الحال في شبكة بيرت التقليدية، حيث نحدد المسار الحرج ونقدر الزمن اللازم لانجاز المشروع.

## 3. المحور الثاني: دراسة تطبيقية على مشروع انجاز قاعة علاج بلدية برج بوعريريج

### 1.3 التعريف بالمشروع محل الدراسة

يعتبر مشروع انجاز قاعة علاج ببلدية برج بوعريريج مشروعا مهما استفادت منه البلدية في إطار برنامج المخطط القطاعي للتنمية ***(PSD)***، حيث أن هذا المشروع له أهمية كبيرة سواء للبلدية بشكل خاص، أو للولاية بشكل عام، وذلك في اطار عملية تقريب الادارة من المواطن، وايضا تخفيف الضغط على مستوى قاعات العلاج المجاورة داخل البلدية، ويحتوي المشروع على العمليات التالية:

- الأشغال الكبرى + الإمساكية.
- النجارة الخشبية والمعدنية.
- الترصيص الصحي.
- الكهرباء.
- الدهن و الزجاج.
- التهيئة الخارجية.

أما الأشغال بالتفصيل فهي مبينة في الملحق رقم 01، وفق رموز تم وضعها بالاستعانة بمصلحة العمليات التقنية ولقد كانت مدة الانجاز المقترحة مقاولة الانجاز هي 15 شهر.

### 2.3 العوامل المؤثرة على أنشطة المشروع

من أجل تحليل المشروع زمنيا وفق طريقة تقديرات النظرية الضبابية لمؤشرات التوزيع الاحتمالي نقوم بتحديد العوامل النوعية المؤثرة على زمن انجاز كل نشاط من أنشطة المشروع وحالات هذه العوامل وتوتر حدوثها كل حالة وتأثيرها السلبي والملحق رقم 01 يبين لنا ذلك:

من خلال استفسارنا لدى المصالح التقنية ومكتب الدراسات الملكف بالمتابعة وكذلك مقاولة الانجاز، وجدنا هناك عاملين أساسيين يؤثران كثيرا في زمن انجاز المشروع وهي الخبرة لدى اليد العاملة والأحوال الجوية والتي تلعب دورا مهما في انجاز مشاريع البناء.

أما العلاقات الضبابية بين نتائج التأثير السلبي للعوامل النوعية والمدة الزمنية فهي كما يلي (محمد و آخرون، 1999):

| المدة الزمنية | نتائج التأثير السلبي C | التعبير اللغوي المستخدم |
|---|---|---|
| متوسطة | كبيرة | $D = \{a/0, m/1, b/0.2\}$ |
| صغيرة | متوسطة | $D = \{a/1, m/0.5, b/0\}$ |
| صغيرة جدا | صغيرة | $D = \{a/1, m/0.2, b/0\}$ |

### 3.3 تقدير زمن المشروع محل الدراسة

من أجل توضيح كيفية تقدير زمن كل نشاط حسب الطريقة الضبابية سنأخذ النشاط $S_1$ والذي تعتبر فيه الأحوال الجوية أهم العوامل النوعية المؤثرة فيه، ونقوم بحساب الزمن الضبابي له. وهذا بإتباع الخطوات المذكورة سابقا في الجزء النظري

أ. تحويل التعابير السابقة إلى مجموعات ضبابية وإيجاد العلاقة بينها:

باستخدام المعطيات في الملحق رقم 01 واستخدام العلاقات الرياضية الخاصة بحساب المصفوفات نجد:

| | $C_1$ صغيرة جدا | | $C_1 * F_1$ |
|---|---|---|---|
| 0.2 | 0.1 | 0 | |
| 0.25 | 0.81 | 1 | 0 |
| 0.25 | 0.81 | 0.9 | 0.1 صغير $F_1$ |
| 0.25 | 0.5 | 0.5 | 0.2 |

| | $C_1$ صغيرة | | $C_1 * F_1$ |
|---|---|---|---|
| 0.2 | 0.1 | 0 | |
| 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 |
| 0.5 | 0.8 | 0.8 | 0.4 |
| 0.5 | 0.9 | 1 | 0.5 متوسط $F_1$ |
| 0.5 | 0.8 | 0.8 | 0.6 |
| 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.7 |

| | $C_1$ كبير جدا | | $C_1 * F_1$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.9 | 0.8 | |
| 0.5 | 0.5 | 0.25 | 0.8 |
| 0.9 | 0.8 | 0.25 | 0.9 كبير $F_1$ |
| 1 | 0.8 | 0.25 | 1 |

**ب.** حساب $\mathbf{T}$ حيث: $\boldsymbol{T = (C_1 \times F_1) \cup (C_2 \times F_2) \cup (C_3 \times F_3)}$

نقوم في هذه المرحلة بحساب الجداء الديكارتي والذي يمثل عملية الاتحاد للمصفوفات السابقة

| T | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0.81 | 0.25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.1 | 0.9 | 0.81 | 0.25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.2 | 0.5 | 0.5 | 0.25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.4 | 0.8 | 0.8 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.5 | 1 | 0.9 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.7 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.5 |
| 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.25 | 0.8 | 0.9 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.25 | 0.8 | 1 |

**ج.** تحويل التعابير الخاصة بالزمن إلى مجموعات ضبابية وإيجاد العلاقة بينها:

| $R_1$ | | $D_1$ متوسط | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 26 | 30 | 40 |
| 0.8 | | 0 | 0.5 | 0.2 |
| 0.9 | $C_1$ كبير | 0 | 0.9 | 0.2 |
| 1 | | 0 | 1 | 0.2 |

| $R_2$ | $D_2$ صغير |
|---|---|

| | | 26 | 30 | 40 |
|---|---|---|---|---|
| | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0 |
| | 0.4 | 0.8 | 0.5 | 0 |
| $C_2$ متوسط | 0.5 | 1 | 0.5 | 0 |
| | 0.6 | 0.8 | 0.5 | 0 |
| | 0.7 | 0.2 | 0.2 | 0 |

| $R_3$ | | $D_3$ صغير جدا | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 26 | 30 | 40 |
| | 0 | 1 | 0.1 | 0 |
| $C_3$ صغير | 0.1 | 0.9 | 0.1 | 0 |
| | 0.2 | 0.5 | 0.1 | 0 |

د. حساب $\mathbf{T}$ حيث: $\boldsymbol{T = (R_1) \cup (R_2) \cup (R_3)}$

| $R_2$ | | $D_2$ صغير | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 26 | 30 | 40 |
| | 0 | 1 | 0.1 | 0 |
| | 0.1 | 0.9 | 0.1 | 0 |
| | 0.2 | 0.5 | 0.1 | 0 |
| | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0 |
| | 0.4 | 0.8 | 0.5 | 0 |
| $C_2$ متوسط | 0.5 | 1 | 0.5 | 0 |
| | 0.6 | 0.8 | 0.5 | 0 |
| | 0.7 | 0.2 | 0.2 | 0 |
| | 0.8 | 0 | 0.5 | 0.2 |
| | 0.9 | 0 | 0.9 | 0.2 |
| | 1 | 0 | 1 | 0.2 |

هـ. إيجاد المجموعة الضبابية لزمن النشاط:

| T | | D | | | $\sum TOR_{ij}$ | $\sum TOR_{ij} \times F_i$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 26 | 30 | 40 | | |
| | 0 | 1 | 0.1 | 0 | 1.1 | 0 |
| | 0.1 | 0.9 | 0.1 | 0 | 1 | 0.1 |
| | 0.2 | 0.5 | 0.1 | 0 | 0.6 | 0.12 |
| | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0 | 0.3 | 0.09 |
| | 0.4 | 0.8 | 0.1 | 0 | 0.9 | 0.36 |
| $C_2$ متوسط | 0.5 | 1 | 0.1 | 0 | 1.1 | 0.55 |
| | 0.6 | 0.8 | 0.1 | 0 | 0.9 | 0.63 |
| | 0.7 | 0.2 | 0.1 | 0 | 0.3 | 0.21 |
| | 0.8 | 0 | 0.5 | 0.2 | 0.7 | 0.56 |
| | 0.9 | 0 | 0.9 | 0.2 | 1.1 | 0.99 |
| | 1 | 0 | 1 | 0.2 | 1.2 | 1.2 |

ومنه المجموعة الضبابية لزمن النشاط R هي: $[26/0\,,30/1\,,40/0.2]$

والتوزيع الاحتمالي لزمن النشاط R هو كما يلي:

- $P(D_R = 26) = 0 \div 1.2 = 0$

- $P(D_R = 30) = 1 \div 1.2 = 0.833$
- $P(D_R = 40) = 0.2 \div 1.2 = 0.167$

وهكذا يكون لدينا:

- $\overline{D}_R = (26 \times 0) + (30 \times 0.833) + (40 \times 0.167) = 31.67$
- $\sigma^2 = ((26)^2 \times 0) + ((30)^2 \times 0.833) + ((40)^2 \times 0.167) - (31.67)^2 = 13.91$

وبإتباع نفس الطريقة السابقة نقوم بحساب جميع المؤشرات للتوزيعات الاحتمالية الخاصة بأنشطة المشروع والنتائج المحصل عليها مبينة في الملحق رقم 02.

بعد تقديرنا لزمن انجاز جميع الأنشطة نقوم الآن برسم المخطط الشبكي وبعدها نقوم بحساب الأزمنة المبكرة والمتأخرة لهذه الأنشطة كما هو موضح في الملحق رقم 02:

**4. تحليل النتائج:**

خلال الملحق رقم 04 يتضح لنا أن الأنشطة التي تكون المسار الحرج والتي يجب أن تعطى أهمية بالغة هي:

A, B, C, D, E,F, G, H, K, M, N, O, Q, R or S or U, V, $Q_1$, $R_1$ or $S_1$ or $U_1$, $V_1$, $Z_1$, $AC_1$, $AE_1$, $AF_1$, $AG_1$, $AH_1$, $P_1$, Ai, AW, BG, BH, BO.

وعندئذ يكون زمن انجاز المشروع هو 299.5 أي ما يقارب 10 أشهر ، وبالمقارنة بين هذه المدة والزمن الفعلي للإنجاز ، وجدنا أن هناك فروق كبيرة بين الزمن الفعلي للإنجاز(15 شهر) والزمن المقدر وفق الشبكة الضبابية (10 أشهر)، ويرجع ذلك إلى عدم الاستغلال الأمثل لخبرة اليد العاملة من جهة، وسوء تقدير والتعذر بالأحوال الجوية من جهة أخرى، وايضا عدم استخدام التخطيط الشبكي للمشاريع كلية.

لهذا على المؤسسة من الآن وصاعدا وفي مثل هذه المشروعات المشابهة التركيز على الأنشطة الحرجة التي تتأثر بخبرة اليد العاملة لأنها تؤثر في الزمن وأي تأخر فيها يؤثر في تاريخ تسليم المشروع، وعلى المؤسسة أيضا استغلال الأيام التي تكون الأجواء فيها معتدلة قابلة للعمل فيها وذلك بإضافة ساعات عمل بعد نهاية وقت العمل، وإن رأت أن ذلك قد يؤثر في التكاليف فالأفضل لها أن تسند الأعمال التي تحتاج لإنجاز سريع لأشخاص مؤهلين عن طريق التعامل الثانوي.

ومن خلال ما سبق يمكننا اعتبار تحليل شبكة بيرت باستخدام تقديرات نظرية المجموعات الضبابية أحد طرق الحديثة من اجل انجاز المشاريع والتخطيط لها وبمقارنتها بالطرق القديمة كشبكة بيرت التقليدية نجد انها تقلص من زمن الانجاز، نظرا لان نظرية المجموعات الضبابية تمكننا من تقليص زمن المشروع من خلال تأثير على العوامل النوعية على زمن الأنشطة الحرجة وخاصة تلك العوامل المتعلقة بالموارد، وليس من خلال زيادة حجم الموارد أو الزمن المخصص للنشاط ولا تقتصر فائدة هذه النظرية على تقليص الزمن فقط بل تتعداها إلى إحداث وفرات في الموارد وخاصة البشرية منها، فتوجه المقاولة إلى ضرورة استقطاب يد عاملة أقل وبخبرة عالية لتنفيذ النشاط بدلا من الاعتماد على عمالة ذات حجم كبير وخبرة ضعيفة.

**5. خاتمة:**

إدارة المشاريع أحد الأنظمة الهامة داخل النظام الاجتماعي والاقتصادي في نفس الوقت خاصة ما يتعلق بجانب الزمن، لان تقدم الأمم وانجازاتها الحضارية يقاس بما تقضيه من وقت في تحقيق أهدافها، فالوقت سلعة فريدة أعطيت بالتساوي لكل شخص، فإذا كانت المؤسسات تسجل بعناية موجوداتها المالية والبشرية في كشوف، دون احتواء هذه الكشوف على عامل الزمن فان هذا العمل يعتبر ناقصا، وقد يكلف المؤسسة خسائر لا تحصى قد تؤدي حتى إلى إفلاسها، ولهذه الأسباب ظهرت عدة أساليب لإدارة هذه المشاريع وانجازها في وقتها المحدد، ولعل أهمها استخدام التخطيط الشبكي الضبابي في تقدير زمن أنشطة المشروع والتي تأخذ في الحسبان جميع العوامل النوعية المؤثرة في النشاط وبالتالي تعطينا تقديرا لزمن النشاط أقرب إلى

الحقيقة من التقدير الذي تعطينا إياه الأساليب التقليدية، ولقد رأينا من خلال هذا البحث الدور الذي تلعبه هذه النظرية في إدارة المشروع والنظرة الدقيقة التي تعطينا إياها هذه الأساليب حول أنشطة المشروع، وبهذا توصلنا إلى الإجابة على الفرضيات التي قمنا بطرحها بالإضافة إلى مجموعة من النتائج والاقتراحات التي تم الوصل إليها.

✓ **اختبار الفرضيات:**

- **الفرضية الأولى:**

المقصود بالعوامل النوعية المؤثرة في زمن المشروع هي العوامل التي تكون حولها ضبابية وغير دقيقة ولا يمكن حسابها بشكل دقيق، كما انه يوجد نقص حولها باعتبارها مستقبلية كالأحوال الجوية والتي لا يمكن التنبؤ بها بشكل دقيق وايضا خبرة العمال والطبيعة التكنلوجيا المستعملة ومدى تطورها.

- **الفرضية الثانية:**

هناك فروق بين الزمن الفعلي للإنجاز والزمن المقدر وفق الشبكة الضبابية ربما يرجع ذلك الى عدم الاستغلال الأمثل لخبرة اليد العاملة، وايضا لعدم استغلال تحسن الحالة الجوية وبالتالي انجاز المشروع في أقل مدة كانت متوقعة.

✓ **نتائج الدراسة:**

- تأثير العوامل النوعية في زمن انجاز الأنشطة خاصة المتعلقة بالأحوال الجوية والتي تِثر بشكل كبير في انجاز المشروع.
- لا يستند الأسلوب المتبع في المقاولة المكلفة بالإنجاز لأسس علمية، وإنما تحكمه الميول الشخصية والخبرة لدى مدير المشروع، فهو يقوم على أساس:
  - ✓ المشروع مجزأ إلى سبعة أنشطة فقط، يتم تقدير زمنها عن طريق الخبرة.
  - ✓ يعطى نفس الاهتمام والأولوية لجميع الأنشطة التي يتكون منها المشروع.
  - ✓ يتجاهل عوامل نوعية عديدة تؤثر على انجاز أنشطة المشروع منها: خبرة العمالة، خبرة المشرفين، ظروف جوية، درجة كفاءة الآلات وحداثتها...الخ.
- يمكننا اعتبار تحليل شبكة بيرت باستخدام تقديرات نظرية المجموعات الضبابية أحد طرق ضغط شبكة بيرت التقليدية نظرا لان نظرية المجموعات الضبابية تمكننا من تقليص زمن المشروع من خلال تأثير على العوامل النوعية على زمن الأنشطة الحرجة وخاصة تلك العوامل المتعلقة بالموارد، وليس من خلال زيادة حجم الموارد أو الزمن المخصص للنشاط ولا تقتصر فائدة هذه النظرية على تقليص الزمن فقط بل تتعداها إلى إحداث وفرات في الموارد وخاصة البشرية منها، فتوجه المقاولة إلى ضرورة استقطاب يد عاملة أقل وبخبرة عالية لتنفيذ النشاط بدلا من الاعتماد على عمالة ذات حجم كبير وخبرة ضعيفة.

✓ **الاقتراحات:**

استنادا لما سبق نقترح ما يلي:

- إتباع أسلوب التخطيط الشبكي في تقدير زمن أنشطة المشاريع والأخذ بالحسبان كافة العوامل النوعية المؤثرة على انجاز الأنشطة، وإتباع تسلسل الأنشطة كما هو معروض في البحث وهذا من أجل القضاء على الفوضى أثناء عملية الانجاز.
- الاعتماد على عمالة ثابتة تكتسب الخبرة والمهارة مع مرور الزمن، وخاصة الأعمال التي تعتبر خبرة اليد العاملة من أهم العوامل المؤثرة فيها.
- استخدام التعامل الثانوي لبعض الأنشطة التي تحتاج إلى تقنيات معينة وهذا ما يوفر الوقت من جهة ويضمن الجودة من جهة أخرى.
- إتباع نموذج الشبكة الضبابية في تقدير زمن أنشطة المشروع نظرا لما تتميز به هذه الطريقة عن باقي الطرق، وكثرة المؤشرات الناتجة عنها، وإجراء أبحاث وندوات عمل حول هذه الطريقة لتوضيحها وتوسيع استخدامها في المؤسسات العلمية لافتقار المكتبة للأدبيات الخاصة بها.

- إلزام المصالح التقنية المكلفة بمتابعة ومراقبة تنفيذ المشروع بجمع البيانات الوصفية والرقمية بهدف خلق نظام معلوماتي يعتمد عليه في وضع الخطة المستقبلية.
- إحداث دائرة بحث علمي في المؤسسات العامة مهمتها القيام ب:
  - دراسة المشكلات التي تعترض سير العمل في مشاريع البناء.
  - القيام ببحوث علمية وتطبيقية وحلقات عمل في مجالات انجاز المشاريع وإعطاء نظرة قريبة عن كيفية استخدام الأساليب العلمية الحديثة في انجاز المشاريع.

**6. قائمة المراجع:**


- ✓ GEORGE, B., & MARIA, B. (2007). *fuzzy logic for business, finance and management.* Singapore: world scientific publishing.
- ✓ Klir, G. J., & Yuan, B. (1995). *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and applications.* New Jersey, usa: publish By Prentice Hall PTR.
- ✓ KOSKO, B. (1997). *Fuzzy Engineering.* U.S.A: Prentice- Hall.
- ✓ SOU-SEN, L., & others. (2001). AGA-based Fuzzy Optimal model for construction time cost tradeoff. *International journal of project Management* , 49.
- ✓ محمد ,ع .ا & .,آخرون .(1999) .، المنطق الضبابي في اتخاذ القرارات الاداري .*المجلة العربية للعلوم الادارية ,المجلد السادس*.210 ,


**ملاحق:**

**ملحق رقم01: مؤشرات توزيع أنشطة المشروع**

| رمز النشاط | الزمن المتفائل | الزمن الأكثر احتمالا | الزمن المتشائم | العامل النوعي المدروس | الحالة | تواتر الحدوث F | التأثير السلبي C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 1,5 | 2 | 3 | الأحوال الجوية | • معتدل إلى مشمس<br>• معتدل إلى ممطر<br>• رديئة | • صغير<br>• متوسط<br>• كبير جدا | • صغير جدا<br>• صغير<br>• كبير |
| B | 6,5 | 7 | 9 | | | | |
| C | 12 | 14 | 18 | | | | |
| D | 3 | 4,5 | 6 | | | | |
| E | 18 | 24 | 30 | | | | |
| F | 18 | 24 | 30 | | | | |
| G | 4 | 7 | 9 | | | | |
| H | 18 | 24 | 30 | | | | |
| i | 0,25 | 0,5 | 1 | خبرة اليد العاملة | • عالية<br>• متوسطة<br>• ضعيفة | • كبير جدا<br>• صغير<br>• صغر جد | • صغير جدا<br>• صغير نوعا ما<br>• كبير |
| J | 0,25 | 0,5 | 1 | | | | |
| K | 1 | 1,25 | 2 | | | | |
| L | 0,5 | 1 | 2 | | | | |
| M | 1 | 2 | 3 | | | | |
| N | 0,5 | 1 | 2 | | | | |
| O | 0,5 | 1 | 2 | | | | |
| P | 4 | 6 | 10 | | | | |
| Q | 22 | 25 | 35 | الأحوال الجوية | • معتدل إلى مشمس<br>• معتدل إلى ممطر<br>• رديئة | • صغير<br>• متوسط<br>• كبير جدا | • صغير جدا<br>• صغير<br>• كبير |
| R | 26 | 30 | 40 | | | | |
| S | 26 | 30 | 40 | | | | |
| T | 0,5 | 1 | 1,5 | خبرة اليد العاملة | • صغير جدا<br>• متوسطة<br>• ضعيفة | • كبير جدا<br>• صغير<br>• صغر جدا | • صغير جدا<br>• صغير نوعا ما<br>• كبير |
| U | 26 | 30 | 40 | الأحوال الجوية | • معتدل إلى مشمس<br>• معتدل إلى ممطر<br>• رديئة | • صغير<br>• متوسط<br>• كبير جدا | • صغير جدا<br>• صغير<br>• كبير |
| V | 20 | 22 | 25 | خبرة اليد العاملة | صغير جدا | كبير جدا | صغير جدا |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $Q_1$ | 22 | 25 | 35 | | متوسطة<br>ضعيفة | صغير<br>صغر جدا | صغير نوعا ما<br>كبير |
| $R_1$ | 26 | 30 | 40 | الأحوال الجوية | • معتدل إلى مشمس<br>• معتدل إلى ممطر<br>• رديئة | • صغير<br>• متوسط<br>• كبير جدا | • صغير جدا<br>• صغير<br>• كبير |
| $S_1$ | 26 | 30 | 40 | | | | |
| $T_1$ | 0,5 | 1 | 1,5 | خبرة اليد العاملة | • عالية<br>• متوسطة<br>• ضعيفة | • كبير جدا<br>• صغير<br>• صغر جدا | • صغير جدا<br>• صغير نوعا ما<br>• كبير |
| $U_1$ | 26 | 30 | 40 | الأحوال الجوية | • معتدل إلى مشمس<br>• معتدل إلى ممطر<br>• رديئة | • صغير<br>• متوسط<br>• كبير جدا | • صغير جدا<br>• صغير<br>• كبير |
| $V_1$ | 20 | 22 | 25 | خبرة اليد العاملة | • عالية<br>• متوسطة<br>• ضعيفة | • كبير جدا<br>• صغير<br>• صغر جدا | • صغير جدا<br>• صغير نوعا ما<br>• كبير |
| W | 3 | 5 | 7 | | | | |
| X | 1,5 | 3 | 4 | | | | |
| Y | 4 | 5,5 | 7 | | | | |
| Z | 3,5 | 5,5 | 6 | | | | |
| AA | 1 | 1,5 | 2 | | | | |
| AB | 0,25 | 0,5 | 1 | | | | |
| AC | 1,5 | 2 | 2,5 | | | | |
| AD | 2,5 | 3 | 6 | | | | |
| AE | 3 | 4 | 8 | | | | |
| AF | 4 | 5,75 | 6 | | | | |
| AG | 1 | 2 | 3 | | | | |
| AH | 1 | 1,5 | 2 | | | | |
| $P_1$ | 2,5 | 3,5 | 6 | | | | |
| Ai | 3 | 6 | 8 | | | | |
| $W_1$ | 2 | 3,5 | 5 | | | | |
| $X_1$ | 3 | 5 | 7 | | | | |
| $Y_1$ | 3 | 3,75 | 5 | | | | |
| $Z_1$ | 4 | 4,75 | 7 | | | | |
| $AA_1$ | 1 | 1,5 | 2 | | | | |
| $AB_1$ | 0,25 | 0,5 | 1 | | | | |
| $AC_1$ | 1,5 | 2 | 2,5 | | | | |
| $AD_1$ | 1 | 1,75 | 2,5 | | | | |
| $AE_1$ | 2 | 2,5 | 3,5 | | | | |
| $AF_1$ | 2 | 3 | 4 | | | | |
| $AG_1$ | 1 | 2 | 3 | | | | |
| $AH_1$ | 0,5 | 1 | 2 | | | | |
| AJ | 3 | 4 | 6 | | | | |
| AK | 0,25 | 0,5 | 1 | | | | |
| AL | 0,5 | 0,75 | 1,5 | | | | |
| AM | 0,5 | 1 | 2 | | | | |
| AN | 0,5 | 1 | 2 | | | | |
| AO | 0,25 | 0,5 | 1 | | | | |
| AP | 0,25 | 0,5 | 1 | | | | |
| AQ | 0,25 | 0,5 | 1 | | | | |
| AR | 0,25 | 0,5 | 1 | | | | |
| AS | 4 | 5 | 9 | الأحوال الجوية | معتدل إلى مشمس<br>معتدل إلى ممطر | صغير<br>متوسط | صغير جدا<br>صغير |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AT | 0,5 | 1 | 2 | | | ردينة | كبير جدا | كبير |
| AU | 1 | 2 | 3 | | | | | |
| AV | 1 | 2 | 3 | | | | | |
| AW | 2 | 3 | 4 | | | | | |
| AX | 1 | 2 | 3 | | | | | |
| AY | 1 | 2 | 3 | | | | | |
| AZ | 1 | 2 | 3 | | | | | |
| BA | 1 | 2 | 3 | | | | | |
| BB | 1 | 2 | 3 | | | | | |
| BC | 1 | 2 | 3 | | | • عالية | • كبير جدا | • صغير جدا |
| BD | 1 | 2 | 3 | خبرة اليد العاملة | | • متوسطة | • صغير | • صغير نوعا ما |
| BE | 1 | 2 | 3 | | | • ضعيفة | • صغر جدا | • كبير |
| BF | 1 | 2 | 3 | | | | | |
| BG | 7 | 8 | 12 | | | | | |
| BH | 0,5 | 1 | 2 | | | | | |
| BI | 0,5 | 1 | 1,5 | | | | | |
| BJ | 0,5 | 1 | 1,5 | | | | | |
| BK | 0,5 | 0,5 | 1 | | | | | |
| BL | 0,5 | 1 | 1,5 | | | | | |
| BM | 0,5 | 1 | 1,5 | | | | | |
| BN | 0,25 | 0,5 | 0,75 | | | | | |
| BO | 1 | 1,5 | 2 | | | | | |

**المصدر: من إعداد الباحث باستشارة مصلحة العمليات التقنية للبلدية ومكتب الدراسات المكلف بالمتابعة**

**ملحق رقم 02: الزمن المتوقع وأزمنة بدء وانتهاء الأنشطة**

| رمز النشاط | التقنية الضبابية | | الزمن المتوقع D | الزمن المبكر | | الزمن المتأخر | | الاحتياطي الزمني الكلي TF | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | الزمن المتوقع $\overline{D}$ | التباين $\delta^2$ | | البداية ES | النهاية EF | البداية LS | النهاية LF | | |
| A | 2,2 | 0,14 | 2,2 | 0 | 2,2 | 0,0 | 2,2 | 0 | نشاط حرج |
| B | 7,3 | 0,56 | 7,3 | 2,2 | 9.5 | 2,2 | 9.5 | 0 | نشاط حرج |
| C | 14,7 | 2,23 | 14,7 | 9.5 | 24.2 | 9.5 | 24.2 | 0 | نشاط حرج |
| D | 4,8 | 0,31 | 4,8 | 24.2 | 29 | 24.2 | 29 | 0 | نشاط حرج |
| E | 25,0 | 5,01 | 25,0 | 29 | 54 | 29,0 | 54,00 | 0 | نشاط حرج |
| F | 25,0 | 5,01 | 25,0 | 54 | 79 | 54,0 | 79 | 0 | نشاط حرج |
| G | 7,3 | 0,56 | 7,3 | 79 | 86,3 | 79,0 | 86,3 | 0 | نشاط حرج |
| H | 25,0 | 5,01 | 25,0 | 86,3 | 111,3 | 86,3 | 111,3 | 0 | نشاط حرج |
| i | 0,3 | 0,01 | 0,3 | 111,3 | 111,6 | 298,9 | 299,2 | 187,6 | / |
| J | 0,3 | 0,01 | 0,3 | 111,6 | 111,9 | 299,2 | 299,5 | 187,6 | / |
| K | 1,0 | 0,01 | 1,0 | 111,3 | 112,3 | 111,3 | 112,3 | 0 | نشاط حرج |
| L | 0,5 | 0,02 | 0,5 | 112,3 | 112,8 | 112,9 | 113,4 | 0,6 | / |
| M | 1,1 | 0,08 | 1,1 | 112,3 | 113,4 | 112,3 | 113,4 | 0 | نشاط حرج |
| N | 0,5 | 0,02 | 0,5 | 113,4 | 113,9 | 113,4 | 113,9 | 0 | نشاط حرج |
| O | 0,5 | 0,02 | 0,5 | 113,9 | 114,4 | 113,9 | 114,4 | 0 | نشاط حرج |
| P | 4,2 | 0,33 | 4,2 | 208 | 212,2 | 281,3 | 285,5 | 73,3 | / |
| Q | 26,7 | 13,91 | 26,7 | 114,4 | 141,1 | 114,4 | 141,1 | 0 | نشاط حرج |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R | 31,7 | 13,91 | 31,7 | 141,1 | 172,8 | 141,1 | 172,8 | 0 | نشاط حرج |
| S | 31,7 | 13,91 | 31,7 | 141,1 | 172,8 | 141,1 | 172,8 | 0 | نشاط حرج |
| T | 0,5 | 0,02 | 0,5 | 141,1 | 141,6 | 172,3 | 172,8 | 31,2 | / |
| U | 31,7 | 13,91 | 31,7 | 141,1 | 172,8 | 141,1 | 172,8 | 0 | نشاط حرج |
| V | 20,2 | 0,33 | 20,2 | 172,8 | 193 | 172,8 | 193 | 0 | نشاط حرج |
| Q1 | 26,7 | 13,91 | 26,7 | 193 | 219,7 | 193,0 | 219,7 | 0 | نشاط حرج |
| R1 | 31,7 | 13,91 | 31,7 | 219,7 | 251,4 | 219,7 | 251,4 | 0 | نشاط حرج |
| S1 | 31,7 | 13,91 | 31,7 | 219,7 | 251,4 | 219,7 | 251,4 | 0 | نشاط حرج |
| T1 | 0,5 | 0,02 | 0,5 | 219,7 | 220,2 | 250,9 | 251,4 | 31,2 | / |
| U1 | 31,7 | 13,91 | 31,7 | 219,7 | 251,4 | 219,7 | 251,4 | 0 | نشاط حرج |
| V1 | 20,2 | 0,33 | 20,2 | 251,4 | 271,6 | 251,4 | 271,6 | 0 | نشاط حرج |
| W | 3,2 | 0,33 | 3,2 | 193 | 196,2 | 267,8 | 271 | 74,8 | / |
| X | 1,6 | 0,19 | 1,6 | 193 | 194,6 | 269,4 | 271 | 76,4 | / |
| Y | 4,1 | 0,19 | 4,1 | 193 | 197,1 | 266,9 | 271 | 73,9 | / |
| Z | 3,7 | 0,33 | 3,7 | 193 | 196,7 | 267,3 | 271 | 74,3 | / |
| AA | 1,0 | 0,02 | 1,0 | 197,1 | 198,1 | 271,5 | 272,5 | 74,4 | / |
| AB | 0,3 | 0,01 | 0,3 | 197,1 | 197,4 | 272,2 | 272,5 | 75,1 | / |
| AC | 1,5 | 0,02 | 1,5 | 197,1 | 198,6 | 271,0 | 272,5 | 73,9 | / |
| AD | 2,5 | 0,02 | 2,5 | 198,6 | 201,1 | 272,5 | 275 | 73,9 | / |
| AE | 3,1 | 0,08 | 3,1 | 198,6 | 201,7 | 271,9 | 275 | 73,3 | / |
| AF | 4,2 | 0,25 | 4,2 | 201 | 205,2 | 275,0 | 279,2 | 74 | / |
| AG | 1,1 | 0,08 | 1,1 | 205,9 | 207 | 279,2 | 280,3 | 73,3 | / |
| AH | 1,0 | 0,02 | 1,0 | 207 | 208 | 280,3 | 281,3 | 73,3 | / |
| P1 | 2,6 | 0,08 | 2,6 | 282,9 | 285,5 | 282,9 | 285,5 | 0 | نشاط حرج |
| Ai | 3,3 | 0,74 | 3,3 | 285,5 | 288,8 | 285,5 | 288,8 | 0 | نشاط حرج |
| W1 | 2,1 | 0,19 | 2,1 | 271,6 | 273,7 | 273,6 | 275,7 | 2 | / |
| X1 | 3,2 | 0,33 | 3,2 | 271,6 | 274,8 | 272,5 | 275,7 | 0,9 | / |
| Y1 | 3,1 | 0,05 | 3,1 | 271,6 | 274,7 | 272,6 | 275,7 | 1 | / |
| Z1 | 4,1 | 0,05 | 4,1 | 271,6 | 275,7 | 271,6 | 275,7 | 0 | نشاط حرج |
| AA1 | 1,0 | 0,02 | 1,0 | 275,7 | 276,7 | 276,2 | 277,2 | 0,5 | / |
| AB1 | 0,3 | 0,01 | 0,3 | 275,7 | 276 | 276,9 | 277,2 | 1,2 | / |
| AC1 | 1,5 | 0,02 | 1,5 | 275,7 | 277,2 | 275,7 | 277,2 | 0 | نشاط حرج |
| AD1 | 1,1 | 0,05 | 1,1 | 277,2 | 278,3 | 278,1 | 279,2 | 0,9 | / |
| AE1 | 2,0 | 0,02 | 2,0 | 277,2 | 279,2 | 277,2 | 279,2 | 0 | نشاط حرج |
| AF1 | 2,1 | 0,08 | 2,1 | 279,2 | 281,3 | 279,2 | 281,3 | 0 | نشاط حرج |
| AG1 | 1,1 | 0,08 | 1,1 | 281,3 | 282,4 | 281,3 | 282,4 | 0 | نشاط حرج |
| AH1 | 0,5 | 0,02 | 0,5 | 282,4 | 282,9 | 282,4 | 282,9 | 0 | نشاط حرج |
| AJ | 3,1 | 0,08 | 3,1 | 271,6 | 274,7 | 281,2 | 284,3 | 9,6 | / |
| AK | 0,3 | 0,01 | 0,3 | 274,7 | 275 | 296,0 | 296,3 | 21,3 | / |
| AL | 0,5 | 0,01 | 0,5 | 275 | 275,5 | 296,3 | 296,8 | 21,3 | / |
| AM | 0,5 | 0,02 | 0,5 | 275,5 | 276 | 296,8 | 297,3 | 21,3 | / |
| AN | 0,5 | 0,02 | 0,5 | 276 | 276,5 | 297,3 | 297,8 | 21,3 | / |
| AO | 0,3 | 0,01 | 0,3 | 276,5 | 276,8 | 297,8 | 298,1 | 21,3 | / |
| AP | 0,3 | 0,01 | 0,3 | 276,8 | 277,1 | 298,1 | 298,4 | 21,3 | / |
| AQ | 0,3 | 0,01 | 0,3 | 277,1 | 277,4 | 298,4 | 298,7 | 21,3 | / |
| AR | 0,3 | 0,01 | 0,3 | 277,4 | 277,7 | 298,7 | 299 | 21,3 | / |
| AS | 5,7 | 2,23 | 5,7 | 274,7 | 280,4 | 293,3 | 299 | 18,6 | / |
| AT | 0,5 | 0,02 | 0,5 | 280,4 | 280,9 | 299,0 | 299,5 | 18,6 | / |
| AU | 1,1 | 0,08 | 1,1 | 288,8 | 289,9 | 289,8 | 290,9 | 1 | / |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AV | 1,1 | 0,08 | | 1,1 | 288,8 | 289,9 | 289,8 | 290,9 | 1 | / |
| AW | 2,1 | | 0,08 | 2,1 | 288,8 | 290,9 | 288,8 | 290,9 | 0 | نشاط حرج |
| AX | 1,1 | 0,08 | | 1,1 | 288,8 | 289,9 | 289,8 | 290,9 | 1 | / |
| AY | 1,1 | 0,08 | | 1,1 | 288,8 | 289,9 | 289,8 | 290,9 | 1 | / |
| AZ | 1,1 | 0,08 | | 1,1 | 288,8 | 289,9 | 289,8 | 290,9 | 1 | / |
| BA | 1,1 | 0,08 | | 1,1 | 288,8 | 289,9 | 289,8 | 290,9 | 1 | / |
| BB | 1,1 | 0,08 | | 1,1 | 288,8 | 289,9 | 289,8 | 290,9 | 1 | / |
| BC | 1,1 | 0,08 | | 1,1 | 288,8 | 289,9 | 289,8 | 290,9 | 1 | / |
| BD | 1,1 | 0,08 | | 1,1 | 288,8 | 289,9 | 289,8 | 290,9 | 1 | / |
| BE | 1,1 | | 0,08 | 1,1 | 288,8 | 289,9 | 289,8 | 290,9 | 1 | / |
| BF | 1,1 | | 0,08 | 1,1 | 288,8 | 289,9 | 289,8 | 290,9 | 1 | / |
| BG | 7,1 | | 0,08 | 7,1 | 290,9 | 298 | 290,9 | 298 | 0 | نشاط حرج |
| BH | 0,5 | | 0,02 | 0,5 | 298 | 298,5 | 298,0 | 298,5 | 0 | نشاط حرج |
| BI | 0,5 | | 0,02 | 0,5 | 298,5 | 299 | 299,0 | 299,5 | 0,5 | / |
| BJ | 0,5 | | 0,02 | 0,5 | 298,5 | 299 | 299,0 | 299,5 | 0,5 | / |
| BK | 0,5 | | 0,00 | 0,5 | 298,5 | 299 | 299,0 | 299,5 | 0,5 | / |
| BL | 0,5 | 0,02 | | 0,5 | 298,5 | 299 | 299,0 | 299,5 | 0,5 | / |
| BM | 0,5 | 0,02 | | 0,5 | 298,5 | 299 | 299,0 | 299,5 | 0,5 | / |
| BN | 0,3 | 0,01 | | 0,3 | 298,5 | 298,8 | 299,2 | 299,5 | 0,7 | / |
| BO | 1,0 | | 0,02 | 1,0 | 298,5 | 299,5 | 298,5 | 299,5 | 0 | نشاط حرج |

**المصدر: من إعداد الباحث**