استعمال التقنية الشبكية (GERT) الكلاسيكية والضبابية في جدولة المشاريع

الباحثة : دعاء بشير عباس **أ. م. د. وليد ميه رودين**

جامعة البصرة /كلية الإدارة والاقتصاد / قسم الإحصاء

duaab9191@gmail.com waleed.rodeen@uobasrah.edu.iq

المستخلص

إن أغلب المشاريع تفتقر للتقنيات العلمية المتطورة لإنجاز أعمالها على الرغم من تقدم التكنلوجيا الذي شهدته دول العالم بالشكل الذي يفقدها فرصة اكتساب الوقت وسرعة الإنجاز وهذه الدراسة تتناول التقنيات الشبكية الكلاسيكية والضبابية. وتعد التقنيات الشبكية عاملا مهما في تنظيم الأوقات وتحديد سرعة إنجاز المشروع بالاعتماد على الأوقات والاحتمالات الإحصائية. حيث هناك مشكلة في صعوبة تقدير وقت الإنجاز المتوقع نتيجة عدم الانتظام, فضلاً عن ظهور بعض المشاكل والانحرافات لبعض الأنشطة أثناء عملية التنفيذ مما يتطلب إعادة العمل بها وجميع هذه العوامل تؤدي إلى عدم تسليم المشروع في موعده المحدد. وتمثل هدف الدراسة في استخدام تقنية المراجعة والتقييم البياني Graphical Evaluation and Review Technique (GERT) فضلا عن ذلك اعتماد نظرية المنطق الضبابي Fuzzy Logic في معالجة حالات عدم التأكد لغرض حساب الوقت المتوقع لتنفيذ مشروع حفر الآبار النفطية في شركة الحفر العراقية وذلك بواسطة إعداد جداول زمنية للأنشطة. ولغرض الحصول على النتائج فقد تم استخدام لغة البرمجة MATLAB٢٠٢٠. وتوصلت الدراسة إلى أن استخدام التقنية(GERT) الضبابية أفضل من التقنية الكلاسيكية لتقليل التأخير في وقت اكتمال المشروع في الوقت المحدد.

الكلمات المفتاحية: تقنية GERT الكلاسيكية, المنطق الضبابي , تقنية GERT الضبابية.

Using of The Network technique (GERT) classic and fuzzy in project scheduling

Duaa Basheer Abbas **Prof.A.Dr.Waleed Mayeh Rodeen**

College of Administration & Economics **Department of Statistics**

Abstract

Most of the projects lack advanced scientific techniques to complete their work, despite the advancement of technology that the countries of the world have witnessed, in a way that makes them lose the opportunity to gain time and speed of completion. statistic. Where there is a problem in the difficulty of estimating the expected completion time as a result of irregularity, as well as the emergence of some problems and deviations for some activities during the implementation process, which requires reworking them, and all these factors lead to the failure to deliver the project on time. The objective of the study was to use the Graphical Evaluation and Review Technique (GERT) technique, as well as to adopt the Fuzzy Logic theory in dealing with cases of uncertainty for the purpose of calculating the expected time to implement a project Drilling oil wells in the Iraqi Drilling Company by preparing timetables for activities. For the purpose of obtaining the results, the programming language MATLAB 2020 was used. The study concluded that the use of the fuzzy GERT technique is better than the classic technique to reduce the delay in completing the project on time.

Keywords: classic GERT technique, fuzzy logic, fuzzy GERT technique.

المقدمة:

يساعد التطور والتقدم المستمر في إدارة المشاريع على زيادة أهمية بحوث العمليات لغرض جدولة المشاريع ووضع السياسات المهمة لاتخاذ القرارات ورسم الخطط التي تنسجم مع الأهداف لضمان تحقيق الاستخدام الافضل للإمكانات والطاقات المتاحة, إذ إن التطور في مجال إدارة المشاريع في الوقت الحاضر الذي تشهده دول العالم في جميع المجالات(الزراعية, والصناعية, والإنتاجية...الخ) ولغرض تنفيذ وانجاز هذه المشاريع لابد من التركيز بشكل كبير على عنصر الوقت. بالإضافة إلى مراعاة الجودة والتكلفة. لغرض إنجاز المشروع بأقصر وقت وأقل تكلفة. والمشروع هو عبارة عن مجموعة من الانشطة التي قد تكون متداخلة فيما بينها, كما يسهم عدد من العوامل المختلفة في تأخير انجاز المشروع وبالتالي تأخير تسليمه في الوقت المحدد مسبقاً, وأَحد عوامل التأخير هو صعوبة وضع جدول زمني للأنشطة التي تكرر أكثر من مرة نتيجة حدوث عيوب في مرحلة التنفيذ. وحيث أَن مراعاة الجودة والاهتمام بها أَثناء التنفيذ هو الذي أَدى الى إعادة العمل في الأنشطة التي تظهر فيها عيوب لأجل اصلاحها ومعالجتها, وبالتالي ظهور بعض الأنشطة التي لها نسب احتمالية تنفيذ معينة نتيجة لتلك الاعادة, إذ أن وجود أنشطة حتمية واخرى احتمالية قد يسبب قيوداً ومشاكلَ عند التخطيط لبناء الشبكة, وأن الذي يزيد من تعقيد شبكة المشروع هو وجود حلقات (اقواس) وتدفقات أنشطة معاكسة وهذه التدفقات تشير الى المعلمات التي هي (الوقت ,الاحتمالية, التكلفة). ومن الممكن ان يكون لشبكة أَكثر من مسار مختلف حتى نهاية المشروع. ومن المتعارف أن عملية الانتاج تكون بعد التخطيط والجدولة ومن الممكن أن ينحرف العاملون عن الوقت الفعلي لابتداء العمل لسبب أَو لآخر وبالنتيجة يؤدي إلى التأخير في الانجاز وعدم تسليمه في الموعد المحدد مع وجود رغبة لدى الادارة والعمال والمهندسين في الانهاء المبكر للمشروع, ويأتي دور المنطق الضبابي من هنا في التعامل مع عدم التأكد للقيم المعتمدة على وقت مضبب للمعالجة وتعد أكثر دقة لأنها تراعي الانحرافات في الوقت.

١- منهجية البحث

(١-١)مشكلة البحث

تعاني بعض المشاريع من التأخير في عملية التنفيذ ومن اسباب هذا التأخير هو عدم التخطيط وجدولة المشاريع ولاسيما أَنْ بعض المشاريع تحتوي على أنشطة احتمالية التنفيذ وبعضها يحتاج الى إعادة التنفيذ نتيجة لحدوث عيوب وانحرافات في أَحد الأنشطة التي تتطلب معالجة. وهذا بدورة سيؤدي إلى صعوبة تقدير الاوقات التي ستؤثر في زيادة التكاليف لإنجاز المشروع. الامر الذي يعجز الادارات في تحقيق أَهدافها المنشودة من المشاريع المنتجة, ونظرا لدور الآبار النفطية في ازدهار اقتصاد البلد كونها المصدر الاساس لاستخراج النفط ولكون عملية الحفر تمر بعدة مراحل تعتمد على أنشطة احتمالية أَو إعادة معالجة. وهو ما يقيد تنفيذ المشروع في الوقت المتفق عليه والذي سيؤثر في التكاليف الكلية والوقت الكلي لذا لابد من استخدام تقنيات علمية مبتكرة لوضع الحلول المناسبة لتحديد الأوقات المثلى للمشروع الذي يسلم في وقتة المحدد.

(١-٢)هدف البحث

تهدف الدراسة إلى تنفيذ جداول أعمال عملية حفر الآبار باستخدام أسلوبGERT الكلاسيكي والضبابي وتحديد أفضل تقنية لمعالجة أسباب التأخير في عملية تنفيذ المشروع وتحديد الوقت اللازم لتنفيذ وتحديد احتمالية التنفيذ.

٢- تقنية GERT

تعد إحدى التقنيات في تحليل (الشبكات) لأنها تستخدم في مراقبة وتخطيط وجدولة المشاريع أو العمليات التي تتضمن فحص أنشطتها وخطواتها قبل الشروع في تنفيذها. إذ يمكن أن يستجد أمام إدارة المشاريع احتمالات متعددة فيما يتم قبول تنفيذ الانشطة من عدمها او تتطلب اعادة

التنفيذ لذلك تكون مسارات شبكة (GERT) متضمنة لمقياسين (احتمال المسار, وقت التنفيذ) لذلك تتميز هذه التقنية عن التقنيتين (PERT) و(C.P.M.) بأنها تدخل تحليل الشبكات مباشرةً في صلب دراسة الاحتمالات وتعالج القصور في الاسلوبين السابقين, فضلاً عن قدرتها في تضمين أنشطة مكررة وتتطلب عمل خوارزميات معقدة[١][٩] . وتعمل على تحليل المشاريع المعقدة بطريقة أقل تعقيداً[٤].وهي تعد من فروع هندسة الأنظمة وتستخدم عقد المدخلات والمخرجات[٦], وفي الحقيقة إنها تدمج أكثر من تخصص ابتداء من نظرية (الرسم البياني) والدالة المولدة للعزوم(MGF)ودالة النقل المكافئ(W) وتقنية (PERT)لغرض تحليل مشاكل الشبكة العشوائية وتقدير المدة الزمنية لأنشطة المشروع, وتعد تقنية مفيدة للمشاريع التي تحتاج لتخطيط وجدولة مسبقة من أجل تعظيم الأرباح[٥] [11].

٣- مكونات شبكة (GERT)

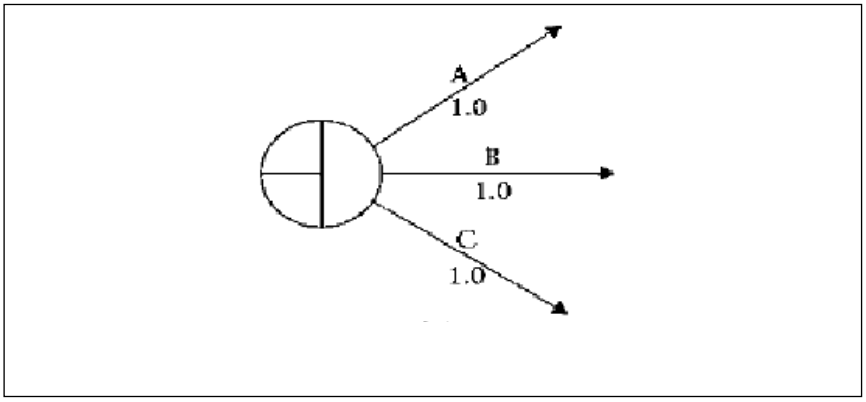
تعد شبكة (GERT) من نوع Active–on–Arrow(AOA) إذ تكون الأنشطة على الأسهم وتتألف الشبكة من(الأنشطة, والعقد, ومعلمات)[9] وهي كالآتي:

اولاً/ الأنشطة:Actives

يوجد في شبكة (GERT) نوعان من الأنشطة هما:

- **الأنشطة الحتمية (Deterministic Activities)**

وهي الأنشطة التي لا يمكن إتمام المشروع بدونها وأن احتمال تنفيذها يساوي (الواحد الصحيح) والشكل(١) يوضح ذلك.

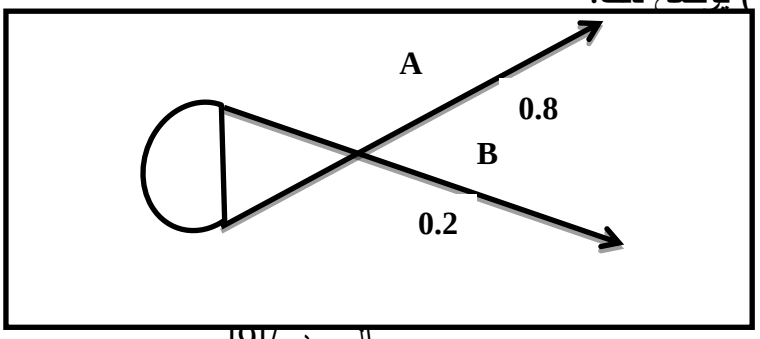


شكل (١) يوضح الانشطة الحتمية

المصدر/[9]

❖ **الأنشطة الاحتمالية: (Probability Activities)**

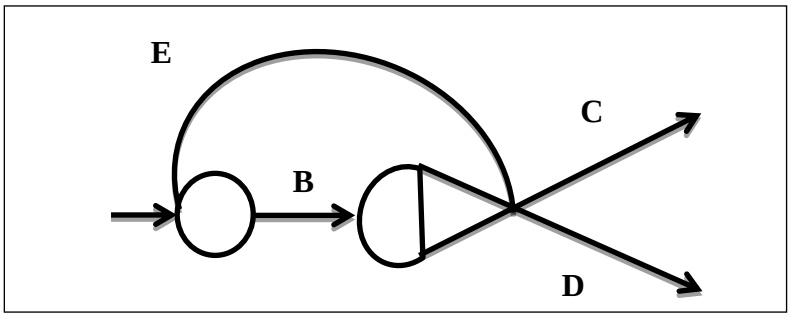
وهي الأنشطة التي يكون احتمال تنفيذها بين الصفر والواحد($0 < P < 1$),الشكل (٢) يوضح ذلك.



المصدر/[9]

شكل (٢) يوضح الانشطة الاحتمالية

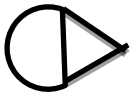
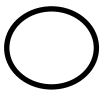
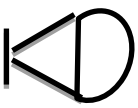
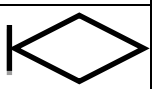
كما يوجد هناك أنشطة يعاد التنفيذ فيها وبذلك تعطي شكل الحلقة(Loop) التوضيح في الشكل (٣)الآتي :



شكل (٣) يوضح الحلقات في الشبكة المصدر/[9]

ثانياً / العقد Nodes

تحتوي شبكة (GERT)على عقد ادخال وعقد إخراج وعندما تدمج هذه العقد نحصل

العقدة	عملها
	يجب في الاقل ان ينفذ نشاطاً واحداً من (الأنشطة الخارجة) وكافة الأنشطة الداخلة إلى العقدة ينبغي تنفيذها.
	ينبغي استخدام هذه العقدة عندما يكون في الاقل أن ينفذ نشاطاً واحداً من بين الأنشطة (الداخلة) إلى العقدة وتنفيذ نشاط واحد(خارج منها).
	تستخدم هذه العقدة عندما يتم تنفيذ جميع الأنشطة الداخلة والخارجة للعقدة.
	تستخدم عندما ينبغي لنشاط واحد أن ينفذ من كافة (الأنشطة الداخلة) وتنفيذ كافة (الأنشطة الخارجة) من العقدة .
	تستخدم هذه العقدة عندما يجب تنفيذ في الاقل نشاط واحد من الأنشطة الخارجة وتنفيذ فقط نشاط واحد من الأنشطة الداخلة الى العقدة.

على الجدول رقم(١) الآتي[٣]:

جدول (١) يوضح دمج عقد المدخلات والمخرجات في شبكة (GERT)

ثالثاً / المعلمات Parameters [١],[٤]

- الوقت (t) او الكلفة: هو الفترة الزمنية لتنفيذ الانشطة وهو عبارة عن متغير عشوائي.
- الاحتمال (P_{ij}): احتمال تنفيذ انشطة المشروع.

٤- طريقة حساب(GERT) لفترة المشروع

لغرض حساب (الوقت المتوقع وتباين واحتمال التنفيذ) لبيانات المشروع توجد هناك عدة خطوات يجب اتباعها من أجل تطبيق شبكة (GERT) على المشروع وهي كالآتي:

اولاً: تهيئة البيانات

يجب توفير البيانات المتعلقة بالمشروع المراد تنفيذ.

ثانياً: رسم شبكة (GERT)

عند رسم الشبكة العشوائية فإن الانشطة تتحول إلى مخطط بياني وتحديد العلاقات المنطقية التي تربط بين الانشطة.

ثالثاً: إيجاد نوع التوزيع الاحتمالي والدالة المولدة للعزوم (MGF), ودالة النقل المكافئ $Wij(t)$ لكل نشاط

بعد ما تم توفير البيانات والانشطة المتعلقة بالمشروع وتحديد أوقات تنفيذ الأنشطة واحتمالات تنفيذ الأنشطة يجب معرفة نوع التوزيع الذي سوف يخضع له كل نشاط, وذلك عن طريق دالة (الكثافة الاحتمالية والاحتمال الشرطي) للمتغير العشوائي سواء أكان مستمراً أم متقطعاً, ويسمح بأن يخضع اكثر من نشاط للتوزيع نفسه وبعد معرفة نوع التوزيع للنشاط بعدها يتم تحديد معلماته وتكون دالة تولد العزوم (MGF) لأي نشاط في المشروع باستخدام المعادلة (١) ودالة النقل المكافئ باستخدام معادلة

(٣) [ ] [12] [ ]. حيث يوجد العديد من البرامج لمعرفة نوع التوزيع لكل نشاط كبرنامج Easy fit او باستخدام الاختبارات اللامعلمية في البرنامج الإحصائي SSPS وهو اختبار Kolmogorov–Smirnov المعرف بالرمز (K–S).

وتكون الدالة المولدة للعزوم إذا كان المتغير العشوائي مستمراً كما في معادلة (١).

$$M(t)=E(e^{tx}) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{tx} f(x)\, dx \qquad \ldots(١)$$

وإذا كان المتغير العشوائي متقطعاً فإن (MGF) تكون كما في المعادلة (٢).

$$M(t)=E(e^{tx}) = \sum_{i=1}^{n} e^{tx} P \qquad \ldots. (٢)$$

وبإيجاد الدالة المولدة للعزوم يتم ايجاد دالة النقل المكافئة لكل نشاط من الانشطة كما في المعادلة الاتية:

$$W_{ij}(t) = P_{ij} * M_{ij}(t) \qquad \ldots.(٣)$$

إذ إن :

$W_{ij}(t)$: دالة النقل المكافئة لكل نشاط.

P_{ij} :احتمال تنفيذ كل نشاط.

$M_{ij}(t)$: الدالة المولدة للعزوم لكل نشاط.

رابعاً : إيجاد دالة النقل المكافئة للشبكة ($W_{E_{ij}}$(t))

لغرض تحديد دالة النقل المكافئ من العقدة i الى العقدة j. للمسار الرئيس في الشبكة لكي نحصل عن طريقها على الوقت المتوقع لإنهاء المشروع واحتمالية التنفيذ, يجب استخدام قاعدة (**Mason's Rule**) وهذه القاعدة ظهرت في عام ١٩٥٦ وصيغتها كما في معادلة (٤) [][١٣].

$$W_{E_{ij}} \qquad (t) = \frac{\sum_{r=1}^{n} \omega_r \Delta_r}{\Delta} \qquad \ldots\ldots(4\ )$$

إذ إن

ω_r: تتمثل دالة النقل للمسار الأمامي من عقدة i حتى عقدة j.

Δ_r : تمثل الحلقات في المسار الأَمامي.

n : عدد المسارات الفرعية في الشبكة

Δ: محدد الرسم للشبكة.

$$\Delta = 1 - \sum LS + \sum LD - \sum LT + \ldots, \quad \ldots(5)$$

إذ ان

$\sum$ LS: مجموع الحلقات الفردية في الشبكة.

$\sum$ LD: مجموع الحلقات المزدوجة.

$\sum$ LT: مجموع الحلقات الثلاثية.

خامساً / حساب متوسط الوقت المتوقع وتباين واحتمال التنفيذ للشبكة

بعد تحديد دالة النقل المكافئة للشبكة بصورة عامة يتم حساب متوسط الوقت المتوقع لتنفيذ (T_E) و التباين (Var) واحتمال التنفيذ (P_E)[5][10],و كما يلي:

- حساب احتمال التنفيذ

يتم حساب الاحتمال بالاعتماد على معادلة (٦)

$$P_E = W_E(t)|_{t=0} \quad \ldots\ldots(6)$$

- حساب متوسط الوقت المتوقع للتنفيذ

من خلال استخدام معادلة الدالة المولدة للعزوم(MGF) نجد متوسط الوقت حيث يتم أَخذ المشتقة الاولى للدالة (M) عند(t=0) كما في المعادلات(6) و(7) و(8)

$$M_E(t) = \frac{W_E(t)}{W_E(0)} = \frac{W_E(t)}{P_E} \quad \ldots.(7)$$

$$t_E = E(t) = \frac{\partial}{\partial t}$$

$$[M_E(t)]|_{t=0} \quad \ldots\ldots\ldots(8)$$

➢ حساب التباين *Var*

لغرض إيجاد التباين نستخدم معادلة الدالة المولدة للعزوم(MGF) حيث يتم اخذ المشتقة الاولى للدالة (M) مطروح منها المشتقة الثانية تربيع للدالة(*M*)عندما تكون (t=0) وكما في المعادلة(*9*).

$$\text{Var} = \frac{\partial^2}{\partial t^2}[M_E]|_{t=0} - [\frac{\partial}{\partial t} M_E]^2|_{t=0} \quad \textbf{.....(9)}$$

٥-المنطق الضبابي

وهي نظرية تم اكتشافها من خلال العالم (Lotfi Zadeh's,) في عام(١٩٦٥) حيث انها تهتم في البيانات غير المؤكدة وتزيل الحواجز الدقيقة التي وضعتها الرياضيات الكلاسيكية وحالات عدم التأكيد في عملية اتخاذ القرار. وتعد ذات استخدام واسع تقريباً في كافة مجالات العلوم التكنولوجية. وهذه النظرية تستخدم بشكل كبير لمعالجة مشاكل الشبكات في بحوث العمليات وفي مشاكل النقل والبرمجة الديناميكية [٧]. كما تسمح بالانتماء التدريجي لدخول العنصر في مجموعة وتعرف بدالة الانتماء Membership function والتي لها مدة محصورة بين [0,1] إذ أن المنطق الضبابي يحتوي على أرقام ضبابية وتختلف هذه الأرقام بالاعتماد على دالة الانتماء كما توجد عدة أنواع من دوال الانتماء وفي هذا البحث سوف يتم استخدام دالة الانتماء المثلثية [٣].

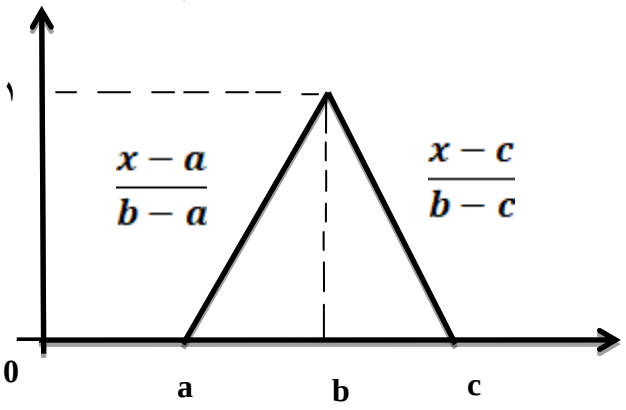
٦- دالة الانتماء المثلثية Triangular Membership Function

تعد ضمن دوال الانتماء في المنطق الضبابي وفي هذه الدراسة سيتم استعمال هذه الدالة لما تمتاز به من السهولة والوضوح في تحديد الارقام الضبابية. كما أنها تفترض ثلاثة حدود (a , b , c) لكل رقم ضبابي($\tilde{A}$) إذ إن (a) يمثل الحد الادنى

(Lower Pound), و(b) يمثل الحد الوسطي(Middle Pound) ,و(c) يمثل الحد الاعلى (Upper Pound) [٢]. وتكتب صيغتها كالاتي:

$$\mu_A(x) \begin{cases} 0 & \text{If } x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{If } a \le x \le b \\ \frac{x-c}{b-c} & \text{If } b \le x \le c \\ 0 & \text{If } c < x \end{cases} \quad \text{.....(١٠)}$$

لتوضيح دالة الانتماء المثلثية كما في الشكل (٤)الآتي:



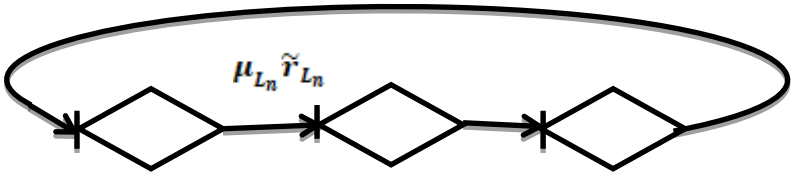
شكل (٤) يوضح دالة الانتماء المثلثية(TMF)

المصدر / حسب منهج المنطق الضبابي

٧-طريقة حساب تقنية (Fuzzy GERT) لمدة المشروع

شبكة Fuzzy GERT هي نفسها شبكة (GERT) الاحتمالية التي أخذت المعلمات الضبابية محل المعلمات الاحتمالية والتي تحتوي على ثلاثة أجزاء (العقد, والفروع والحلقات), كما أن العقدة في شبكة (GERT)الاحتمالية هي ذاتها في الشبكة الضبابية (Fuzzy GERT) التي تحتوي على جوانب المدخلات والمخرجات والحلقات وهي عبارة عن أنشطة يعاد تنفيذها مرة أو أكثر ولكي تحرر العقدة يجب

زيادة وقت الحلقة, بالإضافة الى ان تقنية GERT تكون مشابهة لطريقة حساب المسار الحرج الضبابي في حساب إعادة التوجيه. والشكل(٥) يوضح الحلقة الضبابية[٢],[٨].



الشكل رقم (٥) يوضح الحلقة

لغرض تبسيط حساب الطريقة هناك

١- تمثيل أوقات الأنشطة بأعداد ضبابية ثلاثية.

٢- درجة الانتماء الحلقات والأنشطة بين(١,٠).

٧- خطوات تطبيق (Fuzzy GERT)

إذ يتم حساب تقنية Fuzzy GERT بأتباع الخطوات الاتية **[[2], [8]]**

١- تكون البداية للمشروع كما في المعادلة الآتية:

$$M\tilde{T}_{start} = S\tilde{T}_{start} = (0,0,0) \quad \dots\dots\dots\dots (11)$$

إذ إن

$M\tilde{T}_i$: متوسط وقت النشاط.

$S\tilde{T}_i$: الوقت الاولي للنشاط.

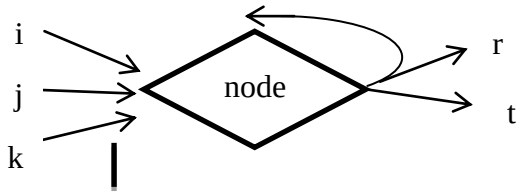
٢- حساب الوقت الأولي للنشاط ($S\tilde{T}_i$)حيث يتم إيجاده من خلال تحديد النشاط السابق الذي يدخل إلى العقدة مضافا له الوقت الضبابي للنشاط مع الاخذ بالاعتبار الأنشطة الداخلة والخارجة من العقدة كما في المعادلة الآتية:

$$S\tilde{T}_i = S\tilde{T}_j + \tilde{t}_i \quad \textbf{.....(12)}$$

إذ إن

$\tilde{t}_i$:الوقت الضبابي للأنشطة.

٣- حساب متوسط الوقت للنشاط ($M\tilde{T}_i$) بالاعتماد على معادلة (12) وكما في التوضيح الآتي:



٤-حساب وقت الانتهاء واحتمال الانتماء الأنشطة الأسبقية(الأنشطة الداخلة للعقدة), إذ يتم حساب وقت النهاية الضبابي في معادلة(13) من خلال حساب متوسط الوقت الضبابي للنشاط السابق مضافاً له الوقت الضبابي للنشاط. اما معادلة(14) فحساب احتمال نهاية النشاط هو نفسه احتمال الانتماء في الشبكة الضبابية. وفي حالة معادلة(١٥)يتم حسابها من خلال أخذ أكبر قيمة احتمال ولتوضيح ذلك من خلال استخدام المعادلات الآتية:

$$F\tilde{t}_{ij} = M\tilde{T}_j + \tilde{t}_i \quad \text{.....(13)}$$

$$p_{f\tilde{t}_{ij}} = p_{ij} \quad \text{... ... (14)}$$

$$p_{M\tilde{T}_i = max\left\{P_{f\tilde{t}_{ij}}\right\}} \quad \text{.....(15)}$$

إذ إن

$\tilde{t}_{ij}$:الوقت الضبابي لنشاط.

$F\tilde{t}_{ij}$:وقت النهاية الضبابي لنشاط.

p_{ij}: احتمال انتماء النشاط.

٥- حساب وقت تنفيذ المشروع.

بعد تقييم أنشطة الشبكة من النشاط الاول إلى الأخير لغرض جدولة شبكة (GERT) باستخدام المنطق الضبابي للمشروع والحصول على وقت اكتمال المشروع

الذي هو يساوي متوسط وقت النشاط النهائي(الأخيرة) في شبكة المشروع كما في المعادلة الآتية:

$$T_{project} = M\tilde{T}_{End} \quad \dots\dots\dots(16)$$

٦.بعد إيجاد الوقت النهائي الضبابي في خطوة (٥) يتم إيجاد درجة الانتماء لمستوى المخاطرة (α) لقيم مختلفة تتراوح(0,1) باستخدام معادلة(١٧) الآتية.

$$A_\alpha =$$

$$[\,a_L^{(\alpha)} - a_U^{(\alpha)}\,] = [(b-a)\alpha + a, (b-c)\alpha + c] \quad \alpha \in (0,1) \dots\dots(17)$$

٨- نتائج تقنية(GERT) ومناقشة نتائجها

إن تطبيق هذه التقنية يتضمن عدة خطوات وهي كالاتي:

اولاً: تجهيز البيانات

فقد تم توفير البيانات المتعلقة في مشروع حفر الآبار النفطية من شركة الحفر العراقية وجدول رقم (٢) يبين الأنشطة ووقت أي نشاط, ويوضح العلاقات المنطقية بينهما, واحتمال التنفيذ.

جدول(٢)يوضح معلمات شبكة GERT

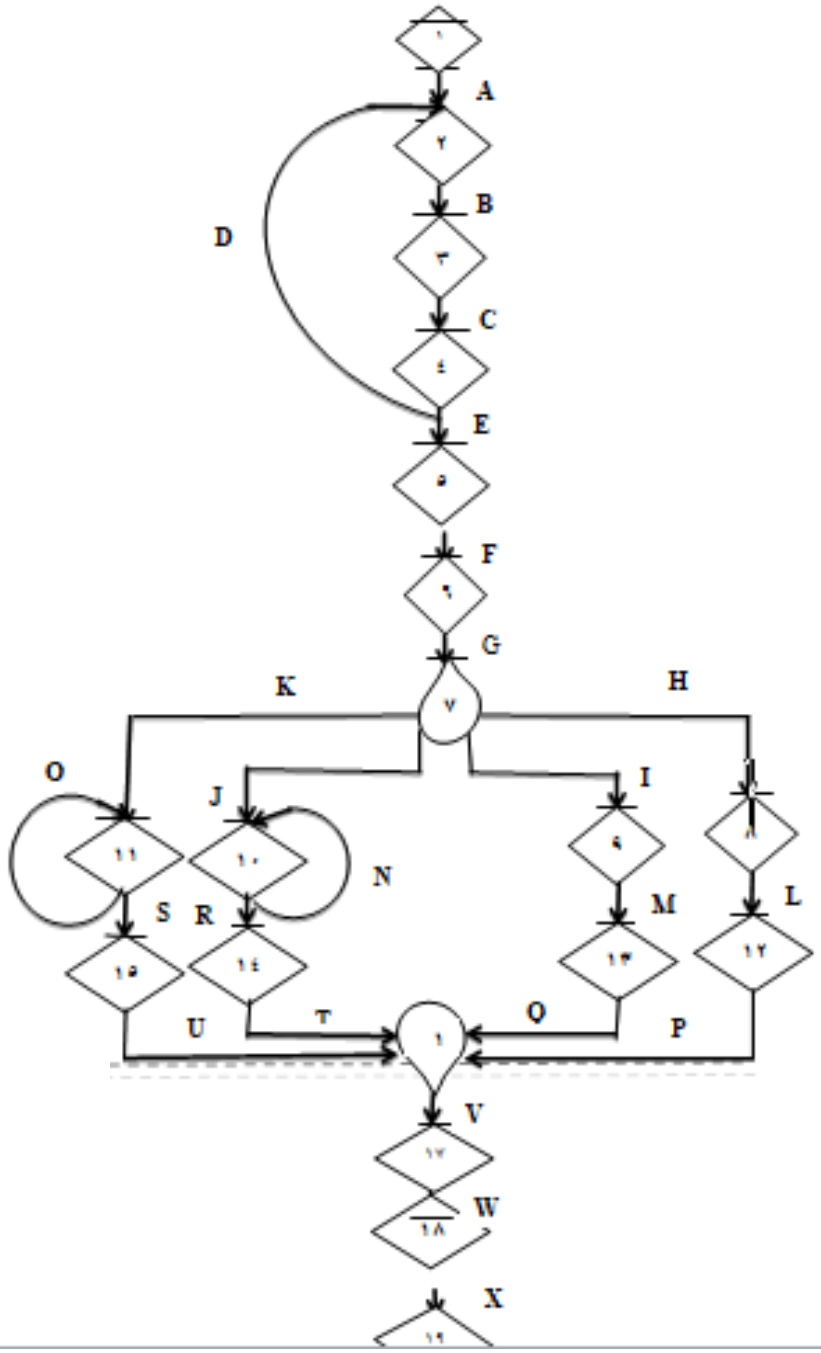
الانشطة	الرمز	المسار	الوقت/ الساعات	الاحتمال
تهيئة قاعدة البرج.	A	1-2	٢٤٠ - ٣٦٠	١.٠٠
استلام المعدات الحفر من الشركة المجهزة.	B	2-3	٥ - ٩	١.٠٠
فحص المعدات الحفر.	C	3-4	٧ - ١٢	١.٠٠
إرجاع المعدات الى الشركة المجهزة.	D	4-2	٢ - ٥	٠.٩٣
نصب البرج.	E	4-5	٦٠ -- ٨٠	١.٠٠
فحص اعمدة الحفر.	F	5-6	٣- ٥	١.٠٠
تهيئة سوائل الحفر(مواد الطين).	G	6-7	٨ - ١٢	١.٠٠

مرحلة الحفر(١) بعمق ٣٠م ببريمة سمك ٢٦سم.	H	7-8	١٠ – ١٥	١.٠٠
مرحلة الحفر (٢)بعمق٥٠٠م ببريمة سمك١٧.٥سم.	I	7-9	١١٥ -١٢٥	١.٠٠
مرحلة الحفر(٣)بعمق١٠٠٠م ببريمة سمك٩سم.	J	7-10	٢٣٥ -٢٤٥	١.٠٠
مرحلة الحفر(٤)بعمق ٢٠٠٠م ببريمة سمك ٧سم.	K	7-11	٤٧٥ – ٤٨٥	١.٠٠
انزال بطانة(١).	L	8-12	١٥ – ٢٤	١.٠٠
انزال بطانة (٢).	M	9-13	١٥ – ٢٤	١.٠٠
استبدال بريمة ذات سمك٩سم متضررة.	N	10-10	٢ – ٤	٠.٨٥
استبدال بريمة ذات سمك٧سم متضررة.	O	١١-١١	٤ -٧	٠.٩٨
شد مانع الانفجار.	P	12-16	٣ – ٥	١.٠٠
استبدال رام حجم (٩) جيجابايت.	Q	13-16	٠.٥ – ٢	١.٠٠
إنزال بطانة (٣).	R	10-14	١٥ – ٢٤	١.٠٠
تنظيف البئر.	S	11-15	٥٠ -٧٢	١.٠٠
استبدال رام حجم (٧) جيجابايت.	T	14-16	٠.٥ – ٢	١.٠٠
إنزال انابيب الانتاج.	U	15-16	٥٥ – ٧٥	١.٠٠
شجرة عيد الميلاد.	V	16-17	٥ – ٧	١.٠٠
سونار(تثقيب الانابيب الانتاج).	W	17-18	١٠ – ١٤	١.٠٠
حفرة الحرق(جفرة)	X	18-19	٨ – ١٠	١.٠٠

المصدر/ سجلات شركة الحفر العراقية

ثانياً/ رسم شبكة(GERT)

فقد تم رسم الشبكة على وفق أشكال العقد في جدول(١) المذكور آنفا



ثالثاً: تحدد نوع التوزيع ومعلماته ودوال المولدة للعزوم (MGF) ودوال النقل المكافئ $Wij(t)$ لكل نشاط

سوف نستخدم معادلة رقم (١)لإيجاد الدوال المولدة للعزوم لتطبيقها على بيانات المشروع وباستخدام معادلة رقم(٣) لإيجاد دالة النقل المكافئ لكل نشاط حيث تم استخدام برنامج SSPS لتحديد نوع توزيع كل نشاط, والجدول (3) يوضح ذلك:

جدول (٣) يوضح نوع التوزيع ودالة (MGF) ودالة (W_{ij} (t)) لكل نشاط

الانشطة	المسار	الاحتمال	التوزيع	MGF(t)	W_{ij} (t)
A	1-2	١.٠٠	Normal meanμ_A=٢٩٩ Variance σ_A^2 =45.31	$e^{299*t+45.31*t^2/2}$	$e^{299*t+45.31*t^2/2}$ *1
B	2-3	١.٠٠	Normal mean μ_B=6.8 Variance σ_B^2 =1.54	$e^{6.8*t+1.54*t^2/2}$	$e^{6.8*t+1.54*t^2/2}$ *1
C	3-4	٠.٩٥	Normal mean μ_C = 9.8 Variance σ_C^2 =2.34	$e^{9.8*t+2.34*t^2/2}$	$e^{9.8*t+2.34*t^2/2}$ *1
D	4-2	٠.٩٣	Normal mean μ_D=3.٧ Variance σ_D^2 =1 . 79	$e^{3.7*t+1.79*t^2/2}$	$e^{3.7*t+1.79*t^2/2}$ *0.93
E	4-5	١.٠٠	Normal mean μ_E= 71.9 Variance σ_E^2 =33.41	$e^{71.9*t+33.41*t^2/2}$	$e^{71.9*t+33.41*t^2/2}$ *1
F	5-6	١.٠٠	Normal mean μ_F=4 Variance σ_F^2 =0.46	$e^{4*t+0.46*t^2/2}$	$e^{4*t+0.46*t^2/2}$ *1
G	6-7	١.٠٠	Normal mean μ_G=10.4 Variance σ_G^2 =1.28	$e^{10.4*t+1.28*t^2/2}$	$e^{10.4*t+1.28*t^2/2}$ *1
H	7-8	١.٠٠	Normal mean μ_H=١٢.٢ Variance σ_H^2 =2.96	$e^{12.2*t+2.96*t^2/2}$	$e^{12.2*t+2.96*t^2/2}$ *1

$e^{120.6*t+7.34*t^2/2}$ *1	$e^{120.6*t+7.34*t^2/2}$	Normal mean μ_I=120.6 Variance σ_I^2 =7.34	١.٠٠	7-9	I
$e^{240.7*t+7.89*t^2/2}$ *1	$e^{240.7*t+7.89*t^2/2}$	Normal mean μ_J=240.7 Variance σ_J^2 =7.89	١.٠٠	7-10	J
$e^{480.5*t+7.78*t^2/2}$ *1	$e^{480.5*t+7.78*t^2/2}$	Normal =480.5 mean μ_K Variance σ_K^2 =7.78	١.٠٠	7-11	K
$e^{20*t+10.96*t^2/2}$ *1	$e^{20*t+10.96*t^2/2}$	Normal mean μ_L=20 Variance σ_L^2 =10.96	١.٠٠	8-12	L
$e^{20.4*t+9.49*t^2/2}$ *1	$e^{20.4*t+9.49*t^2/2}$	Normal mean μ_M=20.4 Variance σ_M^2 =9.49	١.٠٠	9-13	M
$e^{3*t+0.42*t^2/2}$ *0.85	$e^{3*t+0.42*t^2/2}$	Normal mean μ_N=٣ Variance σ_N^2 = 0.42	٠.٨٥	10-10	N
$e^{5.8*t+1.12*t^2/2}$ *0.98	$e^{5.8*t+1.12*t^2/2}$	Normal mean μ_O=5.8 Variance σ_O^2 =1.12	٠.٩٨	١١-١١	O
*1$e^{4*t+0.48*t^2/2}$	$e^{4*t+0.48*t^2/2}$	Normal mean μ_p=4 Variance σ_P^2 = 0.48	١.٠٠	12-16	P
1/1 $-1.22*t$ *1	1/1 $-1.22*t$	Exponential mean μ_Q=1.22	١.٠٠	13-16	Q
$e^{20.4*t+14.44*t^2/2}$ *1	$e^{20.4*t+14.44*t^2/2}$	Normal mean μ_R=20.4 Varianceσ_R^2 =14.44	١.٠٠	10-14	R
$e^{65.5*t+25.20*t^2/2}$ *1	$e^{65.5*t+25.20*t^2/2}$	Normal mean μ_S= 65.5	١.٠٠	11-15	S

		Variance σ_S^2 = 25.20			
1/1 $-1.22* t$ *1	1/1 $-1.22* t$	Exponential mean μ_T =1.22	١.٠٠	14-16	T
$e^{68.7*t+32.26*t^2/2}$ *1	$e^{68.7*t+32.26*t^2/2}$	Normal = 68.7 mean μ_U Variance σ_U^2 = 32.26	١.٠٠	15-16	U
$*1e^{6*t+0.49*t^2/2}$	$e^{6*t+0.49*t^2/2}$	Normal mean μ_V = ٦ Variance σ_V^2 = 0.49	١.٠٠	16-17	V
$e^{12.3*t+1.85*t^2/2}$ *1	$e^{12.3*t+1.85*t^2/2}$	Normal mean μ_W=12.3 Variance σ_W^2 =1.85	١.٠٠	17-18	W
$*1e^{9*t+0.44*t^2/2}$	$e^{9*t+0.44*t^2/2}$	Normal mean μ_X = ٩ Variance σ_X^2 = 0.44	١.٠٠	18-19	X

المصدر/ اعداد الباحثة

رابعاً: حساب دالة النقل ($W_{Eij}(t)$) المكافئة للشبكة

لكي يتم حساب دالة النقل المكافئة يجب استخدام (قاعدة ماسون)Masonكما في معادلة رقم (٤) إذ إن الشبكة تمتلك مساراً واحداً (رئيسياً) ولغرض إيجاد دالة($W_{Eij}(t)$) يجب اتباع الخطوات الآتية:

١- تحديد الحلقات في الشبكة لغرض حساب (Δ):

لغرض حساب وقت الحلقات الموجودة في شبكة المشروع سوف نستخدم معادلة رقم(٥) وجدول رقم (٤) يوضح ذلك:

جدول(٤) عدد الحلقات في شبكة المشروع

الحلقات	عدد الحلقات		دالة (W_{ij})
3 – 4 –2	L1	∑ LS	W2W3W4
١٠–١٠	L2		W14
١١–١١	L3		W15
–١٠ & 3 – 4 –2 ١٠	L1L2	∑LD	W2W3W4W14
– ١١ & 3 – 4 –2 ١١	L1L3		W2W3W4W15
– ١١ & ١٠ –١٠ ١١	L2L3		W14 W15
– ١٠ &3 – 4 –2 ١٠ &١١ –١١	L1L2L3	∑LT	W2W3W4W14 W15

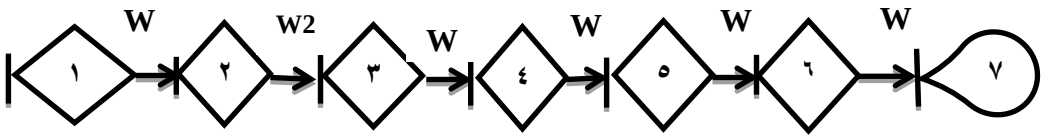
المصدر / اعداد الباحثة

٢– إيجاد دالة النقل(ωr) و(Δr) للمسار الرئيس

إن المسار الرئيس في الشبكة يبدأ بالعقدة (١) حتى العقدة(١٩) وأن دالة النقل له هي $(W_{1-19}(t))$.

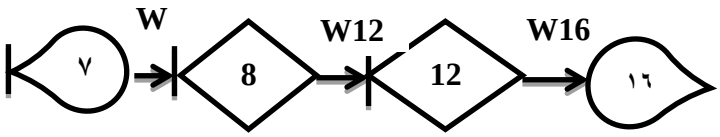
كما أن المسار الرئيس في الشبكة يضم مسارات فرعية، وبما أن الشبكة تضم مسارات فرعية فالأفضل اختزال الشبكة ليسهل إيجاد دالة النقل (للمسار الرئيس) وذلك بتجزئة المسار الرئيس الى مسارات فرعية. وبعد ذلك نستخدم (قاعد ماسون $Mason's$) لإيجاد دالة النقل المكافئ $(W_{Eij}(t))$ للشبكة من خلال استخدام معادلة رقم (٤)حيث قامت الباحثة بتجزئة المسار الرئيس الى مسارات فرعية كما يلي:

➢ المسار الاول الفرعي: $(\boldsymbol{WL1(t)})$



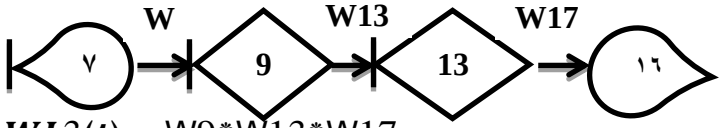
$\boldsymbol{WL1(t)}$ = W1*W2*W3*W5*W6*W7

➢ المسار الثاني الفرعي: $(\boldsymbol{WL2(t)})$



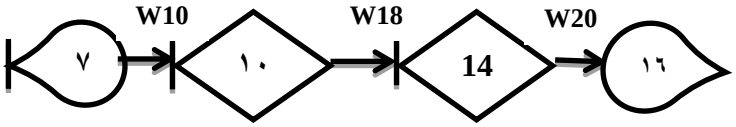
$\boldsymbol{WL2(t)}$ = W8*W12*W16

➢ المسار الثالث الفرعي: $\boldsymbol{WL3(t)}$



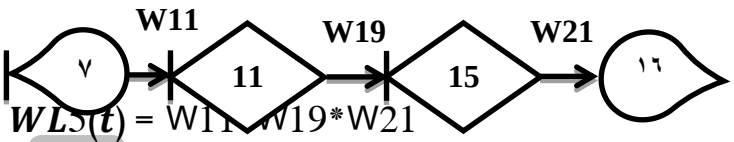
$\boldsymbol{WL3(t)}$ = W9*W13*W17

➢ المسار الرابع الفرعي: (WL4(t))



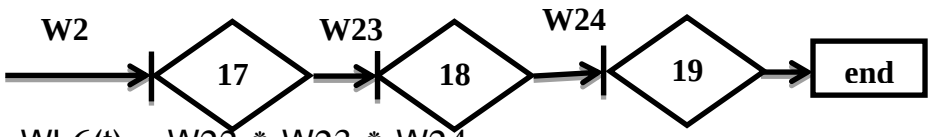
$\boldsymbol{WL4(t)}$ = W10*W18*W20

➢ المسار الخامس الفرعي:(WL5 (t))



$\boldsymbol{WL5(t)}$ = W11*W19*W21

➢ المسار السادس الفرعي: (WL6(t))



WL6(t) = W22 * W23 * W24

وعلية فإن دالة النقل للمسار الرئيس $(W_{ij}(t))$ هي:

W1_19(t) = WL1(t)* WL2(t)*WL3(t)*WL4(t)*WL5(t)*WL6(t)

(W1.W2.W3.W5.W6.W7)(W8.W12.W16)(W9.W13.W17)(W10.W18.W20) (W11.W19.W21)(W22.W23.W24)

وبما أن هناك مساراً فرعياً واحداً أمامياً وحلقة واحدة فان (Δr=1)

خامساً: حساب (متوسط الوقت تباين احتمال التنفيذ) للشبكة المشروع

لغرض حساب متوسط الوقت وتباين واحتمال التنفيذ حيث تم حسابهم باستخدام خوارزمية في لغة البرمجة MATLAB2020.

– لإيجاد قيمة احتمال الانجاز المشروع من خلال استخدام معادلة رقم (٦).

PE1_19 = 1

وهي تشير الى احتمال إنجاز المسار الرئيس PE1_19(t) للمشروع وبنسبة مقبولة(١%).

ثم العمل على حساب (الوقت المتوقع وتباين) إنجاز المشروع من خلال استخدام معادلات التفاضل في معادلة رقم (٨) و(٩)وتكون النتائج كالآتي:

tE1_19 = $\frac{\partial}{\partial t}\ [M_{E1_19}]|_{t=0}$ = 15٤0

حيث ان (١٥٤٠) ساعة تمثل الوقت المتوقع لتنفيذ مشروع حفر الابار النفطية وعند مقارنة هذا الوقت بالأيام فنجده يعادل (٦٠) يوماً عند احتمال انجاز مساوية ل(١%)

$$Var1_19 = \frac{\partial^2}{\partial t^2}[M_{E1_19}]|_{t=0} - [\frac{\partial}{\partial t} M_{E1_19}]^2|_{t=0}$$ ١٩٠.٩٤

يشير الى الاختلاف والتباين بين الوقت المتوقع ووقت الانجاز الفعلي للمشروع.

٩- تطبيق تقنية (GERT) الضبابية

فقد تم تضبيب البيانات لهذه التقنية بالاعتماد على السجلات وخبرة المختصين في هذا المجال في هذا المجال(حفر الآبار النفطية) والجدول رقم (٥) يوضح معلمات شبكة (GERT) الضبابية للمشروع.

جدول (٥) يوضح معلمات شبكة (GERT) الضبابية للمشروع

النشاط	وصف النشاط	الرقم الضبابي للوقت($\tilde{t}_{ij}$)	الاحتمال
A	تهيئة قاعدة البرج.	(240,288,360)	١
B	استلام المعدات الحفر من الشركة المجهزة.	(5,7,8)	١
C	فحص المعدات الحفر.	(7,9,10)	١
D	إرجاع المعدات الى الشركة المجهزة.	(2,3,4)	١
E	نصب البرج.	(60,70,72)	١
F	فحص اعمدة الحفر.	(3,4,4.5)	١
G	تهيئة سوائل الحفر(مواد الطين).	(8,9,10)	١
H	مرحلة الحفر(١) بعمق ٣٠م ببريمة سمك ٢٦سم.	(10,12,15)	١
I	مرحلة الحفر (٢)بعمق ٥٠٠م ببريمة سمك١٧.٥سم.	(115,120,123)	١
J	مرحلة الحفر(٣)بعمق ١٠٠٠م ببريمة سمك٩سم.	(235,240,243)	١

K	مرحلة الحفر(٤)بعمق ٢٠٠٠م ببريمة سمك ٧سم.	(475,480,482)	١
L	إنزال بطانة(١).	(15,20,24)	١
M	إنزال بطانة (٢).	(15,20,20)	١
N	استبدال بريمة ذات سمك٩سم متضررة.	(2,3,3.5)	0.85
O	استبدال بريمة ذات سمك٧سم متضررة.	(4,5,6)	0.95
P	شد مانع الانفجار.	(5,5,5)	١
Q	تبديل رام حجم (٩)جيجابايت.	(0.5,1,1.5)	١
R	إنزال بطانة (٣).	(20,20,20)	١
S	تنظيف البئر.	(50,60,65)	١
T	تبديل رام حجم (٧) جيجابايت.	(0.5,1,1.5)	١
U	إنزال انابيب الانتاج.	(55,65,72)	١
V	شجرة عيد الميلاد.	(6,6,6)	١
W	سونار(تثقيب الانابيب الانتاج).	(10,11,12)	١
X	حفرة الحرق(جفرة)	(8,9,9)	١

المصدر / سجلات الشركة

جدول(٦) يبين حلقات المشروع في شبكة (GERT) الضبابية

الحلقة (L_{ni})	انشطة الحلقة	الحلقات الداخلية $(L_{L_{ni}})$	قيمة الوقت لنشاط $(\tilde{t}_{l_{ni}})$	مجموع القيمة بدون حلقات داخلية		مجموع القيمة مع حلقات داخلية		متوسط الوقت للحلقة	
				$\tilde{t}_{l_{ni}}$	P	$\tilde{t}_{L`ni}$	P	$m\tilde{t}_{L_{ni}}$	P
١	B-C-D	-	(12,16,18)	(12,16,18)	١	-	-	(12,16,18)	١
٢	N	-	(2,3,3.5)	(2,3,3.5)	0.85	-	-	(2,3,3.5)	0.85
٣	O	-	(4,5,6)	(4,5,6)	0.95	-	-	(4,5,6)	0.95

المصدر / اعداد الباحثة

جدول (٧) يوضح تقييم ووقت المسار للعقد باستخدام (GERT)الضبابية

المسار للعقدة	الانشطة	الانشطة الداخلة الى العقدة		الوقت الاولي للنشاط $S\tilde{T}_i$	الحلقة الداخلة للعقدة		متوسط وقت الانشطة	
		$F\tilde{t}_{i-j}$	P		L	P	$M\tilde{T}_i$	P
البداية	-	-	-	(0,0,0)	-	-	(0,0,0)	١
1-2	A	(240,288,360)	١	(240,288,360)	-	-	(240,288,360)	١
2-3	B	(245,295,368)	١	(245,295,368)	-	-	(245,295,368)	١
3-4	C	(252,304,378)	١	(252,304,378)	-	-	(252,304,378)	١
4-2	D	(254,307,382)	0.95	(254,307,382)	١	١	(254,307,382)	0.9
4-5	E	(312,374,450)	١	(312,374,450)	-	-	(312,374,450)	١
5-6	F	(315,378,454.5)	١	(315,378,454.5)	-	-	(315,378,454.5)	١
6-7	G	(323,387,464.5)	١	(323,387,464.5)	-	-	(323,387,464.5)	١
7-8	H	(333,399,479.5)	١	(333,399,479.5)	-	-	(333,399,479.5)	١
7-9	I	(438,507,587.5)	١	(438,507,587.5)	-	-	(438,507,587.5)	١
7-10	J	(558,627,70٧.5)	١	(558,627,70٧.5)	-	-	(558,627,709.5)	١
7-11	K	(798,867,946.5)	١	(798,867,946.5)	-	-	(798,867,946.5)	١
8-12	L	(348,419,503.5)	١	(348,419,503.5)	-	-	(348,419,503.5)	١
9-13	M	(453,527,607.5)	١	(453,527,607.5)	-	-	(453,527,607.5)	١
10-10	N	(560,630,711)	0.85	(560,630,711)	٢	0.85	(560,630,713)	0.85
١١-١١	O	(802,872,952.5)	0.95	(802,872,952.5)	٣	0.95	(802,872,952.5)	0.95
10-14	R	(580,650,731)	١	(580,650,731)	-	-	(580,650,733)	١
11-15	S	852,932,1017.5) (	١	(852,932,1017.5)	-	-	(852,932,1017.5)	١
12-16 13-16 14-16 15-16	P Q T U V	(353,424,508.5) (453.5,528,609) (580.5,651,732.5) (907,997,1089.5)	١ ١ ١ ١	(579.5,656,740.9)	-	-	(579.5,656,741.4)	١
16-17								
17-18	W	(589.5,667,753.4)	١	(589.5,667,752.9)	-	-	(589.5,667,752.9)	١
18-19 (end)	X	(597.5,676,763.4)	١	(597.5,676,761.9)	-	-	(597.5,676,761.9)	١

المصدر / اعداد الباحثة

وبما أن معلمة الوقت ضبابية مثلثية, فإن وقت نهاية المشروع سيكون أَيضاً ضبابياً مثلثياً. وبعد تقييم الأنشطة من البداية حتى النهاية بالاعتماد على الأنشطة الداخلة والخارجة من العقدة فقد تم الحصول على رقم ضبابي مثلثي. إذ إن (٧٦١.٩) ساعة يمثل الحد الأعلى, (٦٧٦) ساعة يمثل الحد الوسطي (٥٩٧.٥) ساعة يمثل الحد الأدنى وعليه ستكون دالة الانتماء بالشكل الآتي:

$$\mu T(x)= \begin{cases} \dfrac{(x-597.5)}{676-597.5} & 597.5 \le x \le 676 \\ \dfrac{x-763.4}{761.9-676} & 676 \le x \le 761.9 \\ 0 & ٧٦١.٩ \le x \end{cases}$$

ولغرض سهولة التعامل مع الرقم الضبابي المثلثي يجب تحويله إلى عدد صحيح وذلك من خلال أَخذ الوسط الحسابي للقيم الضبابية للعقدة النهائية وكما موضح أَدناه:

678.47 =3 / (597.5+676+761.9) وبالتالي فان فترة انتهاء المشروع بحسب تقنية (FGERT) هو(678.47) ساعة.

وعند استخدام درجات انتماء مختلفة (α) كمستوى مخاطرة لإعطاء وقت ضبابي اكثر واقعية للمشروع من خلال استخدام معادلة رقم (١٧) والجدول (٨) يوضح ذلك:

جدول(٨) مستويات درجات الانتماء(α)

قيم(α)	الحد الادنى (a_L)	الحد الاعلى(a_U)
0.10	605.35	754.29
0.20	613.2	744.7
0.30	621.05	736.11
0.40	628.9	٧٢٧.٥٣
0.50	636.75	718.94
0.60	644.6	710.35
0.70	652.45	701.76
٠.٨٠	660.3	693.19
0.90	668.15	684.59

المصدر / اعداد الباحثة

ونلاحظ في الجدول السابق الحصول على وقت ضبابي أَكثر واقعية عند مستوى مخاطرة ($\alpha = 0.5$) إذ أن (٦٣٦.٧٥) يمثل الحد الادنى و(٧١٨.٩٤) يمثل الحد الأعلى وبالتالي تعطينا مدة زمنية أكثر دقة لتقدير الوقت الضبابي. أَما قيم (α) الاخرى فتمثل مستويات المخاطرة البعيدة والقريبة للوقت المشروع.

الاستنتاجات

إن من أبرز الاستنتاجات التي توصلت اليها الدراسة تتلخص بالآتي:

١. يعد كل من تقنية (GERT) الكلاسيكية والضبابية من التقنيات المتطورة في إدارة المشاريع وجدولتها, ومن خلال استخدام التقنيات الكلاسيكية والضبابية تم تقدير الوقت المتوقع لإنجاز عملية حفر الآبار النفطية عن طريق حساب أوقات الأنشطة سواء أكانت حتمية أم احتمالية مع مراعاة الأنشطة التي يتطلب تكرار تنفيذها.

٢. إن استخدام أوقات ضبابية تساعد في معالجة حالات عدم التأكد بتوقيت تسليم المشروع الى أصحابه, بوساطة استخدام جدولة مبنية على أساس حالة عدم التأكد وذلك نتيجة وجود خبرات مختلفة لدى العاملين ومستوى أداء الاجهزة والمعدات وبذلك سوف تساعد الادارة على اتخاذ قرارات اكثر دقة بهدف الوصول الى رضا العميل.

٣. لوحظ من خلال التطبيق أن استخدام التقنيات الضبابية يعد افضل من التقنيات الكلاسيكية لأنها تأخذ بالاعتبار العوامل التي تؤثر في المشروع فمن خلال النتائج نلاحظ ان وقت الإنجاز المتوقع عند استخدام تقنية GERT الكلاسيكية هو(١٥٤٠)ساعة, وعند استخدام تقنية (FUZZY GERT) فيتم الحصول على رقم ضبابي مثلثي(597.5,676,761.9)حيث يعد(597.5)الحد الأدنى للإنجاز بينما(٦٧٦) يعد الحد الوسطي ,اما(٧٦١.٩) فهو الحد الأعلى لوقت إنجاز المشروع. وبذلك نلاحظ أن هناك فرقاً واضحاً بين استخدام التقنيات الكلاسيكية والضبابية.

التوصيات

١. قبل البدء في تنفيذ أي مشروع لابد من استخدام التقنيات العلمية لغرض التخطيط والجدولة ومتابعة المشروع, ويجب دراسة المتغيرات الاساسية للمشروع من قبل الإدارة ولاسيما متغير الكلفة والوقت.

٢. زيادة التركيز والمتابعة والاهتمام في الأنشطة التي تظهر فيها نسبة احتمالية لإعادة العمل في تنفيذها لغرض تقليل وقت معالجتها وبالتالي تقليل وقت المشروع الاجمالي, توفير البدائل من الأجهزة والمعدات في حالة تعرض أحدها الى العطل أو التوقف وتهيئة المواد الأولية المتعلقة في المشروع من دون تأخير ليتم إنجاز العمل بأقصى سرعة ممكنة.

٣. يجب على إدارة المشاريع الاستفادة من الخوارزميات البرمجية وبرنامج WIN QSB في إعداد جداول زمنية ومتابعة سير العمل لتجنب التأخير في تسليم المشروع بالوقت المحدد من الشركة.

المصادر العربية

١. الصيرفي, محمد عبد الفتاح(٢٠٠٢)."الاسلوب الكمي في تخطيط المشروعات". الطبعة الاولى, دار صفاء للنشر والتوزيع, عمان – الاردن.

٢. طاهر, أحمد هشام محمد(٢٠١٥)."تكامل اسلوبي تحليل مظروف البيانات وعمليات التحليل الهرمي المضبب لقياس وتقويم كفاءة أداء كليات جامعة البصرة", رسالة ماجستير, قسم الاحصاء/ كلية الادارة والاقتصاد– جامعة البصرة.

٣. العبد الله, زينب سامي ياسين(٢٠٢١)."استعمال نماذج ARFIMA&FUZZY– ARFIMA في التنبؤ مع تطبيق عملي". رسالة ماجستير, قسم الاحصاء /كلية الادارة والاقتصاد / جامعة البصرة.

٤. محمد, ايناس صلاح الدين(٢٠٢٠). "جدولة المشروع في ظل عدم التأكد باستعمال اسلوبي GERT والتنبؤ الرمادي GM(1,1)".رسالة ماجستير, جامعة بغداد/الادارة الصناعية.

المصادر الاجنبية :

1. DORRER,A., DORRER,M., KASYANOVA, E. AND ZYRYONOV,A.
(2020).NUMERICAL MODELING OF THE PROCESS OF IMPLEMENTING MEDIA EDUCATIONAL PROJECTS USING (GERT) NETWORK. JOURNAL OF PHYSICS CONFERENCE SERIES,PP.1-11.

2. GAVARESHKI, M. H.(2004). NEW FUZZY GERT METHOD FOR RESEARCH PROJECTS SCHEDULING. INTERNATIONAL ENGINEERING MANAGEMENT CONFERENCE,PP.820 -824.

3. GENG, S., LIU, S., FANG,Z.&GAO, S.(2020). AN OPTIMAL DELAY ROUTING ALGORITHM CONSIDERING DELAY VARIATION IN THE LEO SATELLITE COMMUNICATION NETWORK. COMPUTER NETWORK, VOL. 173, PP. 1-13.

4. GHAELI, M. AND SADI-NEZHAD, S. (2017). RECENT ADVANCES ON GRAPHICAL EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUES. JOURNAL OF PROJECT MANAGEMENT, VOL.2, NO. (3), PP. 107-112.

5. LI, C., TANG, Y., AND LI, C. (2011). A (GERT)-BASED ANALYTICAL METHOD FOR REMANUFACTURING PROCESS ROUTING. IN 2011 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTOMATION SCIENCE AND ENGINEERING (PP. 462-467).

6. LIU, X., FANG, Z., AND ZHANG, N. (2017). A VALUE TRANSFER (GERT) NETWORK MODEL FOR CARBON FIBER INDUSTRY CHAIN BASED ON INPUT–OUTPUT

TABLE. SPRINGER SCIENCE &BUSINESS MEDIA NEW YORK, VOL.20, NO. (4), PP. ١-9.

7. MAZLUM, M. AND GUNERİ, A.(2015). CPM, PERT AND PROJECT MANAGEMENT WITH FUZZY LOGIC TECHNIQUE AND IMPLEMENTATION ON A BUSINESS. PROCEDIA/ SOCIAL AND BEHAVIORAL SCIENCES 210,PP.348-357.

8. MONJEZI, N., SHEIKHDAVOODI, M. J., ZAKIDIZAJI, H., MARZBAN, A., AND SHOMEILI, M. (2016). OPERATIONS SCHEDULING OF SUGARCANE PRODUCTION USING FUZZY (GERT) METHOD (PART II: PRESERVE OPERATIONS, HARVESTING AND RATOONING). AGRICULTURAL ENGINEERING INTERNATIONAL: CIGR JOURNAL, VOL.18, NO. (3), PP. 343-349.

9. NEPAL, B. (2014). TIME MANAGEMENT IN PROJECTS: TOOLS, TECHNIQUES AND METHODS. SPECIALIZATION PROJECT, NORWEGIAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, DEPARTMENT OF PRODUCTION AND QUALITY ENGINEERING,PP.1-62.

10. PRITSKER, A.(1966).GERT: GRAPHICAL EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE. THE NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION.

11. RAMANI, T., AND KANNAN, R. (2014). SCHEDULING OF INDUSTRIALIZED CONSTRUCTION PROJECT USING GRAPHICAL EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE (GERT). IN SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN INDUSTRIAL ENGINEERING APPLICATIONS (PP. 35-39).

12. WANG, J. AND CHEN, M. (2013). REMANUFACTURING PROCESS FOR USED AUTOMOTIVE ELECTRONIC CONTROL COMPONENTS IN CHINA. JOURNAL OF REMANUFACTURING, VOL.3, NO. (1),PP.1-9.

13. ZHOU, L., XIE, J. , GU, X. LIN, ,Y. IEROMONACHOU, P. AND ZHANG, X.(2016). FORECASTING RETURN OF USED PRODUCTS FOR REMANUFACTURING USING GRAPHICAL EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE (GERT). IN JOURNAL PRODUCTION ECONOMICS,PP.1-1