

عنوان البحث

إدارة المشاريع باستخدام تقنية المسار الحرج

إعداد الطالب/

عبير المهيزع

إشراف/

العام الدراسي:

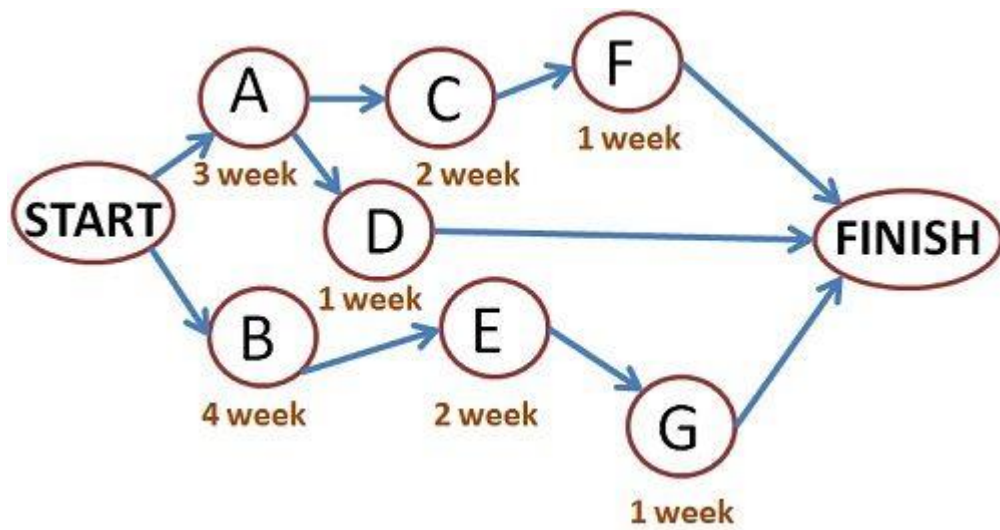
2024

مقدمة:

تعد إدارة المشاريع نهج منظم لتخطيط وتنفيذ ووضع اللمسات الأخيرة على المشاريع في أي صناعة. ويتضمن تطبيق المعرفة والمهارات والأدوات والتقنيات على أنشطة المشروع لتلبية متطلبات المشروع. وتتجلى أهمية إدارة المشاريع في مختلف الصناعات، بما في ذلك البناء وتكنولوجيا المعلومات والرعاية الصحية والتمويل، حيث يعد التنفيذ الفعال للمشروع أمرًا بالغ الأهمية لتحقيق الأهداف الاستراتيجية والحفاظ على الميزة التنافسية.

وقد اكتسب هذا المجال صيت واسع بسبب التعقيد المتزايد ونطاق المشاريع الحديثة، والتي تتطلب التخطيط والتنفيذ الدقيق لضمان نتائج ناجحة. وتشمل إدارة المشروع جوانب مختلفة، مثل تحديد أهداف المشروع، ووضع الجداول الزمنية، وإدارة الموارد، وتخفيف المخاطر. ومن خلال الالتزام بهذه المبادئ، يمكن للمؤسسات ضمان اكتمال مشاريعها في الوقت المحدد، وفي حدود الميزانية، ووفقًا لمعايير الجودة المطلوبة.¹

وإحدى التقنيات الأساسية والمستخدمة على نطاق واسع في إدارة المشاريع هي تقنية المسار الحرج (CPM)، والتي تساعد في جدولة المشاريع المعقدة والتحكم فيها. وقد تم تطوير CPM في أواخر الخمسينيات من القرن العشرين، وهو عبارة عن أطول تسلسل لأنشطة المشروع التي يجب إكمالها في الوقت المحدد لتجنب حدوث تأخيرات كبيرة في المشروع بأكمله. ويتم تحديد هذا المسار باستخدام مخطط الشبكة، الذي يمثل بشكل مرئي أنشطة المشروع من البداية إلى النهاية بناءً على العلاقات بينها. ويُعرف هذا التسلسل بالمسار الحرج، وهو يحدد الحد الأدنى لمدة المشروع.²



¹ Schwalbe, K. (2009). *Introduction to project management*. Boston: Course Technology Cengage Learning.

² Usmani, F. (2019). Critical Path Method (CPM) in Project Management. *PM Study Circle-A PMP Exam Preparation Blog*.

شكل (1): المسار الحرج³

توفر هذه الطريقة تمثيلاً مرئياً واضحاً لأنشطة المشروع وتبعياتها والوقت اللازم لكل مهمة، مما يجعلها أداة لا تقدر بثمن في ضمان تسليم المشروع في الوقت المناسب وتحسين الجداول الزمنية للمشروع، حيث أن أي تأخير في هذه المهام سيؤثر بشكل مباشر على تاريخ اكتمال المشروع.

ولأن عملية إدارة المشروع الشاملة تتضمن عدة خطوات، تبدأ من فكرة المشروع وأهدافه، مروراً بالتخطيط والتنفيذ والانتهاء، وكل خطوة حاسمة لضمان نجاح المشروع. والتخطيط الفعال، على وجه الخصوص، له أهمية قصوى، لأنه يمكن أن يضمن نجاح المشروع. أي قصور أو أخطاء في مرحلة التخطيط يمكن أن تعرض المشروع للخطر حتى قبل أن يبدأ. وبالتالي، فإن تقنيات المسار الحرج تلعب دوراً حاسماً في إدارة تعقيدات المشاريع الحديثة، بما يتماشى تمامًا مع الأهداف الأوسع لإدارة المشروع؛ لأنها تضمن إكمال جميع الأنشطة المهمة في الوقت المحدد، وبالتالي تسهيل النجاح الشامل للمشروع.

وفي هذا البحث، سنستعرض كيفية تطبيق تقنية المسار الحرج (CPM) في إدارة المشاريع، مع التركيز على شرح مبادئها الأساسية، وتحليل تطبيقاتها في صناعات متنوعة، وتقديم دليل تفصيلي لاستخدامها. كما سيقم البحث فعالية تقنية المسار الحرج في تحسين جدولة المشاريع ويقدم توصيات عملية لمديري المشاريع.

مشكلة الدراسة:

تواجه إدارة المشاريع تحديات متعددة ومعقدة تتعلق بالتخطيط والتنفيذ والرقابة لضمان تحقيق أهداف المشروع في الوقت المحدد وضمن الميزانية المقررة. وإحدى التقنيات المهمة التي تم تطويرها لمواجهة هذه التحديات هي تقنية المسار الحرج (CPM). وعلى الرغم من الفوائد المثبتة لتقنية المسار الحرج في تحسين إدارة المشاريع، لا تزال هناك فجوات في فهم وتطبيق هذه التقنية بشكل كامل، خاصة في سياقات مختلفة ومتنوعة.

ومن خلال مراجعة الدراسات السابقة (تفاصيل موجودة في مبحث الدراسات السابقة)، تبين أن هناك حاجة ملحة لتوفير إرشادات أكثر شمولية وتفصيلية حول كيفية تطبيق تقنية المسار الحرج في مختلف الصناعات والمشاريع. فقد ركزت دراسة شترات وبلقندوز (2024) على إعادة تهيئة طريق بلدية بن داود، وأوضحت كيفية تطبيق تقنية المسار الحرج في مشاريع البنية التحتية، مشيرة إلى أهمية هذا

³ المسار الحرج. Critical Path Method. (22 أغسطس، 2022). تاريخ الاسترداد 18 يوليو، 2024، من إدارة المشاريع t&t: <https://mangmenttt.com/%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%B3%D8%A7%D8%B1-%D8%A7%D9%84%D8%AD%D8%B1%D8%AC-critical-path-method>

الأسلوب في تحسين الجداول الزمنية وضمان إكمال المشروع في الوقت المناسب. وفي دراسة عثمانى (2019)، تم تسليط الضوء على ضرورة توفير تعليم شامل لمديري المشاريع حول أساسيات وتقنيات CPM، بالإضافة إلى تقديم دليل خطوة بخطوة لتطبيقها. بينما أتين ولوبيس (2019) استعرضا كيفية تبسيط عمليات إدارة المشاريع باستخدام تقنية المسار الحرج وتحديد الأنشطة الحرجة. وأخيرًا، قدم باجشو (2021) مقارنة بين PERT و CPM موضحًا الفوائد والتحديات التي تواجه تطبيق كل منهما في سيناريوهات واقعية.

وتتمثل مشكلة الدراسة في الحاجة إلى تحسين الفهم والتطبيق العملي لتقنية المسار الحرج في إدارة المشاريع، وتطوير إرشادات منهجية تمكن مديري المشاريع من الاستفادة الكاملة من هذه التقنية. يهدف البحث إلى سد الفجوات المعرفية والتطبيقية الحالية من خلال تحليل شامل وتقديم أمثلة عملية، مما يساهم في تعزيز كفاءة وفعالية إدارة المشاريع في مختلف القطاعات.

أهمية الدراسة:

تبرز أهمية هذه الدراسة في سياق إدارة المشاريع باستخدام تقنية المسار الحرج (CPM) من خلال عدة جوانب رئيسية:

أولها أن الدراسة تهدف إلى سد الفجوة المعرفية حول تطبيقات تقنية المسار الحرج في مختلف الصناعات والمشاريع، وهو ما يعد خطوة حيوية نحو تحسين الكفاءة والفعالية في إدارة المشاريع. كما أن تحليل وتقديم أمثلة عملية حول كيفية استخدام CPM يوفر إرشادات شاملة للمديرين والممارسين في هذا المجال.

كما تأتي أهمية هذه الدراسة الحالية في تقديم إرشادات تطبيقية وعملية تساعد مديري المشاريع على تحسين إدارة وتخطيط جداولهم الزمنية باستخدام تقنية المسار الحرج. فمن خلال تحليل شامل وتقديم أمثلة واقعية، تساهم الدراسة في تحقيق أهداف المشاريع بكفاءة وفعالية أكبر. وهذا الفهم المعزز يمكن أن يؤدي إلى عمليات أكثر انسيابية، وتقليل فترات المشروع، وتحسين استخدام الموارد، مما يعزز من النجاح العام للمشاريع في مختلف القطاعات.

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق عدة أهداف رئيسية تتعلق باستخدام تقنية المسار الحرج في إدارة المشاريع؛ منها:

1. **توضيح مبادئ تقنية المسار الحرج:** تهدف الدراسة إلى تقديم فهم دقيق وشامل للمبادئ الأساسية لتقنية المسار الحرج، بما في ذلك كيفية تحديد المسار الحرج، وإدخال التبعيات بين المهام، وحساب المدة الإجمالية للمشروع. وسيسهم هذا الفهم في تمكين مديري المشاريع من تطبيق هذه التقنية بفعالية لتحسين جدولة مشاريعهم.
2. **تحليل تطبيقات CPM في مختلف الصناعات:** تهدف الدراسة إلى تحليل كيفية تطبيق تقنية CPM في صناعات مختلفة، مثل البناء وتكنولوجيا المعلومات، والتعرف على الفوائد والتحديات التي تواجهها هذه التقنية في كل قطاع.
3. **تقديم دليل تفصيلي لتطبيق تقنية المسار الحرج:** تهدف الدراسة إلى تقديم دليل تفصيلي ومفصل يوضح كيفية استخدام تقنية المسار الحرج في إدارة المشاريع. ويتضمن ذلك كيفية إنشاء وتحليل مخططات الشبكة، وتحديد التبعيات بين المهام، وحساب المسار الحرج لضمان تحسين جدولة المشروع.
4. **تقييم فعالية تقنية المسار الحرج في تحسين إدارة المشاريع:** من خلال تحليل الأمثلة العملية والبيانات التجريبية من الدراسات السابقة، تهدف الدراسة إلى تقييم فعالية تقنية المسار الحرج في تحسين كفاءة وجدولة المشاريع. وسيتضمن ذلك دراسة كيفية تأثير تقنية المسار الحرج على تخصيص الموارد، وتقليل التأخيرات، وتحقيق أهداف المشروع ضمن الأطر الزمنية المحددة.
5. **اقتراح توصيات عملية لتحسين استخدام CPM:** تهدف الدراسة إلى تقديم توصيات عملية لمديري المشاريع حول كيفية استخدام تقنية المسار الحرج بشكل أكثر فعالية. وتشمل هذه التوصيات استراتيجيات لإدارة المهام الحرجة، تحسين الجداول الزمنية، وتفاذي المشكلات الشائعة في تطبيق CPM.

تساؤلات الدراسة

ما هي المبادئ الأساسية لتقنية المسار الحرج (CPM) وكيف يمكن تطبيقها بفعالية في إدارة المشاريع؟

- هذا التساؤل يهدف إلى استكشاف الأسس النظرية لتقنية المسار الحرج، بما في ذلك كيفية تحديد المسار الحرج، إدارة التبعيات بين المهام، وحساب مدة المشروع الإجمالية.

كيف يمكن أن تسهم تقنية المسار الحرج في تحسين كفاءة وجدولة المشاريع عبر مختلف الصناعات؟

- يهدف هذا التساؤل إلى تحليل تطبيقات CPM في قطاعات مختلفة، مثل البناء وتكنولوجيا المعلومات، والتعرف على كيف يمكن لهذه التقنية أن تحسن من كفاءة وجدولة المشاريع.

ما هي الفوائد والتحديات المرتبطة باستخدام تقنية المسار الحرج في إدارة المشاريع؟

- يستكشف هذا التساؤل الفوائد والتحديات التي تواجهها التقنية بناءً على الأمثلة العملية والدراسات السابقة، وتحديد كيف يمكن التعامل مع التحديات لتحقيق أقصى استفادة من CPM.
- ما هي أفضل الممارسات والتوصيات العملية لاستخدام تقنية المسار الحرج بشكل فعال في المشاريع؟
- يستهدف هذا التساؤل تقديم نصائح وتوصيات عملية بناءً على نتائج الدراسة لتحسين تطبيق CPM وتفادي المشكلات الشائعة.

فروض الدراسة:

1. يمكن لتقنية المسار الحرج (CPM) تحسين كفاءة وجدولة المشاريع بشكل كبير في مختلف الصناعات.

- يفترض هذا الفرض أن استخدام CPM يمكن أن يساهم في تحسين الأداء وإدارة الجداول الزمنية في قطاعات متعددة مثل البناء وتكنولوجيا المعلومات.

2. تحديد المسار الحرج وإدارة التبعيات بين المهام باستخدام CPM يمكن أن يساعد في تقليل التأخيرات وزيادة فعالية إدارة المشاريع.

- يُفترض أن التعرف على المسار الحرج وإدارة التبعيات بين المهام بفعالية سيساعد في تحسين تنظيم المشروع وتقليل التأخيرات.

3. تطبيق تقنية المسار الحرج بفعالية يتطلب فهماً دقيقاً للمفاهيم الأساسية والقدرة على تحليل وتفسير مخططات الشبكة.

- يفترض هذا الفرض أن فعالية CPM تعتمد على مدى فهم المديرين للمفاهيم الأساسية وقدرتهم على التعامل مع المخططات والشبكات.

4. استخدام دراسات الحالة والأمثلة العملية في البحث يمكن أن يوفر رؤى قيمة لتحسين تطبيق تقنية المسار الحرج وتقديم توصيات عملية قابلة للتنفيذ.

○ يُفترض أن الدراسات العملية والأمثلة الحية ستسهم في تقديم توصيات ملموسة لتحسين استخدام CPM في إدارة المشاريع.

الدراسات السابقة:

يتناول هذا المبحث الدراسات السابقة مقسمة إلى عربية وإنجليزية، ومرتبعة من الأقدم إلى الأحدث.

الدراسات العربية:

الدراسة الأولى: للباحث خالد بن صالح المرزم السبيعي (2018)؛ بعنوان: " جدول المشاريع البحثية لطلبة الدراسات العليا التربوية بجامعة الملك سعود باستخدام أسلوب بيرت والمسار الحرج: دراسة تطبيقية"⁴

تركز الدراسة على التطبيق العملي لـ PERT و CPM في جدول المشاريع البحثية لطلاب الدراسات العليا. ويتناول الخطوات الإجرائية وتقديرات الوقت المتضمنة في عملية الموافقة على خطط المشاريع البحثية.

ويهدف هذا البحث لاستكشاف جدول المشاريع البحثية لطلاب الدراسات العليا التربوية في جامعة الملك سعود من خلال الاستفادة من تقنية تقييم ومراجعة البرامج (PERT) والمسار الحرج (CPM). كما يهدف هذا البحث إلى تحديد المدة اللازمة لاعتماد خطط المشاريع البحثية المخصصة لطلبة الدكتوراه ضمن قسم الإدارة التربوية. ومن خلال توظيف PERT و CPM، تسعى الدراسة إلى تحديد المسار الحرج في تنفيذ المشروع. أما الهدف الشامل لهذه الدراسة هو تعزيز كفاءة وفعالية جدول المشاريع وإدارتها في القطاع التعليمي، وضمان استكمال المشاريع ضمن الأطر الزمنية المحددة لها. وتتضمن منهجية هذه الدراسة تطبيقاً شاملاً لكل من PERT و CPM في عملية جدول المشروع. قام الباحثون بجمع بيانات من 18 طالب دكتوراه تمت الموافقة على مشاريعهم البحثية في العام الجامعي 1438/1439 هـ، بالإضافة إلى مدخلات من خمسة من أعضاء هيئة التدريس في قسم الإدارة التربوية. واستخدمت الدراسة أساليب المسح الوصفي والاستبيانات المنظمة لجمع هذه المعلومات.

لتنفيذ تقنيات PERT و CPM، حدد الباحثون أولاً جميع أنشطة المشروع وتبعياتها. ثم قاموا بإنشاء مخططات شبكية لتمثيل هذه الأنشطة والتبعيات بشكل مرئي. وباستخدام أدوات برمجية متخصصة، أجروا حسابات تمرير للأمام والخلف للتأكد من أقرب وأحدث أوقات البدء والانتهاؤ لكل نشاط. ساعدت هذه العملية في تحديد المسار الحرج، وهو أمر بالغ الأهمية لفهم الأنشطة التي لها تأثير مباشر على

⁴ السبيعي، خالد بن صالح المرزم. (2018). جدول المشاريع البحثية لطلبة الدراسات العليا التربوية بجامعة الملك سعود باستخدام أسلوب بيرت والمسار الحرج: دراسة تطبيقية. مجلة كلية التربية في العلوم التربوية، 42(3)، 193-233.

وقت إنجاز المشروع. بالإضافة إلى ذلك، قدرت الدراسة إجمالي الوقت اللازم للخطوات الإجرائية المتعلقة بالموافقة على خطط المشاريع البحثية، مما يوفر رؤية عملية لعملية الجدولة باستخدام تقنيات PERT و CPM.

والتطبيق التفصيلي لهذه المنهجيات لا يسلط الضوء على المسار الحرج فحسب، بل يهدف أيضاً إلى عرض الفوائد المحتملة لهذه التقنيات في تحسين الجداول الزمنية للمشروع وإدارة الموارد ضمن السياق التعليمي.

وتشير **النتائج** إلى أن إجمالي الوقت المقدر للموافقة على خطط المشاريع البحثية باستخدام PERT يبلغ حوالي 167 يوماً. ووجدت الدراسة أن احتمالية إكمال هذه الخطوات في إطار زمني أقصر منخفضة للغاية. وتم تحديد ثمانية مسارات محتملة لعملية الموافقة، أطولها هو المسار الحرج الذي يستغرق حوالي 152 يوماً. وتوضح النتائج أن CPM و PERT يمكن أن يعززا بشكل كبير جدولة وإدارة المشاريع البحثية من خلال توفير رؤية واضحة حول الأنشطة المهمة والتي يمكن تأخيرها دون التأثير على تاريخ إنجاز المشروع الإجمالي.

ومن خلال **الاستفادة** من منهجية السببي التفصيلية والأمثلة الواقعية، يمكن أن تكون دراسة السببي مرجعاً مهماً لبحثي حول استخدام تقنية المسار الحرج في إدارة المشاريع. فيمكن أن تساعدني المنهجية التفصيلية والأمثلة الواقعية والرؤى العملية المقدمة في الدراسة في توضيح فوائد CPM و PERT، ودعم حججي، وتطبيق هذه التقنيات بشكل فعال في سياق محدد.

الدراسة الثانية: للباحثين محمد بوسعد والشاوش وجيلالي (2022)؛ بعنوان: "تسريع مشاريع التشييد باستخدام طريقة المسار الحرج"⁵

تهدف تلك الدراسة إلى استكشاف تسريع مشاريع البناء باستخدام طريقة المسار الحرج. كما يهدف البحث إلى توضيح كيفية تطبيق تلك التقنية لتحديد المهام الحاسمة ضمن مشاريع البناء؛ وهي المهام التي، إذا تأخرت، ستؤدي إلى تمديد الجدول الزمني الإجمالي للمشروع. ومن خلال تحديد هذه المهام الحاسمة، تسعى الدراسة إلى توضيح كيف يمكن لتقنية المسار الحرج تحسين الجداول الزمنية للمشروع، وتقليل أوقات الإنجاز بشكل فعال وضمان تسليم المشاريع ضمن المواعيد النهائية المحددة لها وقيود الميزانية.

وتؤكد الدراسة على أهمية تحديد أولويات هذه المهام الحاسمة لمنع تأخير المشروع وتعزيز الكفاءة. ومن خلال القيام بذلك، فإنها تهدف إلى إظهار إمكانات CPM في تحويل الممارسات التقليدية لإدارة

⁵ بوسعد، شاوش، و جيلالي. (2022). تسريع مشاريع التشييد باستخدام طريقة المسار الحرج، أطروحة دكتوراه، جامعة ابن خلدون-تيارت.

المشاريع، وخاصة في صناعة البناء والتشييد. ويركز الباحثون على توفير فهم شامل لكيفية دمج تلك التقنية في إدارة مشاريع البناء لتحقيق إنجاز أسرع للمشروع مع الحفاظ على الجودة والفعالية من حيث التكلفة.

وتتضمن **المنهجية التحليلية** المستخدمة في هذه الدراسة تطبيقاً منهجياً لتقنية المسار الحرج لإدارة مشاريع البناء. يبدأ الباحثون بتحديد كافة الأنشطة المطلوبة لإنجاز مشاريع البناء. تعتبر هذه الخطوة حاسمة لأنها تضع الأساس لفهم نطاق المشاريع وتعقيدها. وبمجرد تحديد الأنشطة، فإن الخطوة التالية هي تحديد التبعيات بين هذه الأنشطة، وتحديد التسلسل الذي يجب إكمالها به.

وتستخدم الدراسة مخططات الشبكة لتمثيل هذه الأنشطة وتبعياتها بشكل مرئي. وتعد مخططات الشبكة أدوات أساسية في المسار الحرج لأنها تساعد في تصور المشروع بأكمله وفهم العلاقات المتبادلة بين المهام المختلفة. ثم يستخدم الباحثون أدوات برمجية مثل QM و WinQSB لإجراء حسابات التمرير للأمام والخلف. ويتم استخدام هذه الحسابات لتحديد أقرب وأحدث أوقات البدء والانهاء لكل نشاط، والتي تعتبر بالغة الأهمية في تحديد المسار الحرج.

وتشير **نتائج الدراسة** إلى أن استخدام أسلوب المسار الحرج يمكن أن يعزز بشكل كبير تخطيط وجدولة مشاريع البناء. ففي صناعة البناء والتشييد، يتيح التحديد الدقيق للمسار الحرج لمديري المشاريع التركيز على الأنشطة التي لها التأثير الأكبر على الجدول الزمني للمشروع. وهذا يضمن إكمال هذه المهام الحاسمة في الوقت المحدد، وبالتالي منع التأخير. وتوضح الدراسة أن المسار الحرج يساعد على تحسين الجداول الزمنية للمشروع من خلال توفير نهج واضح ومنظم لإدارة المهام. ويقلل هذا التحسين من احتمالية تجاوز المشروع، وهو أمر شائع في صناعة البناء والتشييد بسبب التعقيد والترابط بين المهام المختلفة.

علاوة على ذلك، تكشف النتائج أن تقنية المسار الحرج تقدم رؤى قيمة حول الأنشطة التي يمكن تأخيرها دون التأثير على تاريخ إنجاز المشروع بشكل عام. وتتيح هذه المعرفة إدارة موارد أكثر مرونة وكفاءة. ففي صناعة البناء والتشييد، حيث يمكن أن يكون تخصيص الموارد أمراً صعباً بشكل خاص، توفر تقنية المسار الحرج إطاراً يساعد المديرين على تخصيص الموارد بشكل أكثر فعالية، مما يضمن تحديد أولويات المهام الحاسمة. وتعتبر هذه المرونة أمراً بالغ الأهمية لإدارة المشكلات غير المتوقعة التي غالباً ما تنشأ في مشاريع البناء، مثل التأخير بسبب الطقس أو اضطرابات سلسلة التوريد. وتوفر الأمثلة الواقعية المقدمة في دراستهم رؤى عملية يمكن **تطبيقها** مباشرة على مشروعي البحثي، مما يجعل عملي أكثر صلة وتأثيراً.

الدراسة الثالثة: للباحثين: أيوب شترات ومفتاح بلقندوز (2024)؛ بعنوان: إدارة المشاريع باستخدام تقنية المسار الحرج (دراسة حالة مشروع إعادة تهيئة طريق بلدية بن داود ولاية برج بوعريريج).⁶

الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو تحليل تطبيق أسلوب المسار الحرج (CPM) في إدارة مشروع إعادة تأهيل الطرق في بن داود، برج بوعريريج. تهدف الدراسة إلى توضيح كيف يمكن لـ CPM تحسين جدولة المشروع وتخصيص الموارد لتحسين الأداء العام للمشروع. تتضمن الأهداف المحددة تحديد المسار الحرج، وتحديد مدة المشروع، وإلقاء الضوء على فوائد وتحديات استخدام التكلفة لكل ألف ظهور في سيناريوهات العالم الحقيقي.

وتضمنت **منهجية** هذه الدراسة عدة خطوات تفصيلية لدراسة حالة مشروع إعادة تهيئة طريق بلدية بن داود ولاية برج بوعريريج لضمان إجراء تحليل شامل ونتائج دقيقة في إدارة مشاريع إعادة تأهيل الطرق باستخدام طريقة المسار الحرج (CPM). فالخطوة الأولى هي جمع معلومات شاملة عن جميع أنشطة المشروع المتعلقة بإعادة تأهيل الطرق. يتضمن ذلك تحديد نطاق العمل لكل نشاط، وتحديد تاريخي البدء والانتها، وتحديد الموارد المطلوبة، وفهم التبعيات بين الأنشطة. تشكل هذه المعلومات التفصيلية الأساس لبناء مخطط الشبكة وتنفيذ تقنيات CPM.

وبمجرد تحديد أنشطة المشروع، فإن الخطوة التالية هي تطوير مخطط للشبكة. ويمثل هذا الرسم التخطيطي بشكل مرئي تسلسل أنشطة المشروع باستخدام الدوائر للإشارة إلى المهام الفردية والأسهم للإشارة إلى التبعيات بينها. ويوفر مخطط الشبكة تمثيلاً رسمياً واضحاً لسير عمل المشروع، وهو أمر بالغ الأهمية للتحليل اللاحق.

وتم استخدام مخطط الشبكة لحساب مدة كل نشاط وتحديد أطول مسار عبر الشبكة. ويمثل هذا المسار، المعروف بالمسار الحرج، سلسلة من الأنشطة التي تحدد الحد الأدنى من الوقت اللازم لإكمال المشروع. ومع إنشاء المسار الحرج، يتم تطبيق تقنيات التكلفة لكل ألف ظهور لرصد تقدم المشروع والتحكم فيه. وينطوي ذلك على التركيز على الأنشطة الحيوية لمنع التأخير وضمان تخصيص الموارد بكفاءة. ومن خلال التتبع المستمر لهذه الأنشطة، يمكن لمديري المشاريع معالجة المشكلات المحتملة بشكل استباقي والحفاظ على الجداول الزمنية للمشروع.

أما الخطوة الأخيرة؛ فهي تقييم أداء المشروع من خلال مقارنة المخطط له بالنتائج الفعلية. ويتضمن هذا التحليل تقييم تأثير CPM على الجداول الزمنية للمشروع، واستخدام الموارد، والكفاءة الشاملة. كما تساعد الأفكار المكتسبة من هذا التقييم في فهم فعالية CPM في إدارة مشاريع البنية

⁶ شترات، وبلقندوز. (2024). إدارة المشاريع باستخدام تقنية المسار الحرج (دراسة حالة مشروع إعادة تهيئة طريق بلدية بن داود ولاية برج بوعريريج)، أطروحة دكتوراه، جامعة محمد البشير الإبراهيمي-برج بوعريريج-كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير.

التحتية المعقدة. أي أن هذه الدراسة عبارة عن تسليط الضوء على التنفيذ العملي لـ CPM في سيناريو العالم الحقيقي.

وتوصلت الدراسة إلى عدة نتائج منها: أن تطبيق تقنية المسار الحرج قدم فهمًا واضحًا للمسار الحرج للمشروع، والذي حدد تسلسل المهام التي أثرت بشكل مباشر على المدة الإجمالية للمشروع. ومن خلال التركيز على هذه المهام الحاسمة، تمكن فريق إدارة المشروع من تبسيط العمليات وتقليل التأخير، مما أدى إلى استخدام أكثر كفاءة للوقت والموارد.

كما اتضح قيام تقنية المسار الحرج بتسهيل تخصيص الموارد من خلال تسليط الضوء على الأنشطة التي تتطلب أكبر قدر من الاهتمام والموارد. وقد سمح ذلك بتخطيط الموارد وإدارتها بشكل أفضل، مما يضمن حصول الأنشطة الحيوية على الدعم الكافي وتقليل احتمالات حدوث مشكلات.

وأظهرت الدراسة أن تقنية المسار الحرج كانت تقنية فعالة في مراقبة تقدم المشروع وتحديد الانحرافات عن الجدول الزمني المخطط له. وأتاححت القدرة على تتبع التقدم مقابل المسار الحرج التدخلات في الوقت المناسب لمعالجة التأخيرات المحتملة والحفاظ على الجداول الزمنية للمشروع.

وأشارت النتائج إلى أن استخدام تقنية المسار الحرج كان له تأثير إيجابي على النتائج الإجمالية للمشروع. ومن خلال توفير نهج منظم لإدارة المشروع، ساهمت إدارة المشاريع القطرية في تعزيز أداء المشروع، بما في ذلك الانتهاء في الوقت المناسب واستخدام الموارد بكفاءة.

وأرى أنه يمكن استخدام هذه الدراسة كمرجع لتطبيق CPM في مشاريع البنية التحتية المماثلة، حيث تقدم رؤى حول أفضل الممارسات والمنهجيات لإدارة المشاريع بشكل فعال. ولكن العيب الأساسي للدراسة هو تركيزها على حالة واحدة، مما يحد من إمكانية تعميم نتائجها. يجب أن تتضمن الأبحاث المستقبلية دراسات حالة متعددة للتحقق من صحة النتائج وتوفير فهم أوسع لفعالية تقنية المسار الحرج عبر أنواع مختلفة من المشاريع. بالإضافة إلى ذلك، فإن دمج أدوات وبرامج إدارة المشاريع الأكثر تقدمًا يمكن أن يعزز دقة وكفاءة تطبيق هذه التقنية.

الدراسة الرابعة: للباحثين ساف عمر وشراد سفيان (2024)؛ بعنوان: " استخدام تقنيات CPM و

PERT في تخطيط المشاريع: دراسة حالة مشروع عروض الحسابات الكبرى في الوكالة الوطنية

للتشغيل ANEM"⁷

⁷ عمر، ساف، وسفيان. (2024). استخدام تقنيات CPM و PERT في تخطيط المشاريع: دراسة حالة مشروع عروض الحسابات الكبرى في الوكالة الوطنية للتشغيل ANEM. أطروحة دكتوراه، جامعة محمد البشير الإبراهيمي- برج بو عرييج كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير.

هدفت هذه الدراسة إلى الخوض في التطبيقات العملية لـ CPM (طريقة المسار الحرج) و PERT (تقنية تقييم ومراجعة البرامج) في تخطيط وجدولة المشاريع، وتحديدًا في إطار الوكالة الوطنية الجزائرية للتشغيل (ANEM) ومن خلال دراسة حالة مركزة حول مشروع OGC (عروض الحسابات الكبرى). وتهدف هذه الدراسة إلى توضيح كيف يمكن الاستفادة من تقنيات إدارة المشاريع هذه لتعزيز كفاءة وفعالية تخطيط المشاريع، وخاصة في قطاع إدارة المشاريع الرقمية.

وقد تم تصميم البحث لمعرفة الاختلافات في أوقات إنجاز المشروع عند استخدام CPM و PERT مقارنة بالطرق التقليدية. والهدف هو تحديد أي من هذه التقنيات أكثر فعالية في إدارة المراحل المختلفة للمشاريع الرقمية، والتي غالبًا ما تتميز بالتعقيد العالي والحاجة إلى توقيت دقيق وتخصيص الموارد. ومن خلال تسليط الضوء على الفروق الزمنية بين أوقات إنجاز المشروع الفعلية وتلك المقدرة باستخدام CPM و PERT، تسعى الدراسة إلى تقديم أدلة تجريبية على فعالية هذه المنهجيات. ويمكن أن يساعد ذلك مديري المشاريع على اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن التقنية التي سيتم استخدامها في سيناريوهات المشروع المختلفة، مما يساهم في النهاية في تحقيق نتائج أكثر نجاحًا للمشروع.

وتتضمن **المنهجية التحليلية المعتمدة** في هذه الدراسة تطبيقًا صارمًا ومنهجيًا لكل من CPM و PERT في سياق مشروع رقمي. ففي البداية، حدد الباحثون جميع الأنشطة المشاركة في مشروع OGC وأنشأوا التبعيات بين هذه الأنشطة. هذه الخطوة أساسية لفهم تسلسل المهام وعلاقاتها المتبادلة، وهو أمر بالغ الأهمية لكل من تحليلات CPM و PERT. وبعد ذلك، قام الباحثون ببناء مخطط شبكي لتمثيل الأنشطة وتبعياتها بشكل مرئي. يعد هذا المخطط بمثابة أداة مهمة في كل من CPM و PERT، مما يوفر تصورًا واضحًا لسير عمل المشروع. وباستخدام أدوات برمجية مثل QM و WinQSB، أجرى الباحثون حسابات التمرير للأمام والخلف. وتعتبر هذه الحسابات ضرورية في تحديد أقرب وأحدث أوقات البدء والانهاء لكل نشاط، والتي تعتبر بالغة الأهمية لتحديد المسار الحرج.

وللتحقق من فعالية CPM و PERT، طبق الباحثون هذه المنهجيات على بيانات المشروع الحقيقية من مشروع OGC في ANEM. قدم هذا التطبيق العملي اختبارًا قويًا للمنهجيات، موضحًا كيف يمكن استخدامها لإدارة الجداول الزمنية للمشروع بفعالية.

وتشير **النتائج** إلى أن تطبيق CPM و PERT يحسن بشكل كبير تخطيط وجدولة المشروع. وجدت الدراسة أن CPM فعال بشكل خاص في تحديد المسار الحرج، مما يسمح لمديري المشاريع بالتركيز على الأنشطة التي تؤثر بشكل مباشر على الجدول الزمني للمشروع وضمان الانتهاء في الوقت

المناسب. ويمكن أن تكون هذه الدراسة بمثابة مرجع قيم لبحثي حول استخدام تقنية المسار الحرج في إدارة المشاريع.

الدراسات الإنجليزية:

الدراسة الأولى: للباحث شعبان (2009) بعنوان "استخدام أسلوب المسار الحرج (CPM) في إدارة المشاريع: دراسة حالة في إنشاء مطار النجف الدولي" ⁸

تهدف تلك الدراسة إلى استكشاف التطبيق العملي لأسلوب المسار الحرج في إدارة المشاريع واسعة النطاق مثل مشاريع بناء المطارات. وتتمثل الأهداف الأساسية للدراسة في تقييم فعالية المسار الحرج في سياق مشروع بناء مطار النجف الدولي، وتحديد فوائد وتحديات استخدام تلك التقنية، وتقديم رؤى حول كيفية تطبيقها لتعزيز إدارة المشروع في مشاريع البنية التحتية الكبيرة وتقديمه في الموعد المحدد وفي حدود الميزانية.

وتتضمن **المنهجية** المستخدمة في الدراسة منهج دراسة الحالة الذي يركز على بناء مطار النجف الدولي، حيث يستخدم الباحث أساليب مختلفة لجمع البيانات، بما في ذلك مراجعة وثائق المشروع، والمقابلات مع مديري المشاريع والموظفين الرئيسيين، وتحليل جداول المشروع والجدول الزمنية. ويسمح هذا النهج بإجراء فحص شامل لكيفية تنفيذ المسار الحرج طوال دورة حياة المشروع. وتتضمن الدراسة أيضًا تحليلًا تفصيليًا للمسار الحرج للمشروع لتقييم مدى فعالية استخدام تقنية المسار الحرج لإدارة جداول المشروع وموارده.

وتقدم الدراسة العديد من **النتائج** الرئيسية؛ منها: أن تقنية المسار الحرج ساهمت بشكل كبير في تحسين جدولة المشروع وإدارة الوقت. ومن خلال تحديد المسار الحرج بوضوح، تمكن مديرو المشاريع من التركيز على المهام الرئيسية التي أثرت بشكل مباشر على تاريخ إنجاز المشروع، وبالتالي تقليل التأخير وضمان تسليم المشروع في الوقت المناسب. كما أدى استخدام تلك التقنية إلى تسهيل تخصيص الموارد بشكل أفضل، حيث سلط الضوء على الأنشطة التي تتطلب المزيد من الاهتمام والموارد. كما وجدت الدراسة أن تقنية المسار الحرج كانت فعالة في تعزيز التواصل والتنسيق بين أصحاب المصلحة في المشروع. فمن خلال توفير إطار واضح للجدولة وتبعيات المهام، ساعدت التقنية في مواءمة جهود الفرق المختلفة والمقاولين من الباطن.

⁸ Shaaban, D. I. A. M. (2009). Using Critical Path Method CPM in Project Management-A Case Study in the construction of Najaf International Airport. MBA, Faculty of Management and Economics, University of Kufa-Iraq.

وتقدم دراسة شعبان رؤى قيمة **يمكن تطبيقها** على الأبحاث الحالية حول منهجيات إدارة المشاريع، لا سيما في سياق مشاريع البنية التحتية واسعة النطاق. فيمكن للباحثين استخدام النتائج لتقييم فعالية تقنية المسار الحرج في مشاريع البناء المماثلة ومقارنة تأثيرها مع تقنيات إدارة المشاريع الأخرى.

وعلى الرغم من مساهماتها، إلا أن دراسة شعبان لها حدود معينة. وأحد أوجه القصور الملحوظة هو النقص المحتمل في تعميم النتائج بسبب التركيز على دراسة حالة واحدة. بالإضافة إلى ذلك، تسلط الدراسة الضوء على مدى تعقيد إدارة المشاريع الكبيرة ذات التبعيات العديدة، والتي يمكن أن تشكل تحدياً عند استخدام تقنية المسار الحرج. ويمكن للباحثين استكشاف حلول لمعالجة هذه التعقيدات، مثل أدوات وتقنيات CPM المتقدمة، لتحسين تطبيق المسار الحرج في المشاريع واسعة النطاق.

الدراسة الثانية: للباحث عليو (2012)؛ بعنوان: "إدارة المشاريع باستخدام أسلوب المسار الحرج (CPM): دراسة عملية"⁹

تسعى هذه الدراسة إلى استكشاف التطبيق العملي لأسلوب المسار الحرج (CPM) في إدارة المشاريع في العالم الحقيقي. والهدف الأساسي لدراسة عليو هو تقييم فعالية تقنية المسار الحرج في سياق مشاريع البناء. ويتضمن ذلك فحص كيفية دعم التقنية لتخطيط المشروع وتنفيذه ومراقبته في صناعة البناء والتشييد. من خلال تقييم أداء CPM في إدارة مشاريع البناء، تسعى الدراسة إلى توضيح ما إذا كانت هذه الطريقة يمكن أن تلبي المتطلبات الفريدة لإدارة مشاريع البناء وكيفية مقارنتها بمنهجيات إدارة المشاريع الأخرى الشائعة الاستخدام في هذا المجال. والهدف المهم الآخر هو تحديد الفوائد والتحديات المرتبطة باستخدام CPM في مشاريع البناء.

ولتحقيق هذه الأهداف، تستخدم الدراسة نهجاً عملياً، مع التركيز على تطبيق التقنية في سيناريوهات العالم الحقيقي بدلاً من النماذج النظرية. وتتضمن **المنهجية** نهج متعدد الأوجه وتحليلاً مفصلاً لدراسات الحالة من مشاريع مختلفة حيث تم استخدام المسار الحرج. ومن خلال دراسة دراسات الحالة هذه، تهدف الدراسة إلى فهم الآثار العملية لـ CPM، بما في ذلك كيفية تأثيرها على تخطيط المشروع وتنفيذه ومراقبته. تم جمع بيانات الدراسة من خلال مجموعة من الأساليب، بما في ذلك المقابلات مع مديري المشاريع، وملاحظات أنشطة المشروع، وتحليل وثائق المشروع.

وتؤكد **نتائج** دراسة عليو على العديد من النتائج المهمة. إحدى النتائج الرئيسية هي أن تقنية المسار الحرج تعزز بشكل كبير تخطيط المشروع من خلال توفير نهج منظم لتحديد المهام والتبعيات الهامة.

⁹ Aliyu, A. M. (2012). Project management using critical path method (CPM): a pragmatic study. *Global Journal of Pure and Applied Sciences*, 18(3-4), 197-206.

ويساعد هذا النهج المنظم في تحسين الجدولة وتخصيص الموارد، مما يؤدي في النهاية إلى إدارة أكثر كفاءة للمشروع. وتكشف الدراسة أيضًا أن المشاريع التي تستخدم المسار الحرج تميل إلى تجربة إدارة أفضل للوقت، مع التزام أفضل بالمواعيد النهائية وتقليل فترات المشروع بسبب التركيز على أنشطة المسار الحرج. بالإضافة إلى ذلك، تعمل تلك التقنية على تسهيل استخدام الموارد بشكل أكثر كفاءة من خلال تسليط الضوء على المهام التي تتطلب المزيد من الاهتمام والموارد، وبالتالي تحسين تخصيص الموارد بشكل عام.

ومع ذلك، تحدد الدراسة أيضًا العديد من **التحديات** المرتبطة بتنفيذ تقنية المسار الحرج. على سبيل المثال، يعتمد نجاح التقنية بشكل كبير على دقة البيانات المستخدمة في تخطيط المشروع وتنفيذه. ويمكن أن تؤدي البيانات غير الدقيقة أو غير الكاملة إلى تقويض فعالية التقنية، مما يؤدي إلى تناقضات محتملة بين أداء المشروع المخطط له والفعلي. علاوة على ذلك، تعترف الدراسة بأن إدارة المشاريع الكبيرة ذات التبعية المتعددة يمكن أن تكون معقدة، مما قد يمثل صعوبات في تطبيق تقنية المسار الحرج بشكل فعال.

وتقدم دراسة عليو رؤية قيمة يمكن أن **تفيد الأبحاث الحالية** حول منهجيات إدارة المشاريع، حيث يمكن للباحثين استخدام النتائج لقياس فعالية تقنية المسار الحرج مقارنة بتقنيات إدارة المشاريع الأخرى. وتعتبر دراسات الحالة التفصيلية المقدمة في الدراسة بمثابة أمثلة عملية يمكن الرجوع إليها لمقارنة النتائج في المشاريع التي تتم إدارتها باستخدام تلك التقنية مقابل تلك التي تتم إدارتها باستخدام طرق بديلة. علاوة على ذلك، فإن النهج المنهجي الموضح في الدراسة يوفر إرشادات للباحثين الذين يقومون بتصميم دراساتهم الخاصة حول المسار الحرج، لا سيما فيما يتعلق بتقنيات جمع البيانات والتقييم.

وعلى الرغم من مساهمة دراسة عليو الفعالة، فإن لها حدود معينة. وأحد **أوجه القصور** الملحوظة هو النطاق المحدود المحتمل لدراسات الحالة التي تم فحصها، مما قد يؤثر على تعميم النتائج. وقد تركز الدراسة على أنواع محددة من المشاريع أو الصناعات، مما قد يحد من إمكانية تطبيقها على سياقات أخرى. بالإضافة إلى ذلك، قد تتأثر فعالية التكلفة لكل ألف ظهور بدقة واكتمال البيانات المستخدمة، مما قد يؤثر على موثوقية النتائج. ومن التحديات الأخرى التي تم تسليط الضوء عليها مدى تعقيد إدارة المشاريع الكبيرة ذات التبعية العديدة، والتي قد لا يتم تناولها بشكل كامل في أمثلة الحالة الواردة في الدراسة.

ولمعالجة أوجه القصور هذه، يمكن للأبحاث المستقبلية توسيع نطاق دراسات الحالة لتشمل مجموعة واسعة من المشاريع والصناعات، وبالتالي تعزيز إمكانية تعميم النتائج. ويمكن أن يؤدي تحسين طرق

جمع البيانات وضمان دقة البيانات أيضًا إلى توفير رؤى أكثر موثوقية حول فعالية CPM. كما يمكن للباحثين التركيز على تطوير الحلول والأدوات اللازمة لإدارة التعقيد المرتبط بالمشاريع الكبيرة، ومعالجة التحديات المحددة في الدراسة.

الدراسة الثالثة: للباحث عثمانى (2019)؛ بعنوان: " طريقة المسار الحرج (CPM) في إدارة

المشاريع"¹⁰

الهدف الأساسي لدراسة فهد عثمانى حول أسلوب المسار الحرج هو توفير فهم دقيق وشامل لأسلوب المسار الحرج وتطبيقه العملي في إدارة المشاريع. وقد تم تصميم هذه الدراسة لتثقيف مديري المشاريع وتزويدهم بالمعرفة والمهارات اللازمة لتطوير وتحسين الجداول الزمنية للمشروع بشكل فعال. ومن خلال فهم المبادئ الأساسية لتلك التقنية، يمكن لمديري المشاريع تحديد المسار الحرج، وإدارة الجداول الزمنية للمشروع بكفاءة، وضمان إكمال المشروع في الوقت المناسب. بالإضافة إلى ذلك، تهدف الدراسة إلى توفير السياق التاريخي وتطور تقنية المسار الحرج، مما يمنح القراء تقديرًا لأهميته وفوائده في ممارسات إدارة المشاريع الحديثة. وتتعلم الدراسة أيضًا في الإطار النظري، موضحة المفاهيم والمصطلحات الأساسية المرتبطة ب CPM، مثل تبعيات المهام ومخططات الشبكة ومدة المشروع.

وتعتبر **منهجية** عثمانى منهجية متعددة الأوجه، ولكنها في المقام الأول تعليمية، وهي منظمة بطريقة تعتمد على المفاهيم الأساسية والمتقدمة. وتبدأ الدراسة بنظرة عامة تاريخية على تقنية المسار الحرج، حيث تناقش أصولها في أواخر الخمسينيات من القرن الماضي. وتمهد هذه الخلفية الطريق لفهم سبب وكيفية تطويرها، مما يوفر سياقًا أساسيًا لتطبيقه في إدارة المشاريع.

وبعد الخلفية التاريخية، تنتقل الدراسة إلى شرح المفاهيم النظرية لتقنية المسار الحرج. ويتضمن هذا القسم تعريفات تفصيلية للمصطلحات الأساسية مثل المسار الحرج وتبعيات المهام ومخططات شبكة المشروع. ومن خلال وضع هذه الأسس النظرية، يضمن عثمانى أن يكون لدى القراء فهم قوي للمبادئ الأساسية قبل التقدم إلى التطبيقات العملية. وتعتبر هذه المناقشة النظرية ضرورية لإنشاء فهم شامل للتقنية وأهميتها في جدولة المشروع.

وجوهر **المنهجية** هو دليل خطوة بخطوة حول إنشاء واستخدام الرسوم البيانية للمسار الحرج. ويغطي هذا الدليل عملية إدراج جميع المهام المطلوبة لإكمال المشروع، وتحديد التبعيات بين المهام لفهم

¹⁰ Usmani, F. (2019). Critical Path Method (CPM) in Project Management. *PM Study Circle-A PMP Exam Preparation Blog*.

التسلسل الذي يجب إكمالها به، وتعيين فترات تقديرية لكل مهمة. بمجرد إنشاء هذه العناصر، وتقوم الدراسة بتوجيه القراء من خلال إنشاء مخطط الشبكة، وإنشاء تمثيل مرئي للمهام وتبعياتها. أما الخطوة الأخيرة في الدليل؛ فهي تحديد المسار الحرج، والذي يتضمن حساب أطول مسار من خلال مخطط الشبكة لتحديد الحد الأدنى لمدة المشروع وتحديد المهام الهامة وغير الحرجة.

وطوال الدراسة، يستخدم عثمانى أمثلة توضيحية لمساعدة القراء على فهم كيفية تطبيق المفاهيم النظرية في سيناريوهات العالم الحقيقي. فتوضح هذه الأمثلة كيفية إنشاء وتحليل مخططات تقنية المسار الحرج، وتوفير رؤى عملية وتعزيز المحتوى التعليمي. بالإضافة إلى الإرشادات خطوة بخطوة، تقدم الدراسة نصائح عملية لمديري المشاريع حول كيفية استخدام تلك التقنية بشكل فعال، بما في ذلك نصائح حول إدارة المهام الحرجة، وتحسين الجداول الزمنية للمشروع، وتجنب المخاطر الشائعة في تطبيق المسار الحرج.

وخلصت دراسة عثمانى إلى أن إدارة التكلفة لكل ألف ظهور هي أداة حيوية لمديري المشاريع. فهي تمكنهم من تحديد المهام الحاسمة التي تؤثر بشكل مباشر على وقت إنجاز المشروع والتركيز عليها. باستخدام CPM، يمكن للمديرين تخصيص الموارد بشكل أكثر كفاءة، وتجنب التأخير، وضمان استكمال المشروع في الوقت المناسب. وتؤكد الدراسة على أن فهم وتطبيق تقنية المسار الحرج يمكن أن يؤدي إلى عمليات أكثر تبسيطاً لإدارة المشروع، وتقليل فترات المشروع، واستخدام أفضل للموارد. تسلط النتائج الضوء على التطبيق العملي لـ CPM في مختلف الصناعات، بما في ذلك البناء وتكنولوجيا المعلومات والأبحاث، مما يوضح تنوعها وفعاليتها في إدارة المشاريع المعقدة.

وهذه الدراسة بالذات **ستفيدني** في هذا البحث حيث أنها ستوفر دليل خطوة بخطوة لعملية تنفيذ تقنية المسار الحرج في مشروعي البحثي، مما يضمن فهمًا شاملاً وتطبيقاً للطريقة.

وأحد أوجه القصور الملحوظة في دراسة عثمانى هو غياب البيانات التجريبية ودراسات الحالة لدعم التفسيرات النظرية. ففي حين أن الدراسة تقدم نظرة عامة شاملة على CPM، إلا أنها تفتقر إلى أمثلة واقعية توضح تطبيق وفعالية CPM في المشاريع الفعلية. ولمعالجة هذا القصور، يمكنني تضمين دراسات حالة مفصلة وبيانات تجريبية توضح الاستخدام العملي لتقنية المسار الحرج في مشروعي البحثي.

الدراسة الرابعة: للباحثين أتين ولوبيس (2019)؛ بعنوان: " تطبيق أسلوب المسار الحرج في تخطيط وجدولة المشاريع "11

تركز الدراسة التي أجراها أتين ولوبيس على التطبيق العملي لتقنية المسار الحرج في مجال إدارة المشاريع. ويناقش البحث كيفية استخدام التقنية لتحديد تسلسل الأنشطة الهامة التي تحدد الحد الأدنى لمدة المشروع. ومن خلال تحليل هذه الأنشطة المهمة، يمكن لمديري المشاريع تحديد أولويات الموارد والجهود في المهام التي تؤثر بشكل مباشر على وقت إنجاز المشروع.

ويعتبر **الهدف** الأساسي للدراسة هو تقديم نظرة ثاقبة حول كيفية استخدام تقنية المسار الحرج لتبسيط عمليات إدارة المشروع، لا سيما في تحديد وإدارة المسار الحرج وتسلسل أنشطة المشروع التي تؤثر بشكل مباشر على وقت إنجاز المشروع. ومن خلال تحديد المسار الحرج، يمكن لمديري المشاريع تحديد الأنشطة الضرورية لإنجاز المشروع في الوقت المناسب والأنشطة التي يمكن تأخيرها دون التأثير على الجدول الزمني العام للمشروع. وتؤكد الدراسة على أهمية هذا التمييز، حيث أن فهم المهام الحاسمة مقابل تلك التي تتسم بالمرونة يسمح بتخصيص أفضل للموارد، وجدولة أكثر كفاءة، وتقليل تأخيرات المشروع. علاوة على ذلك، تسعى الدراسة إلى توضيح كيف يمكن للتقنية أن تعزز الكفاءة والفعالية الشاملة لإدارة المشاريع، مما يضمن إكمال المشاريع ضمن الأطر الزمنية المحددة لها وقيود الميزانية. ومن خلال التركيز على هذه الأهداف، يهدف أتين ولوبيس إلى التحقق من الفوائد العملية لهذه التقنية في سيناريوهات إدارة المشاريع في العالم الحقيقي.

وتتمحور **المنهجية التحليلية** المستخدمة حول استخدام المسار الحرج، والتي تتضمن عدة خطوات منهجية لتطوير جدول زمني مثالي للمشروع. فتبدأ العملية بتحديد جميع الأنشطة المطلوبة لإكمال المشروع. ويتم بعد ذلك تحليل هذه القائمة الشاملة من المهام لتحديد التبعية بينها، أي الترتيب الذي يجب تنفيذ الأنشطة به. وبمجرد إنشاء التبعية، فإن الخطوة التالية هي حساب المسار الأطول للأنشطة التابعة، والمعروف باسم المسار الحرج. ويمثل هذا المسار الحرج أقصر مدة ممكنة لإكمال المشروع.

ولتحقيق ذلك، قام الباحثان بإنشاء مخطط شبكي يرسم بصرياً جميع أنشطة المشروع وتبعيةاتها. ويُستخدم هذا الرسم التخطيطي لإجراء حسابات النجاح للأمام والخلف، مما يساعد في تحديد أقرب وأحدث أوقات البدء والانهاء الممكنة لكل نشاط. وتعتبر هذه الحسابات ضرورية لتحديد إجمالي التعويم، أو مقدار الوقت الذي يمكن أن تتأخر فيه الأنشطة غير الهامة دون التأثير على تاريخ اكتمال

¹¹ Atin, S., & Lubis, R. (2019, November). Implementation of critical path method in project planning and scheduling. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 662, No. 2, p. 022031). IOP Publishing.

المشروع. ويتم تحديد المسار الحرج على أنه تسلسل الأنشطة ذات التعويم الصفري، مما يشير إلى أن أي تأخير في هذه المهام سيؤدي بشكل مباشر إلى تأخير المشروع.

وتستخدم الدراسة بيانات المشروع الحقيقية لتوضيح التطبيق العملي لتقنية المسار الحرج. فمن خلال تطبيق التقنية على سيناريوهات المشروع الفعلية، تمكن الباحثان التحقق من فعالية الطريقة في تحسين جدولة المشروع وإدارته. وساعد استخدام البيانات الحقيقية أيضًا في تسليط الضوء على التحديات والفوائد المحتملة لـ CPM في إطار عملي، مما يوفر رؤية قيمة لمديري المشاريع الذين يتطلعون إلى تنفيذ هذه الطريقة في مشاريعهم.

ومن خلال هذه المنهجية المنظمة، هدف أتين ولوبيس إلى توفير إطار عمل واضح وعملي لاستخدام المسار الحرج في إدارة المشاريع. ويضمن نهجهم التفصيلي ترجمة المفاهيم النظرية لـ CPM بشكل فعال إلى خطوات قابلة للتنفيذ يمكن تطبيقها لتعزيز تخطيط وجدولة المشروع (مستودع UNIKOM).

وتشير نتائج تلك الدراسة إلى أن المسار الحرج له دور فعال في تحسين الجداول الزمنية للمشروع. فمن خلال حساب أقرب وأحدث أوقات البدء والانهاء لكل نشاط، يمكن لمديري المشاريع تطوير جدول زمني أكثر بساطة وكفاءة. ويؤدي هذا التحسين إلى تقليل وقت الخمول ويعزز كفاءة المشروع بشكل عام. وتؤدي تنفيذ طريقة المسار الحرج إلى تعزيز عمليات تخطيط وجدولة المشروع. فمن خلال استخدام تلك التقنية، يستطيع مديرو المشاريع تحديد المسار الحرج، وهو تسلسل أنشطة المشروع الذي يؤثر بشكل مباشر على تاريخ اكتمال المشروع. وتوفر التقنية رؤية قيمة حول الأنشطة التي يمكن تأخيرها دون التأثير على تاريخ إنجاز المشروع. ويتيح هذا التحديد للمديرين تركيز جهودهم ومواردهم على هذه المهام الحاسمة، مما يضمن إكمالها في الوقت المحدد لمنع أي تأخير محتمل.

ويمكن أن تفيد هذه الدراسة بحثي من خلال الاستشهاد بعمل الباحثين، فيمكنني توضيح كيفية تطبيق تقنية المسار الحرج لتحديد المهام الهامة وتحسين الجداول الزمنية للمشروع وإدارة الموارد بشكل فعال. ويمكن للأدلة التجريبية المقدمة في دراستهم أن تدعم حججي حول أهمية CPM في ضمان إكمال المشروع في الوقت المناسب وتعزيز ممارسات إدارة المشروع بشكل عام. كما يمكنني دمج الأفكار المكتسبة من دراستهم حول إدارة تبعيات المهام وتحديد الأنشطة التي يمكن تأخيرها دون التأثير على تاريخ إنجاز المشروع. وسيمكنني هذا من تقديم توصيات عملية لمديري المشاريع الذين يتطلعون إلى تطبيق تلك التقنية في مشاريعهم.

الدراسة الخامسة: للباحث كاريبو بينايا باجشو (2021)؛ بعنوان: " طريقتي PERT و CPM في إدارة المشاريع مع أمثلة عملية"¹²

تتعمق الدراسة في المبادئ الأساسية والتطبيقات العملية لـ PERT و CPM في إدارة المشاريع. ويناقش الخلفية النظرية لهذه التقنيات، وتطورها التاريخي، وأهميتها في تخطيط وجدولة المشاريع. **الهدف** الأساسي لهذه الدراسة هو استكشاف تطبيق تقنية تقييم ومراجعة البرامج (PERT) وطريقة المسار الحرج (CPM) في إدارة المشاريع. وتهدف الدراسة إلى تقديم أمثلة عملية لتوضيح استخدام هذه التقنيات في تعزيز جدولة وإدارة المشاريع. ومن خلال التركيز على هذه المنهجيات، يسعى باجشو إلى توضيح كيف يمكن لـ PERT و CPM ضمان اكتمال المشاريع ضمن الأطر الزمنية المحددة وقيود الميزانية. أما الهدف النهائي هو تسليط الضوء على فوائد هذه التقنيات في تحسين كفاءة المشروع وفعاليته.

يستخدم باجشو **منهجًا** عمليًا لتوضيح تطبيق PERT و CPM. وتتضمن الدراسة بناء مخططات الشبكة لمختلف أنشطة المشروع، وتحديد التبعيات، وحساب المسار الحرج باستخدام كلا التقنيتين. ويتم توفير أمثلة مفصلة خطوة بخطوة لعرض عملية تحديد أقرب وأحدث أوقات البدء والانهاء لأنشطة المشروع. وتساعد هذه الأمثلة في فهم كيفية تطبيق PERT و CPM في سيناريوهات العالم الحقيقي. بالإضافة إلى ذلك، يستخدم باجشو دراسات الحالة للتحقق من فعالية هذه التقنيات في إدارة الجداول الزمنية للمشروع.

ولتقديم رؤية شاملة، يختار باجشو دراسات حالة عبر مجموعة من الصناعات، بما في ذلك البناء وتكنولوجيا المعلومات والتصنيع. يؤكد هذا الاختيار على تعدد استخدامات PERT و CPM، مما يوضح فعاليتها في بيئات المشاريع المتنوعة. ومن خلال دراسة مشاريع من قطاعات مختلفة، تسلط الدراسة الضوء على كيفية تكيف هذه المنهجيات مع سياقات مختلفة، مع عرض إمكانية تطبيقها على نطاق واسع.

وتبدأ العملية بتحديد جميع الأنشطة المطلوبة لكل مشروع. فتتضمن هذه الخطوة تقسيم المشروع إلى مهام أصغر يمكن التحكم فيها، مما يوفر إطارًا واضحًا لما يجب إنجازه. بمجرد تحديد الأنشطة، وتتضمن المرحلة التالية تحديد التبعيات بين هذه المهام. يعد فهم هذه التبعيات أمرًا بالغ الأهمية لتحديد التسلسل الذي يجب تنفيذ المهام به، مما يضمن تقدم المشروع بسلاسة.

¹² Bagshaw, K. B. (2021). PERT and CPM in project management with practical examples. *American Journal of Operations Research*, 11(4), 215-226.

ويقوم باجشو بعد ذلك بإنشاء مخططات شبكية لتمثيل الأنشطة والعلاقات المتبادلة بينها بشكل مرئي. وتعتبر هذه المخططات ضرورية لتوضيح تدفق المشروع وتحديد الاختناقات المحتملة التي قد تعيق التقدم. فمع وجود مخططات الشبكة، يقوم باجشو بإجراء حسابات التمريرات الأمامية والخلفية. وتحدد هذه الحسابات أقرب وأحدث أوقات البدء والانتهاء لكل نشاط، وهو أمر حيوي لتحديد المسار الحرج - تسلسل المهام الذي يؤثر بشكل مباشر على تاريخ اكتمال المشروع.

ومن خلال تحليل مخططات الشبكة وحساباتها، يحدد باجشو المسار الحرج لكل مشروع. ويسلط هذا التحديد الضوء على الأنشطة التي تعتبر حاسمة لإنجاز المشروع في الوقت المناسب، مما يضمن أن أي تأخير في هذه المهام سيؤثر على الجدول الزمني العام للمشروع. وتتضمن كل دراسة حالة تحليلاً مفصلاً لكيفية تطبيق PERT و CPM، مع التركيز على التحديات التي تمت مواجهتها والحلول المنفذة. ويناقش باجشو التعديلات التي تم إجراؤها على جداول المشروع بناءً على الأفكار المكتسبة من تحليل PERT و CPM، ويقارن أوقات إنجاز المشروع الفعلية مع الأوقات المقدرة لإثبات دقة وفعالية هذه التقنيات.

وتتلخص نتائج هذه الدراسة في أن كلا من PERT (تقنية مراجعة تقييم البرنامج) و CPM (طريقة المسار الحرج) هما أداتان فعالتان للغاية لتعزيز تخطيط المشروع وجدولة أعماله. وتوفر هذه المنهجيات نهجاً منظماً لإدارة المشاريع المعقدة من خلال تقسيمها إلى مهام يمكن التحكم فيها وتقييم أوجه الترابط بينها. ومن خلال الأمثلة العملية، توضح الدراسة كيف يساعد PERT و CPM مديري المشاريع في تحديد المهام التي تعتبر حاسمة للحفاظ على الجدول الزمني العام للمشروع. ومن خلال التركيز على هذه المهام الحاسمة، يمكن لمديري المشاريع تحديد أولويات جهودهم لضمان تقدم المشروع في الموعد المحدد وتقليل مخاطر التأخير.

علاوة على ذلك، تسلط الدراسة الضوء على أن PERT و CPM يقدمان رؤى قيمة حول الجدول الزمني للمشروع وتخصيص الموارد. وعلى وجه التحديد، تحدد هذه التقنيات المهام التي يمكن تأجيلها دون التأثير على تاريخ الانتهاء النهائي للمشروع. وتمكن هذه الخاصية مديري المشاريع من اتخاذ قرارات مستنيرة حول مكان تخصيص الموارد وكيفية ضبط الجداول الزمنية للحفاظ على كفاءة المشروع. وتعد القدرة على فهم وإدارة تبعيات المهام والمرونة أمرًا بالغ الأهمية لتحسين أداء المشروع وتجنب المشكلات غير الضرورية. ولا يعزز هذا النهج المنظم احتمالية الوفاء بالمواعيد النهائية للمشروع فحسب، بل يساهم أيضاً في تحسين إدارة الموارد ونجاح المشروع بشكل عام.

وفي حين أن دراسة باجشو تقدم رؤى قيمة حول تطبيق PERT و CPM، إلا أنها قد تحتوي على بعض القصور، مثل الاعتماد المفرط المحتمل على الأمثلة النظرية بدلاً من سيناريوهات العالم الحقيقي المتنوعة. ولحل ذلك، يمكن اعتماد العديد من الاستراتيجيات. فتوسيع نطاق دراسات الحالة ليشمل صناعات وأنواع مشاريع متنوعة سيوفر منظوراً أوسع حول تطبيق PERT و CPM. ويمكن أن يكشف إجراء دراسات طويلة عن كيفية أداء هذه التقنيات مع مرور الوقت، بينما يمكن أن يقدم التعامل مع ممارسي إدارة المشاريع رؤى عملية والتحقق من صحة النتائج النظرية. بالإضافة إلى ذلك، فإن حساب المتغيرات الخاصة بالسياق، ومقارنة PERT و CPM مع المنهجيات الأخرى، ودمج البحث التجريبي من خلال بيانات العالم الحقيقي يمكن أن يعزز أهمية الدراسة وإمكانية تطبيقها.

المنطلقات النظرية للدراسة:

تتضمن المنطلقات النظرية للدراسة "إدارة المشاريع باستخدام تقنية المسار الحرج" عدة مفاهيم أساسية وتطورات رئيسية في مجال إدارة المشاريع، والتي توفر أساساً متيناً لفهم كيفية تحسين جدولة وإدارة المشاريع باستخدام تقنية المسار الحرج (CPM).

1) تعريف تقنية المسار الحرج (CPM) وأساسياتها النظرية:

تقنية المسار الحرج (Critical Path Method - CPM) هي أداة أساسية في إدارة المشاريع تهدف إلى تحسين جدولة وإدارة الموارد من خلال تحديد تسلسل الأنشطة الأكثر أهمية والتي تؤثر بشكل مباشر على مدة المشروع الكلية. وتمثل الأساسيات النظرية لتقنية CPM عدة مفاهيم رئيسية:

- **المسار الحرج:** هو أطول تسلسل من الأنشطة التي تحتاج إلى تنفيذها بدون أي تأخير لضمان إتمام المشروع في الوقت المحدد. تحديد المسار الحرج يساعد في إدارة الوقت بشكل أكثر فعالية.
- **التبعيات بين المهام:** وهي العلاقات بين الأنشطة التي تحدد التسلسل الذي يجب تنفيذ المهام به، مما يساهم في تنظيم وتنسيق جهود المشروع.
- **مخططات الشبكة:** تعتبر أداة مرئية تستخدم لتوضيح الأنشطة والتبعيات بينها، مما يساعد في حساب المسار الحرج وتقدير مدة المشروع.

2) تطور تقنية المسار الحرج (CPM) وتاريخها:

تطورت تقنية المسار الحرج من الأساليب التقليدية لإدارة المشاريع إلى منهجية متقدمة منذ إدخالها في أواخر الخمسينيات من القرن العشرين. وبدأت تقنية المسار الحرج كأداة لتحسين الكفاءة في المشاريع

الهندسية والعمرانية، وقد أثبتت فعاليتها في العديد من الصناعات. ودراسة فهد عثمانى (2019) توضح كيف تطورت تقنية المسار الحرج، وتوفير الخلفية التاريخية يساهم في فهم كيف أصبح استخدام التقنية منتشرة ومقبولة في إدارة المشاريع الحديثة.

(3) تطبيقات تقنية المسار الحرج في الصناعات المختلفة:

تتضمن المنطلقات النظرية للدراسة أيضًا فهم كيفية تطبيق CPM عبر صناعات مختلفة مثل البناء وتكنولوجيا المعلومات. دراسة أتين ولوبيس (2019) تسلط الضوء على كيفية استخدام تقنية المسار الحرج لتحسين كفاءة وجدولة المشاريع عبر صناعات متنوعة، مما يعزز الفهم لكيفية تكييف تلك التقنية لمواجهة التحديات المحددة في كل مجال.

(4) فوائد وتحديات تطبيق تقنية المسار الحرج:

تتضمن المنطلقات النظرية تحليل فوائد وتحديات استخدام CPM ، مثل تحسين تنظيم الوقت وتخصيص الموارد بفعالية، وكذلك التحديات المتعلقة بفهم المفاهيم وتطبيقها بشكل صحيح. تحليل نتائج الدراسات السابقة يمكن أن يوفر رؤى حول كيفية تجاوز هذه التحديات وتعظيم الاستفادة من تقنية المسار الحرج.

(5) أهمية بيانات وتجارب العالم الحقيقي في دراسة تقنية المسار الحرج:

تلعب دراسات الحالة والتطبيقات العملية دورًا هامًا في فهم كيفية تطبيق تقنية المسار الحرج بشكل فعال. دراسة أتين ولوبيس (2019) وبيانات باجشو (2021) تقدم أمثلة عملية على كيفية استخدام تلك التقنية في مشاريع حقيقية، مما يعزز الفهم لكيفية تحسين إدارة المشاريع باستخدام هذه التقنية.

المنهجية وطرق البحث:

لإجراء دراسة فعالة حول "إدارة المشاريع باستخدام تقنية المسار الحرج"، يعتمد البحث على منهجية متعددة الأبعاد تشمل جمع وتحليل البيانات النظرية والتطبيقية كالتالي:

أ. المنهج الوصفي التحليلي

المنهج الوصفي التحليلي سيتم استخدامه لفحص وتفسير المعلومات النظرية من الدراسات السابقة المتعلقة بتقنية المسار الحرج. وسيشمل هذا المنهج:

- **مراجعة الأدبيات:** تحليل الدراسات السابقة التي تناولت تقنية CPM لتحديد الأطر النظرية والتطبيقية. هذا سيمكننا من استيعاب كيفية تطور التقنية وتطبيقاتها عبر الصناعات المختلفة،

كما هو موضح في الدراسات السابقة مثل دراسة عثمانى (2019)، وأتين ولوبيس (2019)، وباجشو (2021).

ب. المنهج التجريبي

سُتَعْمَد منهجية تجريبية لتطبيق تقنية CPM على مشاريع حقيقية أو افتراضية. وسيتم تنفيذ هذا من خلال:

- إنشاء دراسات حالة: دراسة كيفية تطبيق CPM في مشاريع فعلية عبر تحليل دراسات حالة مختارة. حيث سيتم جمع بيانات من مشاريع مختلفة لتوضيح كيفية استخدام CPM لتحسين الجدول الزمني وإدارة الموارد.
- تحليل الأداء: مقارنة الأداء الفعلي للمشاريع مع الأداء المتوقع بناءً على استخدام تقنية المسار الحرج. وسيساعد هذا في تقييم فعالية التقنية في تحسين إدارة المشاريع.

أما عن طرق البحث المستخدمة، سنستخدم تحاليل البيانات الثانوية والبحوث التجريبية.

أ. تحليل البيانات الثانوية

- مراجعة الأدبيات: سيتم جمع وتحليل المعلومات من الدراسات السابقة ذات الصلة لتطوير فهم شامل لتقنية المسار الحرج، وتطبيقاتها، وفوائدها وتحدياتها.
- التحليل النظري: تحليل نتائج الدراسات السابقة لفهم كيف يمكن أن تسهم تقنية المسار الحرج في تحسين إدارة المشاريع عبر الصناعات المختلفة.

ب. البحث التجريبي

- جمع بيانات من دراسات حالة: اختيار مجموعة من دراسات الحالة التي استخدمت CPM في مشاريع حقيقية. حيث سيتم جمع البيانات حول كيفية تطبيق التقنية، وتحديات التطبيق، والنتائج المحققة.
- إجراء مقابلات مع مديري مشاريع: سيتم إجراء مقابلات مع محترفي إدارة المشاريع الذين استخدموا تقنية المسار الحرج لتحديد تجاربهم، والصعوبات التي واجهوها، وأفضل الممارسات.

أدوات الدراسة :

أ. أدوات جمع البيانات

- **استبيانات:** سيتم تصميم استبيانات لجمع المعلومات من محترفي إدارة المشاريع حول استخدامهم لتقنية المسار الحرج. وستشمل الأسئلة جوانب مثل فعالية التقنية، والصعوبات التي واجهوها، وفوائد استخدامها.
- **مقابلات:** إجراء مقابلات مع مديري مشاريع للحصول على رؤى حول تطبيق CPM في مشاريعهم. وستستخدم المقابلات للحصول على معلومات نوعية حول تجاربهم وتحدياتهم.

ب. أدوات تحليل البيانات

- **البرمجيات التحليلية:** استخدام برامج تحليل البيانات (مثل SPSS أو Excel) لتحليل نتائج الاستبيانات والمقابلات. وستساعد هذه البرمجيات في معالجة البيانات الكمية والنوعية لتحديد الأنماط والاتجاهات.
- **تحليل الحالات:** استخدام تقنيات تحليل الحالات لفحص تطبيقات تقنية المسار الحرج في المشاريع الحقيقية وتقييم فعالية التقنية بناءً على الأداء الفعلي للمشاريع.

ج. أدوات التقييم

- **مخططات الشبكة:** استخدام أدوات لتصميم وتحليل مخططات الشبكة التي توضح الأنشطة والتبعيات والموارد. وستساعد هذه الأدوات في فهم كيفية تحديد المسار الحرج وتقدير المدة الزمنية للمشاريع.
- **نماذج المحاكاة:** استخدام نماذج محاكاة لمشاريع افتراضية لتقييم فعالية CPM في ظروف مختلفة. وستساعد هذه النماذج في اختبار استراتيجيات مختلفة وتحليل تأثيراتها على جدولة وإدارة المشاريع.

حدود الدراسة:

(1) الحدود الزمنية

- **فترة الدراسة:** سيتم التركيز على الدراسات والأبحاث التي نشرت في فترة زمنية محددة، خاصة بين عامي 2009 و2024. وسيشمل البحث مراجعة الأدبيات الحالية التي تناولت تقنية المسار الحرج وتطبيقاتها في إدارة المشاريع خلال هذه الفترة.

- **مدة التطبيق:** ستقتصر الدراسة التجريبية على مشاريع ذات مدة زمنية محددة، بحيث يتم تنفيذ وتحليل تطبيق تقنية المسار الحرج على مشاريع تمتد لعدة أشهر، وليس على مشاريع ذات مدى زمني طويل الأمد.

(2) الحدود الجغرافية

- **المجال الجغرافي:** ستقتصر الدراسة على مشاريع من مناطق جغرافية معينة مثل مشروع محطة طاقة شمسية في الربع الخالي؛ وخاصة في المناطق الشمالية الشرقية مثل صحراء النفود. والسبب هو أن الربع الخالي هو واحدة من أكبر الصحارى في العالم ويستفيد من إشعاع شمسي مرتفع على مدار العام. ويمكن أن تستفيد السعودية من هذا الموقع لمشاريع طاقة شمسية كبيرة الحجم.

- **نوع المشاريع:** مشاريع إنشاء محطات طاقة شمسية في المناطق النائية أو غير التقليدية. والسبب هو تزايد الاهتمام بالاستدامة البيئية يخلق حاجة لتطبيق تقنيات إدارة المشاريع مثل المسار الحرج في مشاريع الطاقة المتجددة، التي قد لا تكون مغطاة بشكل كافٍ في الأبحاث الحالية.

المراجع:

المراجع العربية:

- بوسعد، شاوش، و جيلالي. (2022). تسريع مشاريع التشييد باستخدام طريقة المسار الحرج، أطروحة دكتوراه، جامعة ابن خلدون-تيارت.
- السبيعي، خالد بن صالح المرزم. (2018). جدولة المشاريع البحثية لطلبة الدراسات العليا التربوية بجامعة الملك سعود باستخدام أسلوب بيرت والمسار الحرج: دراسة تطبيقية. مجلة كلية التربية في العلوم التربوية، 42(3)، 193-233.
- شترات، وبلقندوز. (2024). إدارة المشاريع باستخدام تقنية المسار الحرج (دراسة حالة مشروع إعادة تهيئة طريق ببلدية بن داود ولاية برج بو عريريج)، أطروحة دكتوراه، جامعة محمد البشير الإبراهيمي-برج بو عريريج-كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير.
- عمر، ساف، وسفيان. (2024). استخدام تقنيات CPM و PERT في تخطيط المشاريع: دراسة حالة مشروع عروض الحسابات الكبرى في الوكالة الوطنية للتشغيل ANEM. أطروحة دكتوراه،

جامعة محمد البشير الإبراهيمي-برج بوعرييج-كلية العلوم الإقتصادية والتجارية وعلوم التسيير.

المسار الحرج. Critical Path Method. (22 أغسطس, 2022). تاريخ الاسترداد 18 يوليو, 2024، من إدارة المشاريع :t&t

<https://mangmenttt.com/%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%B3%D8%A7%D8%B1-%D8%A7%D9%84%D8%AD%D8%B1%D8%AC-/critical-path-method>

المراجع الإنجليزية:

Aliyu, A. M. (2012). Project management using critical path method (CPM): a pragmatic study. *Global Journal of Pure and Applied Sciences*, 18(3-4), 197-206.

Atin, S., & Lubis, R. (2019, November). Implementation of critical path method in project planning and scheduling. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 662, No. 2, p. 022031). IOP Publishing.

Bagshaw, K. B. (2021). PERT and CPM in project management with practical examples. *American Journal of Operations Research*, 11(4), 215-226.

Schwalbe, K. (2009). *Introduction to project management*. Boston: Course Technology Cengage Learning.

Shaaban, D. I. A. M. (2009). Using Critical Path Method CPM in Project Management-A Case Study in the construction of Najaf International Airport. *MBA, Faculty of Management and Economics, University of Kufa-Iraq*.

Usmani, F. (2019). Critical Path Method (CPM) in Project Management. *PM Study Circle-A PMP Exam Preparation Blog*.

