مجلة دراسات الاقتصاد والأعمال
المجلد: 11 العدد: 2 ديسمبر 2024 م
ISSN: 2521-8352 | e-ISSN: 2521-8360

تأثير استخدام الأنشطة الوهمية على شبكات الأعمال: دراسة نظرية تحليلية على شبكة (PERT)

عبد الله محمد الشيخ
أستاذ مشارك – قسم إدارة الأعمال
كلية الاقتصاد والعلوم السياسية – جامعة مصراتة
a.elshaikh@eps.misuratau.edu.ly

محمد عبدالله الشيخ
موظف – إدارة المراجعة
الشركة الليبية للحديد والصلب
M1701122@eps.misuratau.edu.ly

محمود عبدالله الحداد
موظف – إدارة الموظفين
المركز الوطني للأطراف الصناعية
M1701274@eps.misuratau.edu.ly

هاجر أحمد الشريف
محاضر – قسم التسويق
كلية الاقتصاد والعلوم السياسية – جامعة مصراتة
hajer.alshref@eps.misuratau.edu.ly

تاريخ الاستلام: 2024.06.07 **تاريخ القبول: 2024.07.29** **تاريخ النشر: 2024.08.07**

الملخص

يستخدم التخطيط الشبكي (CPM & PERT) في تخطيط المشاريع التي تتميز بتعدد وتعقد تداخل أنشطتها، وذلك بهدف إحكام السيطرة على عملية تنفيذها، إلا أنه يصعب أو يتعذر أحياناً رسم شبكة المشروع باستخدام الأنشطة الاعتيادية بما يحقق تتابع الشروط الفنية لأنشطة المشروع على أرض الواقع، ولذلك يتم اللجوء إلى استخدام الأنشطة الوهمية بهدف جعل الشبكة مطابقة مع أنشطة المشروع على أرض الواقع، وبالشكل الذي يجعل الشبكة متوافقة مع قواعد رسم الشبكة. وهنا يمكن أن يظهر اختلاف بين القائمين على عملية رسم الشبكة من حيث عدد الأنشطة الوهمية المستخدمة في الرسم وأماكن تواجدها على الرسم، الأمر الذي قد يؤدي إلى رسم شبكة المشروع بأكثر من طريقة. تهدف هذه الدراسة إلى معرفة ما مدى تأثير الاختلاف في عملية رسم الشبكة على عدد مسارات الشبكة وتأثير ذلك على المعلومات التي يتم استنتاجها من رسم الشبكة وفقاً لأسلوب تقييم ومراجعة المشاريع (PERT) كالوقت المتوقع (ET) واحتمالات إنهاء المشروع خلال فترة معينة. وقد تم تحليل كافة الشبكات المختلفة للمشروع المذكور في الشيخ وبالنور (2021) المتضمن لعدة أنشطة وهمية مختلفة.. وأظهرت النتائج إن تأثير الاختلاف في استخدام الأنشطة الوهمية على شبكة (PERT) من حيث شكلها وعدد مسارات الشبكة، وعدم تأثر المعلومات التي يتم استنتاجها من شبكة المشروع بالرغم من اختلاف شكل الشبكة وعدد مساراتها.

الكلمات الدالة: PERT، الأنشطة الوهمية، الوقت المتوقع (ET).

The Effect of Using Dummy Activities on Business Networks: A Theoretical Analytical Study on PERT Networks

Abdalla Mohamed Elshaikh
Misurata University
a.elshaikh@eps.misuratau.edu.ly

Mohamed Abdalla Elshaikh
Libyan Iron and Steel Company
M1701122@eps.misuratau.edu.ly

Mahmoud Abdallah Elhdad
National Center for Prosthetics
M1701274@eps.misuratau.edu.ly

Hajar Ahmed Al-Sharif
Misurata University
hajer.alshref@eps.misuratau.edu.ly

Abstract

Network planning techniques (CPM & PERT) are used for managing projects characterized by multiple and complex interdependencies between its activities to ensure control over the execution process. However, it can sometimes be difficult or impossible to draw the project network using only real activities in a way that reflects the actual technical sequence of project activities. Therefore, dummy activities are used to ensure the network aligns with the real sequence of project activities and complies with the rules for network drawing. Differences may arise among those drawing the network regarding the number and placement of dummy activities, which can lead to multiple representations of the project network. This study aims to examine the effect of variations in network drawing on the number of network paths and how this affects the information derived from the network based on the Project Evaluation and Review Technique (PERT), such as the expected time (ET) and the probability of completing the project within a certain period. Various network models, including different dummy activities, as presented in Elsheikh and Balnor (2021), were analysed. The results show that while the use of dummy activities affects the network's shape and the number of paths, the information derived from the project network remains unaffected despite variations in the network's structure and the number of paths.

Keywords : *PERT, Dummy Activities, Expected Time (ET).*

1- المقدمة

يعتبر أسلوب تقييم ومراجعة المشاريع (PERT) وهو اختصار Program (or Project) Evaluation and Review Technique من أهم نماذج بحوث العمليات في إدارة المشاريع (Project Management) بمختلف أنواعها، وتعتبر أداة فعالة في إحكام السيطرة على عملية مراقبة تنفيذ المشاريع الى أزمنة تنفيذ أنشطتها غير المعروفة على وجه التحديد. ويتم تصنيف شبكات الأعمال إلى أسلوبين رئيسيين هما أسلوب تقييم ومراجعة المشاريع (PERT) وطريقة المسار الحرج Critical Path Method (CPM) ، ويعتمد هذا التصنيف على معيار مدى دقة المعلومات المتاحة عن زمن تنفيذ أنشطة المشروع، فإذا كانت المعلومات

الخاصة بتنفيذ هذه الأنشطة معلومة على وجه التحديد فيتم استخدام طريقة (CPM)، و يتم تطبيق أسلوب (PERT) وعندما يكون الوقت اللازم لإنهاء أنشطة المشروع غير معروفة بدقة كاملة (معلومات إحصائيَّة وغير معلومة على وجه اليقين) ، (Sireesha et al., 2012) ، حيث يكون في أسلوب (PERT) ثلاث أزمنة لكل نشاط، وهي الوقت التفاؤلي (Optimistic) والذي يعني الوقت اللازم لتنفيذ النشاط في أحسن الظروف، والوقت الاعتيادي (Most Likely) وهو الوقت اللازم لتنفيذ النشاط في الظروف الاعتيادية، والوقت التشاؤمي (Pessimistic) وهو الوقت اللازم لتنفيذ النشاط في أسوء الظروف ، ومن هذه لأزمنة يتم تقدير الوقت المتوقع (Expected Time) لكل نشاط . وبهذا فإن تطبيق أسلوب (PERT) أو (CPM) يعتمد على طبيعة المعلومات المتاحة عن المدة اللازمة لتنفيذ النشاط (مؤكدة أو احتمالية) (Arsham, 1993).

وفي كلا الأسلوبين (CPM, PERT) يمكن تمثيل شبكة المشروع على شكل شبكة (Network Diagrams) بطريقتين؛ إما بتمثيل النشاط على شكل أسهم ((Activity-on-Arc (AoA)) أو على شكل عقدة ((Activity-on-Node (AoN))، (Duan, Liao, 2010). وفي هذه الورقة سيتم استخدام طريقة (AoA). والجدير بالذكر هنا هو أن بناءً شبكة المشروع يتم وفق الشروط الفنية التتابعية للأنشطة (أنشطة سابقة، أنشطة لاحقة، أخرى متوازية)، وبالشكل الذي يجعل شكل شبكة المشروع تعكس الواقع الفعلي لتتابع هذه الأنشطة على أرض الواقع. إلا أنه أحياناً يصعب أو يستحيل رسم الشبكة بالشكل الذي يعكس الواقع لذلك يتم استخدام ما يعرف بالأنشطة الوهمية (Dummy activités). وتهدف هده الورقة لمعرفة تأثير استخدام الأنشطة الوهمية على نتائج الشبكة ، بالإضافة إلى إثراء هذا الموضوع من الناحية العلمية كمساهمة في تغطية القصور في أدبيات الموضوع خاصة باللغة العربية ، حيث تبين أنه يوجد قصور حاد في الأدبيات التي تناولت كيفية استخدام الأنشطة الوهمية في معالجة رسم الشبكات في حالة تعذر رسمها باستخدام الأنشطة الاعتيادية ، وتكمن أهمية هذا في توضيح مدى تأثيرات الاختلاف في رسم شبكة (PERT) بسبب الاختلاف الذي يمكن أن يحدث عند استخدام الأنشطة الوهمية ، بالإضافة إلى تحليل أبعاد هذا التأثير ووضع تفسير منطقي لذلك ، والذي يعتبر مساهمة علمية في هذا الموضوع في ظل شح المراجع العلمية له.

2- الدراسات السابقة

تعتبر تقنية تقييم ومراجعة البرنامج (PERT) أداة مهمة في إدارة المشاريع، فهي تتيح التخطيط والجدولة الدقيقة لأنشطة المشروع المختلفة. وقد ركزت بعضها على تطبيق هذه التقنية وتحسينها، بما في ذلك استخدام الأنشطة الوهمية (Dummy Activités) لتوضيح عملية تتابع الأنشطة الفنية للمشاريع. ومن أبرز هذه الدراسات دراسة Malcolm وآخرون (1959)، الذين قدموا تقنية (PERT)لأول مرة أثناء عملهم على مشروع Polaris للصواريخ الباليستية، حيث تم استخدام الأنشطة الوهمية لتوضيح العلاقات التتابعية بين الأنشطة دون التأثير على مدة المشروع أو استهلاك موارد إضافية، وساعد هذا في تجنب التعقيدات غير الضرورية وأظهر كيفية تحسين دقة ووضوح الشبكة الزمنية للمشاريع الكبيرة.

ركزت دراسة Wiest and Levy (1977) على تطوير نماذج رياضية لتحليل شبكات (PERT) وتقليل عدم اليقين في تقدير مدة تنفيذ المشاريع، أظهرت هذه الدراسة أهمية الأنشطة الوهمية في تحسين دقة النماذج وتقليل التعقيدات الزمنية في الشبكة، وتمكن الباحثون من تقديم تمثيلات أكثر دقة لتتابع الأنشطة على الشبكة بالشكل الذي ساهم في تحسين دقة التقديرات الزمنية للمشاريع.

استعرضت دراسة Pritsker وآخرون (1969) استخدام نماذج تحاكي تحليل الجدول الزمني وإدارة الموارد في تقنية (PERT)، استخدمت الأنشطة الوهمية لتمثيل العلاقات التتابعية بين الأنشطة بشكل دقيق، مما ساعد في تحسين دقة التنبؤات المتعلقة بمدة المشروع وإدارة الموارد، وقد أظهر هذا البحث رؤيا متقدمة حول كيفية استخدام الأنشطة الوهمية لتحسين فعالية تخطيط المشاريع الكبيرة والمعقدة.

اقترحت دراسة Heagy (1985) عملية دمج تقنية (PERT) مع تقنيات التحليل الشبكي لتمثيل العلاقات بين الأنشطة بشكل أكثر ديناميكية، وأظهرت هذه الدراسة أن استخدام الأنشطة الوهمية يمكن أن تساعد في تحسين إدارة الوقت والموارد وتقليل مخاطر التأخير وعدم اليقين في جدولة المشاريع.

اقترحا Walker and Kelley (1959) أساسيات تقنية المسار الحرج ((CPM، وهي تقنية مشابهة لـ (PERT) وتستخدم الأنشطة الوهمية لتوضيح العلاقات التتابعية لأنشطة المشاريع، حيث أكدت هذه الدراسة على أهمية الأنشطة الوهمية في وضوح الشبكة وإدارة المشاريع بشكل أكثر فعالية.

ركزت دراسة Moder and Phillips (1970) على تطبيقات (PERT) في الصناعة وأظهرت كيفية استخدام الأنشطة الوهمية لتبسيط وتحسين دقة الشبكات الزمنية في المشاريع الصناعية. هذه الدراسة ساعدت في توضيح الفوائد العملية لاستخدام الأنشطة الوهمية في مشاريع الحياة الواقعية.

قدموا Li وآخرون (2018) دراسة لتحسين (PERT) من خلال دمجها مع تقنيات تحليل البيانات الكبيرة لتحسين دقة التنبؤات الزمنية وإدارة الموارد، وأظهرت أن استخدام الأنشطة الوهمية يمكن أن يساهم في تقديم تحليل أكثر دقة لعملية تتابع الأنشطة وبالتالي تحسين جدولة المشروع ككل.

أظهرت دراسة حديثة قام بها Zhou وآخرون (2020) أهمية استخدام الأنشطة الوهمية في تحسين دقة جدولة المشاريع المعقدة باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليل تتابع الأنشطة بشكل أكثر دقة، وأظهرت الدراسة أن استخدام الذكاء الاصطناعي في تعيين الأنشطة الوهمية يمكن أن يساعد في تحسين التخطيط الشامل وتقليل المخاطر المتعلقة بالتأخير في تنفيذ أنشطة المشروع

3- مشكلة البحث:

كما سبق الذكر فإن أسلوب (PERT) يستخدم كوسيلة فعالة في إدارة تنفيذ المشاريع التي تكون أزمنة تنفيذ أنشطتها غير محددة بشكل مطلق، ويبرز أهمية هذا الأسلوب في مشاريع البحث والتطوير، والتي يكون فيها الزمن اللازم لإنجاز عملية التطوير غير معروفة. وتتم عملية التخطيط لعملية تنفيذ المشروع وفقاً لهذا الأسلوب (PERT) عن طريق رسم شبكة للمشروع تعكس عملية تنفيذ المشروع على أرض الواقع، وبذلك يمكن القيام بعملية الرقابة أثناء عملية تنفيذ المشروع عن طريق متابعة الأنشطة على الشبكة ومقارنتها بما هو واقع على الأرض، وبذلك يمكن تحديد الانحرافات بينهما وبالتالي العمل على تصحيحها.

والجدير بالذكر هنا إن عملية رسم شبكة المشروع تعتمد بشكل أساسي على عدد الأنشطة بالمشروع والشروط الفنية التتابعية لهذه الأنشطة على أرض الواقع (أنشطة سابقة، أنشطة لاحقة، أنشطة متوازية). وكما سبق الذكر فإنه في هذه الورقة سيتم استخدام (AoA) ، والتي فيها يتم تمثيل كل نشاط على الرسم على شكل سهم (Arc) ويكون محصور بين عقدتين (Nodes) والتي ترسم على شكل دائرة، بحيث تمثل العقدة الأولى حدث بداية النشاط وتمثل العقدة الثانية حدث نهاية النشاط، وذلك بناءً على الشروط الفنية التتابعية للأنشطة والتي يحددها المختصين في مجال المشروع.

ولأنه توجد أحياناً معضلة في عملية رسم شبكة بعض المشاريع وفقاً للشروط التتابعية باستخدام الأنشطة الطبيعية (Normal Activities)، فإن القائمين على عملية رسم الشبكة يلجئون لحل هذه المعضلة باستخدام بعض الأنشطة الوهمية (Dummy Activities)، وذلك لخلق التوافق بين شبكة العلاقة التتابعية لأنشطة المشروع (المنصوري، 1996). ونظراً لأن شبكة المشروع التي يتم بناءها باستخدام الأنشطة الوهمية يمكن أن تبنى بأكثر من طريقة، وهذا يعتمد على عدد الأنشطة الوهمية المستخدمة في عملية رسم الشبكة بهدف خلق التوافق بين شكل الشبكة والشروط الفنية التتابعية للمشروع، فإن مشكلة هذا البحث تهدف لمعرفة ما مدى تأثير الأنشطة الوهمية (الاختلاف في رسم الشبكة) على النتائج والمعلومات المتحصل عليها من الشبكة عند تطبيق طريقة (PERT)، وعليه يمكن تلخيص مشكلة هذا البحث في الإجابة على التساؤلات التالية:

- بالرغم من أن زمن تنفيذ الأنشطة الوهمية مساوياً للصفر، فهل يؤثر الاختلاف في رسم الشبكة على عدد المسارات في الشبكة؟
- إذا اختلف عدد المسارات في الشبكة، هل يؤثر ذلك على الزمن المتوقع لإنجاز المشروع؟
- هل يؤثر الاختلاف في رسم الشبكة على احتمالات إنهاء المشروع خلال فترة زمنية معينة؟

4- منهج البحث:

إن هذه الورقة تدرس تأثير الاختلاف في استخدام الأنشطة الوهمية على نتائج أسلوب تقييم ومراجعة المشاريع (PERT). إن هذه الدراسة تعتبر دراسة نظرية ، وتعرف منهجية الدراسة النظرية، أو البحث النظري، باسم البحث النظري (Theoretical Research) أو التحليل النظري (Theoretical Analysis) ، حيث إن هذه المنهجية لا تعتمد على الواقع ولا تستند إليه ، بل تعتمد على التأمل النظري وعلى العمل العقلاني البحت الذي يعتمد على التحليل المنطقي العلمي السليم وليس على العمل التجريبي، ويهدف إلى تطوير المعارف والمفاهيم البحثية (المعرفة العلمية)، وتكون ذات فائدة على المجتمع ككل ، وبصفة عامة فهي تبحث في استنباط نظرية معينة أو البحث في صحة نظرية ما ، وتستخدم في علم بحوث العمليات لاستنباط الطرق الرياضية (الخوارزمية) التي يهدف استخدامها لحل نوع معين من المشاكل ، كما إنها يمكن أن تبحث في تطوير خوارزمية معينة بهدف تحسينها للحصول على نتائج أفضل عند تطبيقها في حل المشاكل . وهذا ما يميز هذه المنهجية عن منهجيات البحوث التطبيقية التي تهدف الي تطبيق النظريات أو الخوارزميات على أرض الواقع والتي تكون ذات فائدة للمنظمة أو الظاهرة قيد الدراسة، ولذلك

يرتبط مصطلح "الحلول مباشرة" على البحوث التطبيقية ومصطلح "زيادة المعرفة" على البحوث النظرية، وبذلك فإن الدراسات النظرية هي الأساس أو الأداة التي تستخدمها البحوث التطبيقية في دراسة الظاهرة أو في حل مشكلة ما على أرض الواقع.

ووفقاً لطبيعة مشكلة هذه الدراسة سيتم اتباع المنهج النظري التحليلي لتحليل أثر الاختلاف في استخدام الأنشطة الوهمية (رسم شبكة المشروع بأكثر من طريقة) على نتائج شبكة (PERT)، وتحليل تأثيرات هذا الاختلاف في ظل التساؤلات الواردة في هذا البحث، وبذلك يمكن للمختصين في تطبيق أسلوب (PERT) على المشاريع على أرض الواقع الاستفادة من نتائج هذه الدراسة، في الحصول على نتائج مضمونة، بالإضافة إلى توفير الوقت والجهد المبذول في تطبيق هذا الأسلوب (PERT) على أرض الواقع.

5- تقنية تقييم ومراجعة المشاريع Project Evaluation and Review Technique (PERT)

إن فريقاً بحثيًا يتألف من أعضاء مكتب المشاريع البحرية الخاصة (Lockheed) بالقوات البحرية الأمريكية هم من أظهروا هذا الأسلوب (PERT) إلى حيز الوجود، وذلك بالتعاون مع الشركة الاستشارية (Booz) بقيادة Allen، Hamilton، Malcolm ، عندما عمل هذا الفريق على تطوير تقنية (PERT) لتصميم نظام التحكم في مشروع صواريخ باليستية (Polaris Missile Project) تطلقها غواصة نووية ضمن مشروع Polaris، حيث تضمن المشروع في النهاية على 23 شبكة (PERT) تضم على ما يقارب على 2000 حدث و3000 نشاط. (Taylor, 2016)

إن تقنية (PERT) عبارة عن طريقة تستخدم لفحص المهام (الأنشطة) الواجب تنفيذها لمشروع معين ووضعها في جدول زمني يهدف إلى إحكام الرقابة عليه أثناء عملية التنفيذ لضمان تنفيذه خلال فترة زمنية معينة باحتمال معين. حيث تقوم هذه التقنية (PERT) بتحليل الوقت المطلوب لإكمال كل نشاط، وذلك في ظل العلاقات التتابعية المرتبطة بهذه الأنشطة، بالإضافة إلى تحديد أقل وقت ممكن لإنجاز المشروع، وذلك عن تقدير أقصر وقت ممكن أن يستغرقه كل نشاط، والمدة الزمنية الأكبر احتمالاً. حيث تختلف تقنية (PERT) عن طريقة المسار الحرج (CPM) في أن الأولى تفترض ثلاثة ازمنة ممكن أن ينتهي فيها تنفيذ النشاط وبتقديرات احتمالية لكل فترة زمنية، وهذه الأزمنة هي:

1) الوقت المتفائل: (Optimistic Time)
2) ويرمز له بالرمز (o)، وهو يمثل أقل فترة زمنية لازمة لتنفيذ النشاط، وفي جميع الأحوال لا يمكن تنفيذ النشاط في أقل من هذه الفترة، وهو يعني تنفيذ النشاط عندما تكون الظروف على أحسن ما يكون، أي عندما تسير عملية تنفيذ النشاط على أحسن ما يرام.
3) الوقت الاعتيادي أو الأرجح (Most Likely):
4) ويرمز لهذا الوقت بالرمز (m)، والذي يعني تنفيذ النشاط في ظل الظروف الاعتيادية، وهو الوقت الأكثر احتمالاً، وعادةً ما يتم تنفيذ النشاط خلال هذه الفترة الزمنية.
5) الوقت التشاؤمي (Pessimistic Time):

6) ويرمز له بالرمز (p)، وهو يعبر عن الفترة الزمنية التي ينفذ فيها النشاط عندما تسير الظروف بشكل سيء للغاية، والذي يعني أطول فترة زمنية يمكن أن ينتهي فيها تنفيذ النشاط، وفي جميع الأحوال لا يمكن أن يستغرق تنفيذ النشاط أطول من هذه الفترة.

7) والجدير بالذكر هنا هو أن الوقت التفاؤلي (o) والوقت التشاؤمي (p) هي أوقات شاذة ونادرة الحدوث، أما الوقت الاعتيادي (m) فهو الوقت الذي غالباً ما يحدث، وبالرغم من أن الوقت الاعتيادي (m) ذو احتمال أكبر (4/6 بناءٍ على التوزيع الطبيعي) مقارنةً بالأوقات الشاذة (o، p)، إلا أنه لا يمكن استخدامه في تقدير الوقت اللازم لإنهاء النشاط وإهمال الأوقات الأخرى (o، p) لإن احتمال وقوع كلاً منهما يساوي (1/6)، وبالتالي لا يمكن إهمالها، لذلك يتم استخدام ما يعرف بالوقت المتوقع.

8) الوقت المتوقع (Expected Time):

9) ويرمز له بالرمز (ET)، وهو الوقت الذي يتم إيجاده عن طريق التوزيع الطبيعي باستخدام المعادلة المذكورة أدناه، وذلك باستخدام بيانات الأوقات المذكورة (o، m، p) كمتغيرات في هذه المعادلة، وبالتالي يتم استخدامه للتعبير عن الوقت المتوقع لإنهاء النشاط، وبالتالي فإن معرفة احتمال إنهاء المشروع يعتمد على التباين بين الأوقات الشاذة (o،p)، ويتم حساب الوقت المتوقع (ET) وفقاً للمعادلة التالية:

$$ET = \frac{o + (4m) + \mathrm{p}}{6}$$

6- استخدام النشاط الوهمي في رسم شبكة (PERT)

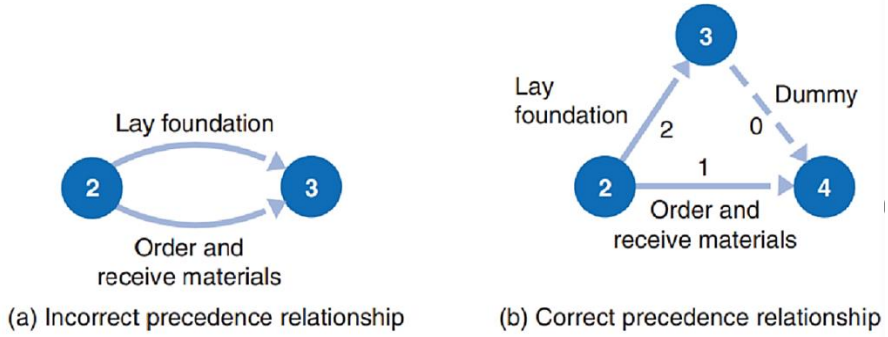
وكما سبق الذكر فإنه يصعب أحياناً أو قد يكون مستحيلاً رسم شبكة المشروع وفق الشروط التتابعية للأنشطة على أرض الواقع، لذلك يتم استخدام الأنشطة الوهمية (Dummy activities)، هي عبارة عن أنشطة غير حقيقية يتم وضعها في شبكة المشروع، بهدف تحقيق الشروط التتابعية لنشاطين أو أكثر، وهي لا تتطلب وقت ولا جهد ولا مورد، ويتم تمثيل النشاط الوهمي على الشبكة بخط منقط برأسه سهم، (2021 Construction Engineering & Management).

وتظهر أحياناً صعوبة أو استحالة عملية رسم الشبكة بما يتوافق مع الشروط التتابعية الفنية، لإن عملية رسم الشبكة يجب أن تتم وفقاً لقواعد محددة للرسم لا يمكن تجاوزها وهي كما يلي:

- رسم الشبكة يبدأ بحدث بداية واحد فقط وتنتهي أيضاً بحدث نهاية واحد فقط.
- يجب ألا يكون هناك تقاطع بين أنشطة المشروع (أسهم الشبكة)
- لا يمكن رسم نشاطين يبدان من نفس الحدث وينتهيان في نفس حدث النهاية، إلا أنهما يمكن أن يبدان من حدث بداية واحدة وينتهيان بحدثين مختلفين، كما أنهما يمكن أن يبدأن من حدثان مختلفان وينتهيان في نفس الحدث.
- يجب ترقيم الأحداث بشكل تسلسلي ابتداء من حدث البداية إلى حدث النهاية.

- كما أن أنشطة الشبكة (الأسهم) يجب أن تكون على شكل انسيابي إلى الأمام ابتداء من حدث بداية المشروع ولا ترجع الى الوراء (Tikoo,.2012)

لتوضيح فكرة استخدام النشاط الوهمي، نفرض أن النشطان (وضع الأساس، طلب واستلام المواد) ويبدأن من نفس الحدث (2) وينتهيان في نفس الحدث (3)، وهذا مخالف لشروط رسم الشبكات كما في الجزء (a) في الشكل رقم (1)، ويمكن معالجة ذلك بإضافة نشاط وهمي (Dummy) كما في الجزء (b) من ذات الشكل.



شكل (1) يبين كيفية تحقيق علاقة تتابعية باستخدام نشاط وهمي (Dummy)

المصدر: Taylor (2016)

7- الجانب العملي

إن هذه الورقة تبحث في تأثير استخدام الانشطة الوهمية على شبكة (PERT)، لمعرفة ما مدى تأثير الاختلاف في رسم الشبكة باستخدام الأنشطة الوهمية (رسم شبكة المشروع بأكثر من طريقة) على نتائج أسلوب (PERT).

الجدير بالذكر هنا أنه في الورقة العلمية الخاصة بـ (الشيخ وبالنور 2021) تم استخدم مثال افتراضي يتعذر فيه رسم الشبكة بالأنشطة الاعتيادية (بدون استخدام أنشطة وهمية)، وقد قاما الباحثان برسم شبكة الأعمال التي تخص هذا المثال بعدة أشكال (خمسة أشكال مختلفة) ، بهدف دراسة تأثير التغير في شكل الشبكات على نتائج طريقة (CPM) ، وفي هذه الورقة سيتم استخدام ذات المثال لدراسة تأثير الاختلاف في رسم الشبكات على نتائج أسلوب (PERT) ، والجدول التالي يبين بيانات المثال الذي أستخدمه (الشيخ وبالنور 2021) والذي سيتم تطبيقه في هذه الورقة على أسلوب (PERT).

جدول (1) يبين الشروط التتابعية لأنشطة المشروع مقدرة بالأسابيع

Activities	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	T
Previous	-	A	A	B	C	D, E	J, E	F, G, T	A	I	J, E
Time	2	4	5	4	3	3	2	6	3	4	5

المصدر: الشيخ وبالنور (2021)

وبناء على الجدول السابق تم افتراض قيم لأزمنة شبكة (PERT) وهي (p، m، o)، بطريقة ستظهر قيمة الوقت المتوقع (ET) مساوية للقيم المدونة في الجدول (1)، وعليه ستكون قيم الأزمنة الثلاثة (o، m، p) الخاصة بشبكة (PERT) كما هي موضحة في الجدول التالي:

جدول (2) يبين الأزمنة الثلاثة (o، m، p) الخاصة بأسلوب (PERT)

Activities	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	T
o	1	3	3	3	1	2	1	4	2	2	4
m	2	3	4	4	2	2	2	5	2	3	5
p	3	9	11	5	9	8	3	12	8	10	6

بعد افتراض الأزمنة الخاصة بشبكة (PERT) وهي (o، m، p) تم إيجاد الوقت المتوقع لكل نشاط، وذلك وفقاً للقانون التالي وكما تظهر في الجدول (3):

$$ET = \frac{o + (4m) + \mathrm{p}}{6}$$

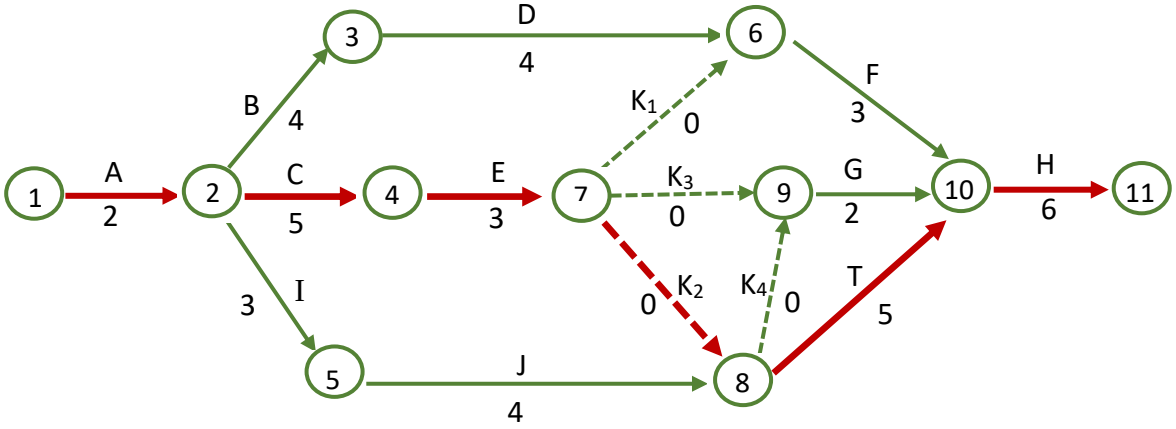
جدول (3) يبين الوقت المتوقع (ET) على شبكة (PERT)

Activities	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	T
Previous	-	A	A	B	C	D, E	J, E	F, G, T	A	I	J, E
ET	2	4	5	4	3	3	2	6	3	4	5

وبعد الانتهاء من إيجاد الوقت المتوقع لكل أنشطة المشروع، سنقوم برسم شبكة المشروع بخمسة طرق مختلفة (5 شبكات مختلفة في شكلها) باستخدام عدد مختلف من الأنشطة الوهمية، ومن تم إيجاد الاحتمالات المختلفة لعدة أوقات يمكن أن ينتهي فيها المشروع، وذلك بهدف الوقوف على مدى التغيرات التي يمكن أن تطرأ على نتائج شبكة (PERT)، وذلك كما يلي:

أ) رسم شبكة المشروع بالطريقة الأولى:

وفي هذه الطريقة سيتم رسم الشبكة باستخدام اربع أنشطة وهمية ، وذلك كما يظهر في مخطط الشبكة في الشكل رقم (2)، بهدف تحقيق الشروط التتابعية في الجدول السابق (3) حيث تم باستخدام النشاط الوهمي الأول (K_1) لتحقيق الشروط التتابعية اللازمة لرسم النشاط (F)، الذي لابد أن يسبقه كلا من النشاطين (D,E) ، وتم استخدام النشاط الوهمي الثاني (K_2) لتحقيق شرط رسم الأنشطة (G,T) ، ويتم استخدام النشاط الوهمي الثالث (K_3) لتحقيق شرط أسبقية النشاط (E) للنشاط (G) ، واستخدام النشاط الوهمي (K_4) لتحقيق أسبقية النشاط (G) للنشاط (J) .



شكل (2) يوضح شبكة الأعمال وفقاً للطريقة الأولى (الشيخ والنور 2021)

وحتى نتمكن من إيجاد احتمالات إنهاء المشروع خلال فترات معينة نقوم بالخطوات التالي:

ب)تحديد مسارات الشبكة:

بعد فحص الشبكة في الشكل البياني (2)، تبين أن الشبكة تحتوي على عدد (7) مسارات كما هي موضحة في الجدول التالي:

جدول (4) مسارات الشبكة وطول كل مسار وفقاً للرسم بالطريقة الأولى

NO.	أنشطة المسار	طول المسار مقدر بالأسابيع
1	A, B, D, F, H	19
2	A, C, E, K_1, F, H	19
3	A, C, E, K_3, G, H	18
4	A, C, E, K_2, K_4, G, H	18
5	**A, C, E, K_2, T, H**	**21**
6	A, I, J, K_4, G, H	17
7	A, I, J, T, H	20

المصدر: الشيخ وبالنور (2021)

ويتبين من الجدول (4) أن أطول مسار (المسار الحرج) هو المسار الخامس والذي يتكون من الأنشطة (A،C، E، K_2، T، H)، والذي يبلغ طوله (21 أسبوع).

ج) تباين الأنشطة الحرجة:

في هذه الخطوة يتم فيها إيجاد تباين الأنشطة الحرجة (أنشطة أطول مسار)، وهي الأنشطة (A،C ، E،K2، T، H)، وذلك عن طريق إيجاد التباين لكل نشاط من هذه الأنشطة، وذلك بتطبيق القانون التالي:

$$\sigma^2 = (\frac{p-o}{6})^2$$

جدول (5) يبين تباين الأنشطة الحرجة وفقاً لرسم الشبكة بالطريقة الأولى

NO	Activity	$\sigma^2 = (\frac{p-o}{6})^2$
1	A	$\sigma_A^2 = (\frac{3-1}{6})^2 = \frac{4}{36}$
2	C	$\sigma_C^5 = (\frac{11-3}{6})^2 = \frac{64}{36}$
3	E	$\sigma_E^3 = (\frac{9-1}{6})^2 = \frac{64}{36}$
4	K_2	0
5	T	$\sigma_T^5 = (\frac{6-4}{6})^2 = \frac{4}{36}$
6	H	$\sigma_H^6 = (\frac{12-4}{6})^2 = \frac{64}{36}$

د) إيجاد الانحراف المعياري للمسار الحرج:

في هذه الخطوة سيتم إيجاد الانحراف المعياري للأنشطة الحرجة، وهو الجدر التربيعي لتباين الأنشطة الحرجة والذي تم إيجاده في الخطوة السابقة، وبذلك يكون الانحراف المعياري للأنشطة الحرجة كالتالي:

$$\sigma = \sqrt[2]{\frac{4}{36} + \frac{64}{36} + \frac{64}{36} + \frac{4}{36} + \frac{64}{36}} \qquad \sigma = \sqrt[2]{\frac{200}{36}} = 2.36$$

1)إيجاد قيمة (Z) الجدولية واحتمال إنهاء المشروع لعدة قيم لـ (D):

في هذه الخطوة نقوم بإيجاد الاحتمال المتوقع لإنهاء المشروع، ولكي نضمن نتائج دقيقة لهذا البحث سنقوم بإيجاد احتمالات انهاء المشروع لعدد من الفترات، ونظراً لأن طول المسار الحرج هو (21 أسبوع)، سنوجد احتمالات إنهاء المشروع لعدد 5 فترات أقل من طول المسار الحرج وهي (20، 19، 18، 17، 16)، وخمسة فترات أخرى تكون أطول من المسار الحرج وهي (26، 25، 24، 23، 22)، بالإضافة إلى احتمال إنها المشروع خلال فترة المسار الحرج .

ويتم معرفة مقدار احتمال إنهاء المشروع خلال هذه الفترات عن طريق إيجاد قيمة (z) الجدولية عن طريق القانون التالي:

$$z_D = \frac{D - C}{\sigma}$$

حيث أن:

D : الفترة الزمنية الواجب إيجاد احتمال إنهاء المشروع خلالها

C : طول المسار الحرج

σ : الانحراف المعياري للمسار الحرج (الأنشطة الحرجة).

وتظهر احتمالات إنهاء المشروع خلال الفترة (D) كما هي مبينة في الجدول التالي:

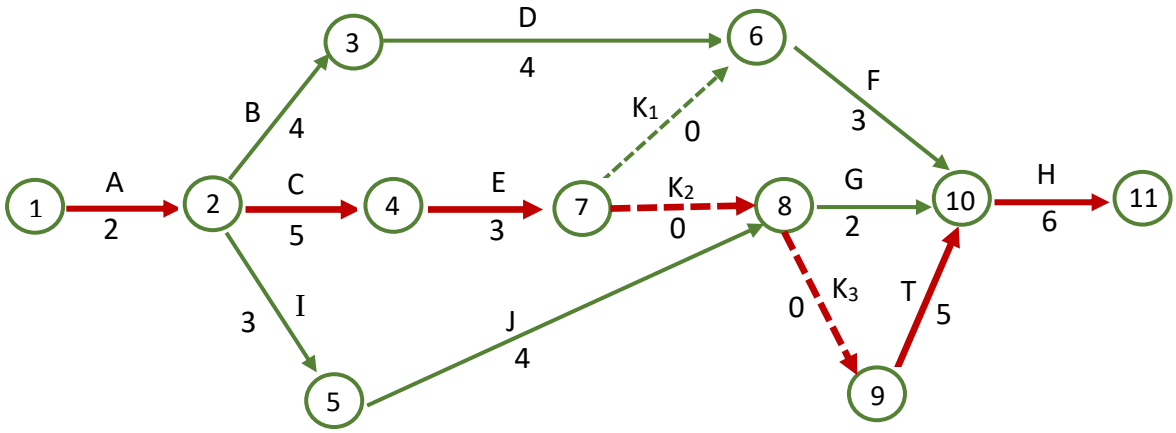
جدول (6) يبين قيم (z) الجدولية واحتمال إنهاء المشروع خلال فترات معينة وفقاً لرسم الشبكة بالطريقة الأولى

NO	Value of D	$z_D = \frac{D - C}{\sigma}$	احتمال إنهاء المشروع
1	16	$z_{16} = \frac{16 - 21}{2.36} = -2.12$	1.70%
2	17	$z_{17} = \frac{17 - 21}{2.36} = -1.69$	4.55%
3	18	$z_{18} = \frac{18 - 21}{2.36} = -1.27$	10.20%
4	19	$z_{19} = \frac{19 - 21}{2.36} = -0.85$	19.77%
5	20	$z_{20} = \frac{20 - 21}{2.36} = -0.42$	33.72%
6	21	$z_{21} = \frac{21 - 21}{2.36} = 0$	50%
7	22	$z_{22} = \frac{22 - 21}{2.36} = 0.42$	66.28%
8	23	$z_{23} = \frac{23 - 21}{2.36} = 0.85$	80.23%
9	24	$z_{24} = \frac{24 - 21}{2.36} = 1.27$	89.80%
10	25	$z_{25} = \frac{25 - 21}{2.36} = 1.69$	95.45%
11	26	$z_{26} = \frac{26 - 21}{2.36} = 2.12$	98.30%

يبين الجدول السابق إن احتمال إنها المشروع خلال الفترات المحددة ، فاحتمال إنهاء المشروع في فترة (16 أسبوع) هو (1.70%)، واحتمال إنهاءه في (17 أسبوع) هو (4.55%).. وهكذا حتى نصل إلى احتمال (98.30%) وذلك عندما تكون فترة إنهاء المشروع هو (26 أسبوع) .

ه) رسم شبكة المشروع بالطريقة الثانية :

فيهذه الشبكة تم استخدام (3) أنشطة وهمية (K_1,K_2,K_3) كما هي موضحة في الشكل (3).



شكل (3) يوضح شبكة الأعمال وفقاً للطريقة الثانية (الشيخ وبالنور 2021)

بعد فحص الشبكة والتي تم رسمها باستخدام 3 أنشطة وهمية (K_1 , K_2 , K_3) تبين أنها تحتوي على عدد (6) مسارات كما هي مبينة في الجدول التالي:

جدول (7) مسارات الشبكة وطول كل مسار وفقاً للرسم بالطريقة الثانية

NO.	أنشطة المسار	طول المسار
1	A , B , D , F , H	19
2	A , C , E , K_1 , F , H	19
3	A , C , E , K_2 , G , H	18
4	**A , C , E , K_2 , K_3 , T , H**	**21**
5	A, I, J, G, H	17
6	A, I, J, K_3, T, H	20

المصدر: الشيخ وبالنور (2021)

المسار الحرج (الأطول) هو (A , C , E , K_2 , K_3 , T , H) يبلغ طوله (21 أسبوع)

وبنفس الطريقة تم إيجاد الانحراف المعياري للمسار الحرج كالتالي:

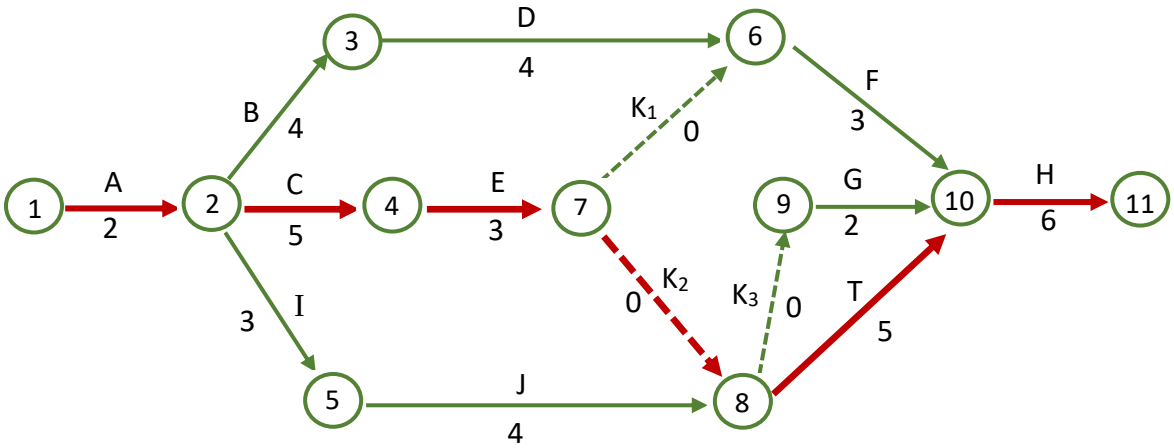
$$\sigma = \sqrt[2]{\frac{4}{36}+\frac{64}{36}+\frac{64}{36}+\frac{4}{36}+\frac{64}{36}} \qquad \sigma = 2.36$$

جدول (8) يبين قيم (z) الجدولية واحتمال إنهاء المشروع وفقاً لرسم الشبكة بالطريقة الثانية

NO	Value of D	$z_D = \frac{D - C}{\sigma}$	احتمال إنهاء المشروع
1	16	$z_{16} = \frac{16 - 21}{2.36} = -2.12$	1.70%
2	17	$z_{17} = \frac{17 - 21}{2.36} = -1.69$	4.55%
3	18	$z_{18} = \frac{18 - 21}{2.36} = -1.27$	10.20%
4	19	$z_{19} = \frac{19 - 21}{2.36} = -0.85$	19.77%
5	20	$z_{20} = \frac{20 - 21}{2.36} = -0.42$	33.72%
6	21	$z_{21} = \frac{21 - 21}{2.36} = 0$	50%
7	22	$z_{22} = \frac{22 - 21}{2.36} = 0.42$	66.28%
8	23	$z_{23} = \frac{23 - 21}{2.36} = 0.85$	80.23%
9	24	$z_{24} = \frac{24 - 21}{2.36} = 1.27$	89.80%
10	25	$z_{25} = \frac{25 - 21}{2.36} = 1.69$	95.45%
11	26	$z_{26} = \frac{26 - 21}{2.36} = 2.12$	98.30%

ج) رسم شبكة المشروع بالطريقة الثالثة :

في هذه الطريقة أيضاً تم استخدام ثلاثة أنشطة وهمية وهي(K_1, K_2, K_3) ، لتحقيق الشروط التتابعية للمشروع ، وبهذا يظهر شكل الشبكة كما هو موضح في الشكل التالي رقم (4) :



شكل (4) يوضح شبكة الأعمال وفقًا للطريقة الثالثة (الشيخ وبالنور 2021)

نلاحظ من الشكل (4) أنه يحتوي على عدد (6) مسارات وعدد (3) أنشطة وهمية (K_1 , K_2 , K_3) كما هي موضحة في الجدول التالي:

جدول (9) مسارات الشبكة وأطوالها وفقاً للرسم بالطريقة الثالثة

NO.	أنشطة المسار	طول المسار
1	A , B , D , F , H	19
2	A , C , E , K_1 , F , H	19
3	A , C , E , K_2 ,K_3, G , H	18
4	**A , C , E , K_2 , T , H**	**21**
5	A, I , J , K_3, G , H	17
6	A , I , J , K_3, T , H	20

المصدر: الشيخ وبالنور (2021)

وإن المسار الحرج هو المسار: (A , C , E , K_2 , T , H) ويبلغ طوله (21 أسبوع) ، وبهذا يكون الانحراف المعياري لهذا المسار يساوي

$$\sigma = \sqrt[2]{\frac{4}{36}+\frac{64}{36}+\frac{64}{36}+\frac{4}{36}+\frac{64}{36}} \qquad \sigma = 2.36$$

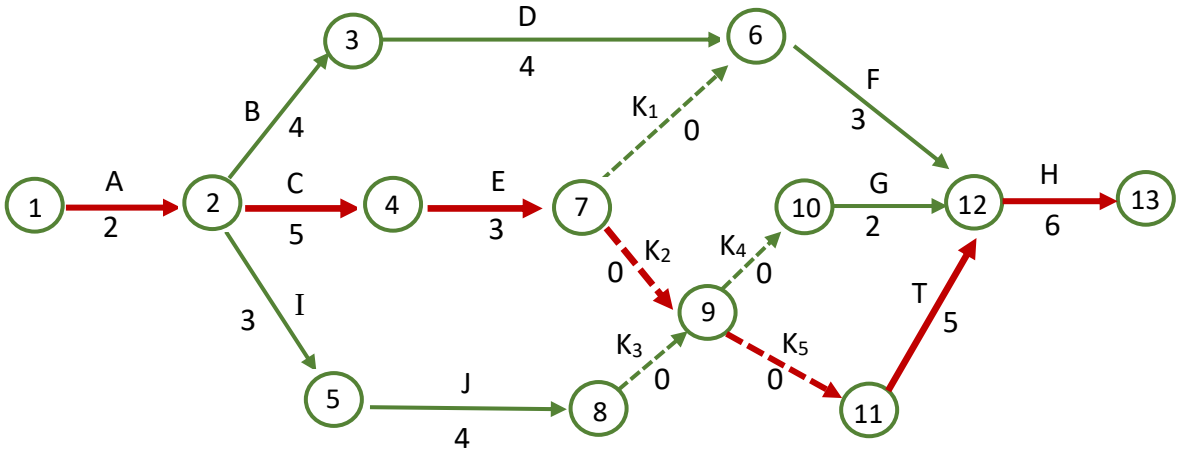
والجدول (10) يبين قيم (Z) الجدولية واحتمال إنهاء المشروع لقيم (D).

جدول (10) يبين قيم (z) الجدولية واحتمال إنهاء المشروع وفقاً لرسم الشبكة بالطريقة الثالثة

NO	Value of D	$z_D = \frac{D-C}{\sigma}$	احتمال إنهاء المشروع
1	16	$z_{16} = \frac{16-21}{2.36} = -2.12$	1.70%
2	17	$z_{17} = \frac{17-21}{2.36} = -1.69$	4.55%
3	18	$z_{18} = \frac{18-21}{2.36} = -1.27$	10.20%
4	19	$z_{19} = \frac{19-21}{2.36} = -0.85$	19.77%
5	20	$z_{20} = \frac{20-21}{2.36} = -0.42$	33.72%
6	21	$z_{21} = \frac{21-21}{2.36} = 0$	50%
7	22	$z_{22} = \frac{22-21}{2.36} = 0.42$	66.28%
8	23	$z_{23} = \frac{23-21}{2.36} = 0.85$	80.23%
9	24	$z_{24} = \frac{24-21}{2.36} = 1.27$	89.80%
10	25	$z_{25} = \frac{25-21}{2.36} = 1.69$	95.45%
11	26	$z_{26} = \frac{26-21}{2.36} = 2.12$	98.30%

د) **رسم شبكة المشروع بالطريقة الرابعة:**

هنا تم استخدام (5) أنشطة وهمية (K_1,K_2,K_3,K_4,K_5) كما هي موضحة في الشكل (5).



شكل (5) يوضح شبكة الأعمال وفقاً للطريقة الرابعة (الشيخ وبالنور 2021)

الجدول (11) يبين مسارات الشبكة والتي عددها (6) مسارات تم رسمها بعدد (5) أنشطة وهمية:

جدول (11) مسارات الشبكة واطوالها وفقاً للرسم بالطريقة الرابعة

NO.	أنشطة المسار	طول المسار
1	A , B , D , F , H	19
2	A , C , E , K_1 , F , H	19
3	A , C , E , K_2 ,K_4 , G , H	18
4	**A , C , E , K_2 , K_5 , T , H**	**21**
5	A, I , J , K_3 , K_4 , G , H	17
6	A , I , J , K_3 , K_5 , T , H	20

المصدر: الشيخ وبالنور (2021)

ويتبين من الجدول (11) أن المسار الأطول هو المسار: (A , C , E , K_2 , K_5 , T , H) وطوله (21 أسبوع) ، أن تباين الأنشطة الحرجة يساوي:

$$\sigma = \sqrt[2]{\frac{4}{36}+\frac{64}{36}+\frac{64}{36}+\frac{4}{36}+\frac{64}{36}} \qquad \sigma = 2.36$$

والجدول التالي يبين قيم (Z) الجدولية واحتمال إنهاء المشروع لقيم (D):

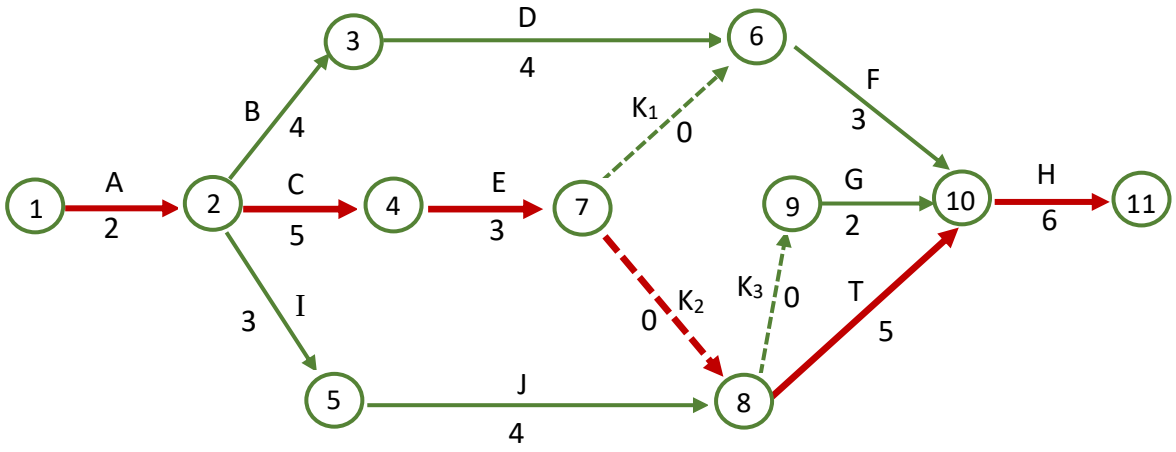
جدول (12) يبين قيم (z) الجدولية واحتمال إنهاء المشروع خلال فترات معينة وفقاً لرسم الشبكة بالطريقة الرابعة

NO	Value of D	$z_D = \frac{D-C}{\sigma}$	احتمال إنهاء المشروع
1	16	$z_{16} = \frac{16-21}{2.36} = -2.12$	1.70%
2	17	$z_{17} = \frac{17-21}{2.36} = -1.69$	4.55%
3	18	$z_{18} = \frac{18-21}{2.36} = -1.27$	10.20%

4	19	$z_{19} = \frac{19-21}{2.36} = -0.85$	19.77%
5	20	$z_{20} = \frac{20-21}{2.36} = -0.42$	33.72%
6	21	$z_{21} = \frac{21-21}{2.36} = 0$	50%
7	22	$z_{22} = \frac{22-21}{2.36} = 0.42$	66.28%
8	23	$z_{23} = \frac{23-21}{2.36} = 0.85$	80.23%
9	24	$z_{24} = \frac{24-21}{2.36} = 1.27$	89.80%
10	25	$z_{25} = \frac{25-21}{2.36} = 1.69$	95.45%
11	26	$z_{26} = \frac{26-21}{2.36} = 2.12$	98.30%

ه) رسم شبكة المشروع بالطريقة الخامسة :

في هذه الطريقة تم استخدام ثلاثة أنشطة وهمية وهي (K_1, K_2, K_3)، بعدد (6) مسارات كما هي مبينة في الشكل التالي:



شكل (6) يوضح شبكة الأعمال وفقاً للطريقة الخامسة (الشيخ وبالنور 2021)

الجدول التالي يبين عدد مسارات هذه الشبكة والأنشطة الوهمية المستخدمة في عملية الرسم:

جدول (13) مسارات الشبكة وأطوالها وفقاً للرسم بالطريقة الخامسة

NO	أنشطة المسار	طول المسار
1	A , B , D , F , H	19
2	A , C , E , K_1 , F , H	19
3	A , C , E , K_2 , G , H	18
4	**A , C , E , K_2 , T , K_5 , H**	**21**
5	A, I , J , G , H	17
6	A , I , J , T , K_3 , H	20

المصدر: الشيخ وبالنور (2021)

ويتبين من هذا الجدول إن أطول مسار: (A , C , E , K_2 , T , K_5 , H) و طوله (21 أسبوع)، وبهذا يكون الانحراف المعياري لهذا المسار يساوي

$$\sigma = \sqrt[2]{\frac{4}{36}+\frac{64}{36}+\frac{64}{36}+\frac{4}{36}+\frac{64}{36}} \qquad \sigma = 2.36$$

جدول (14) قيم (z) الجدولية واحتمالات إنهاء المشروع وفقاً لرسم الشبكة بالطريقة الخامسة

NO	Value of D	$z_D = \frac{D-C}{\sigma}$	احتمال إنهاء المشروع
1	16	$z_{16} = \frac{16-21}{2.36} = -2.12$	1.70%
2	17	$z_{17} = \frac{17-21}{2.36} = -1.69$	4.55%
3	18	$z_{18} = \frac{18-21}{2.36} = -1.27$	10.20%
4	19	$z_{19} = \frac{19-21}{2.36} = -0.85$	19.77%
5	20	$z_{20} = \frac{20-21}{2.36} = -0.42$	33.72%
6	21	$z_{21} = \frac{21-21}{2.36} = 0$	50%
7	22	$z_{22} = \frac{22-21}{2.36} = 0.42$	66.28%
8	23	$z_{23} = \frac{23-21}{2.36} = 0.85$	80.23%
9	24	$z_{24} = \frac{24-21}{2.36} = 1.27$	89.80%
10	25	$z_{25} = \frac{25-21}{2.36} = 1.69$	95.45%
11	26	$z_{26} = \frac{26-21}{2.36} = 2.12$	98.30%

8- الاستنتاجات

بهدف الوصول إلى استنتاجات دقيقة، تم تجميع نتائج تطبيق أسلوب (PERT) باستخدام الطرق الخمسة المختلفة في عملية رسم شبكة المشروع باستخدام عدد من الأنشطة الوهمية كما هي مبينة في الجدول (15)، حيث تم تجميع نتائج احتمالات إنهاء المشروع خلال الفترات التي تم تحديدها سلفاً مقدرة بالأسابيع (16 , 17 , 18 , ... , 26)، وذلك وفقاً لكل طريقة من طرق الرسم المختلفة.

يتبين من هذا الجدول أن عدد الأنشطة الوهمية المستخدمة في عملية رسم الشبكات يمكن أن تختلف من شبكة إلى أخرى، فعلى سبيل المثال في الشبكة الثانية تم استخدام (3) أنشطة وهمية بينما في الشبكة

الرابعة تم استخدام (5) أنشطة وهمية. كما إن عدد مسارات الشبكة يمكن أن تختلف من طريقة إلى أخرى أيضاً، فكان عدد مسارات الشبكة المرسومة وفقاً للطريقة الأولى (7) مسارات، بينما في الشبكة المرسومة بالطريقة الثانية كان عدد مساراتها (6) مسارات.

جدول (15) احتمالات إنهاء المشروع خلال الفترات ولكافة الطرق المستخدمة في رسم الشبكة

ر.م	طريقة الرسم	عدد الأنشطة الوهمية	عدد مسارات الشبكة	احتمالات أنهاء المشروع خلال الفترات المطلوبة % (Value of D)										
				16 (%)	17 (%)	18 (%)	19 (%)	20 (%)	21 (%)	22 (%)	23 (%)	24 (%)	25 (%)	26 (%)
1	الأولى	4	7	1.70	4.55	10.20	19.77	33.72	50	66.28	80.23	89.80	95.45	98.30
2	الثانية	3	6	1.70	4.55	10.20	19.77	33.72	50	66.28	80.23	89.80	95.45	98.30
3	الثالثة	3	6	1.70	4.55	10.20	19.77	33.72	50	66.28	80.23	89.80	95.45	98.30
4	الرابعة	5	6	1.70	4.55	10.20	19.77	33.72	50	66.28	80.23	89.80	95.45	98.30
5	الخامسة	3	6	1.70	4.55	10.20	19.77	33.72	50	66.28	80.23	89.80	95.45	98.30

كما أنه ما تم ملاحظة إن الزيادة في عدد الأنشطة الوهمية المستخدمة في عملية الرسم ليس بالضرورة أن يكون له تأثير طردي على عدد مسارات الشبكة، ففي الشبكة الأولى تم استخدام (4) أنشطة وهمية فقط وكان عدد مساراتها (7) مسارات، في حين أنه في الشبكة الثانية تم استخدام (5) أنشطة وهمية إلا أن عدد مساراتها كان أقل (6 مسارات فقط). والجدير بالذكر أيضاً إن الاختلاف في عملية الرسم لم يكن له تأثير على احتمالات إنهاء المشروع خلال الفترة المطلوبة (D)، فاحتمال إنهاء المشروع خلال فترة (16 اسبوع) هي ثابتة في كل الحالات الخمسة، حيث كان احتمال إنهاء المشروع خلال هذه الفترة هو (1.70%)، واحتمال إنها المشروع في فترة (17 أسبوع) في الحالات الخمس كان ثابتاً أيضاً وهو (4.55%)، وهكذا فإن احتمالات إنها المشروع في كافة الطرق كانت متساوية أيضاً وفي باقي الفترات (18 , 19 , 20 ,... 26). وبهذا يمكن التأكيد بأن الاختلاف في استخدام الأنشطة الوهمية من حيث عددها ومكان تمركزها يؤثر في شكل الشبكة وعدد مساراتها، إلا أنه لا يؤثر على طول المسار الحرج (21 أسبوع)، ولا يؤثر أيضاً على احتمالات انهاء المشروع خلال الفترات المطلوبة (D). وعليه فإنه يمكن تلخيص الاستنتاجات الخاصة بهذه الدراسة في النقاط التالية والتي تجيب عن تساؤلاتها، وهي كالتالي:

- إن الاختلاف في طريقة رسم الشبكة باستخدام الأنشطة الوهمية يؤثر بشكل مباشر على شكل الشبكة وعدد مساراتها، وهذه هي الإجابة على التساؤل الأول في هذه الدراسة.
- إن الزيادة في عدد الأنشطة الوهمية المستخدمة في رسم الشبكة ليس بالضرورة أن يؤثر طردياً على زيادة عدد مسارات الشبكة.
- إن الاختلاف في رسم الشبكة باستخدام الأنشطة الوهمية لا يؤثر على طول أطول مسار في الشبكة (المسار الحرج)، كما أن الأنشطة الحقيقية للمسار الحرج ثابتة ولا تتغير، إلا أن الأنشطة الوهمية الواقعة على هذا المسار يمكن أن تتغير، وهذا ما أثبتته أيضاً دراسة (الشيخ وبالنور، 2021) عند

دراستهم لتأثير الأنشطة الوهمية على طريقة المسار الحرج (CPM)، وهذه هي الإجابة على التساؤل الثاني في هذه الدراسة.

- إن الاختلاف في شبكة المشروع باستخدام الأنشطة الوهمية لا يؤثر على احتمالات إنهاء المشروع خلال الفترة المطلوبة (قيمة zفي جدول التوزيع الطبيعي)، وهذه هي الإجابة على التساؤل الثالث في هذه الدراسة.

9- التوصيات:

من النتائج السابقة يمكن تلخيص التوصيات الخاصة بهذه الدراسة في النقاط التالية:

- في حالة تعذر رسم شبكة المشروع بالأنشطة الاعتيادية (الحقيقية)، فإنه يمكن استخدام أي عدد من الأنشطة الوهمية.
- إن عدد مسارات الشبكة يمكن أن يزداد تبعاً لزيادة الأنشطة الوهمية المستخدمة في رسم شبكة المشروع، إلا إن هذا لن يؤثر على احتمالات إنهاء المشروع خلال الفترة المطلوبة (D)، لذلك يجب على مستخدمي هذه التقنية (PERT) عدم أهدار الوقت في عملية رسم الشبكة بهدف تقليل عدد الأنشطة الوهمية المستخدمة في عملية رسم الشبكة.
- ونظراً لأنه لا يوجد دراسة متاحة تبين ما مدى تأثير استخدام الأنشطة الوهمية على شبكات الأعمال في حالة الإسراع، والتي تهتم بعملية تنفيذ المشروع وإنهائه قبل الفترة المحددة له بأقل تكلفة ممكنة، لذلك نوصي بدراسة هذا الموضوع.

10- الخلاصة:

اهتمت هذه الورقة بدراسة تقنية ومراجعة وتقييم المشاريع (PERT) في شبكات الأعمال، حيث درست تأثير الأنشطة الوهمية على طريقة (PERT)، والتي يتم استخدامها عندما يتعذر رسم شبكة المشروع باستخدام الأنشطة الحقيقية بما يتوافق مع الشروط التتابعية لأنشطة المشروع، فيتم إضافة نشاط وهمي أو أكثر لتحقيق الشروط الفنية التابعة للأنشطة على الشبكة وبالشكل الذي يجعل الشبكة تحاكي المشروع على أرض الواقع.

وقد تم دراسة ما مدى تأثير الاختلاف في استخدام الأنشطة الوهمية على نتائج (PERT)، عن طريق استخدام الأنشطة الوهمية بأكثر من طريقة (رسم أكثر من شبكة للمشروع)، بهدف معرفة تأثير الاختلاف في رسم شبكة على احتمالات إنهاء المشروع خلال فترات معينة. وللوقوف على نتائج حقيقية ودقيقة تم استخـدام المثال الذي فرضته دراسة (الشيخ، بالنور 2021)، وهو مثال افتراضي تم رسمه بخمسة طرق مختلفة (5 شبكات مختلفة)، وتم تطبيق هذا المثال الافتراضي على تقنية (PERT)، ومن تم استخلاص نتائج هذه الشبكات المختلفة، والتي هي في حقيقة الأمر تمثل مشروع واحد.

وقد أظهرت نتائج البحث أنه يمكن رسم شبكات المشروع بأكثر من طريقة عند استخدام الأنشطة الوهمية، وإن استخدام هذه الأنشطة يمكن أن تؤثر في عدد المسارات في الشبكة، إلا أنها لا تؤثر على طول المسار الحرج، كما إنها لا تؤثر على احتمالات انهاء المشروع خلال الفترة المطلوبة (قيمة zفي جدول التوزيع الطبيعي) ، كما أنها لا تؤثر على الأنشطة الحقيقية الواقعة على المسار الحرج وقد تؤثر على الأنشطة الوهمية الواقعة عليه ، بالرغم من أنها قد تكون لها تأثير على عدد مسارات الشبكة .

المراجع:

الشيـــخ، بالنور ،(2021) ، مجلة دراسات الأعمال والاقتصاد ، المجلد 8 ، العدد 2 ، ديسمبر 2021.

المنصوري، محمود محمد، أساليب بحوث العمليات واستخداماتها ط1 1996 ، منشورات مركز بحوث العلوم الاقتصادية.

Arsham, Hossein.(1993)" Managing project activity-duration uncertainties". Elsevier, https://econpapers.repec.org/article/eeejomega/.

Bernard W. Taylor III. (2016), "*Introduction to Management Science*" , Pearson Education, New York, Edition 12.

Construction Engineering & Management, (2021), Dummy activity in network analysis:
https://theconstructor.org/construction/dummy-activity-network-analysis/31502

Duan , Q & Warren Liao, T.(2010)," Improved ant colony optimization algorithms for determining project critical paths", Automation in Construction, Vol 19, Issue 6, 676-693.

Heagy, C. D. (1985). Network Models for Project Planning and Scheduling. John Wiley & Sons

Kelley, J. E., & Walker, M. R. (1959). Critical-path planning and scheduling: Mathematical basis. Operations Research, 9(3), 296-320.

Li, X., Chen, Y., & Zhang, J. (2018). Enhancing PERT with Big Data Analytics: A New Approach for Project Management. International Journal of Project Management, 36(2), 225-236.

Malcolm, D. G., Roseboom, J. H., Clark, C. E., & Fazar, W. (1959). Application of a Technique for Research and Development Program Evaluation. Operations Research, 7(5), 646-669.

Moder, J. J., & Phillips, C. R. (1970). Project Management with CPM, PERT and Precedence Diagramming. Van Nostrand Reinhold.

Sireesha, V al. (2012)," Critical path analysis in the network with fuzzy interval numbers as activity times ", International Journal of Engineering Science and Technology, ISSN : 0975-5462, Vol. 4.

Pritsker, A. A. B., Sigal, C. E., & Hammesfahr, J. F. (1969). The Use of Simulation in PERT/CPM Network Analysis. Management Science, 15(6), B-276-B-297

Tikoo, Neha. (2012),"Operations Research", Excel Books Private Limited A-45, New Delhi.

Wiest, J. D., & Levy, F. K. (1977). A Management Guide to PERT/CPM: With GERT/PDM/DCPM and Other Networks. Prentice Hall.

Zhou, L., Zhang, Y., & Wang, Z. (2020). Application of AI in Project Scheduling: Improving PERT with Machine Learning. Journal of Project Management, 35(4), 567-579.