استخدام نمذجة المسار الحرج لجدولة مشاريع التحول الرقمي في مؤسسات التعليم العالي بالسودان (جامعة الفاشر نموذجاً)

د. صالح النور الحاج محمد
استاذ مشارك – قسم إدارة الأعمال – كلية العلوم الإدارية جامعة الفاشر

د. إبراهيم إسحق أبكر آدم
أستاذ مساعد – قسم الإحصاء – كلية الاقتصاد والدراسات الاجتماعية – جامعة الفاشر

المستخلص:

تهدف هذه الدراسة إلى توظيف أسلوب المسار الحرج (Critical Path Method - CPM) في جدولة وإدارة مشاريع التحول الرقمي في مؤسسات التعليم العالي بالسودان، مع اتخاذ جامعة الفاشر نموذجاً تطبيقياً. وتنبع أهمية الدراسة من التحديات التي تواجه الجامعات السودانية في تنفيذ مشاريع الرقمنة في ظل محدودية الموارد التقنية والمالية والظروف البيئية غير المستقرة، الأمر الذي يستدعي استخدام أساليب كمية دقيقة تسهم في تحسين التخطيط الزمني للمشروعات وضبط تنفيذها. اعتمدت الدراسة على المنهج التحليلي باستخدام الأسلوب الكمي، وذلك من خلال بناء نموذج رياضي لأنشطة مشروع التحول الرقمي بجامعة الفاشر، وتحديد العلاقات الاعتمادية بين هذه الأنشطة والمدة الزمنية اللازمة لتنفيذها. كما تم تحليل البيانات باستخدام برمجية (Win. QSB) لاستخراج أوقات البداية والنهاية المبكرة والمتأخرة، وتحديد المسار الحرج والأنشطة ذات الزمن الفائض. أظهرت نتائج التحليل أن المسار الحرج للمشروع يتمثل في الأنشطة (A ⟶ B ⟶ D ⟶ F ⟶ G ⟶ H)، حيث بلغ الزمن الكلي اللازم لإنجاز مشروع التحول الرقمي (27) شهراً. كما أوضحت النتائج أن هذه الأنشطة تعد أنشطة حرجة لا تمتلك زمناً فائضاً، مما يعني أن أي تأخير في تنفيذها سيؤدي مباشرة إلى تأخير موعد إكمال المشروع. وفي المقابل، كشفت النتائج عن وجود مرونة زمنية في بعض الأنشطة غير الحرجة مثل نشاط تصميم الهوية الرقمية وتدريب الكادر التقني، وهو ما يوفر للإدارة إمكانية إعادة توزيع الموارد بشكل أكثر كفاءة عند حدوث طوارئ أو معوقات تنفيذية. خلصت الدراسة إلى أن تطبيق أساليب النمذجة الرياضية، وعلى رأسها أسلوب المسار الحرج، يمثل أداة فعالة لدعم متخذي القرار في التخطيط الزمني لمشاريع التحول الرقمي في الجامعات، ويسهم في تقليل الانحرافات الزمنية وتحسين كفاءة إدارة المشاريع التقنية. وأوصت الدراسة بضرورة تعزيز استخدام أدوات بحوث العمليات في إدارة المشاريع الجامعية، وتطبيق نظام متابعة دوري يركز على الأنشطة الحرجة لضمان نجاح تنفيذ مشاريع الرقمنة وتحقيق الاستدامة الرقمية في مؤسسات التعليم العالي.

الكلمات المفتاحية: أسلوب المسار الحرج، التحول الرقمي، جدولة المشاريع، بحوث العمليات، مؤسسات التعليم العالي.

Scheduling Digital Transformation Projects in Sudanese Higher Education Institutions Using the Critical Path Method (CPM) (A Case Study of the University of El Fasher)

Dr. Salih Elnour Elhaj Mohammed
Dr. Ibrahim Ishag Abaker Adam

Abstract:

This study aims to employ the Critical Path Method (CPM) in scheduling and managing digital transformation projects in higher education institutions in Sudan, using the University of El Fasher as a case study. The significance of the study arises from the challenges faced by Sudanese universities in implementing digital transformation initiatives under conditions of limited technical and financial resources, as well as unstable environmental circumstances. These conditions necessitate the use of precise quantitative methods that can improve project scheduling, planning, and implementation control. The study adopted an analytical approach using a quantitative method by developing a mathematical model for the activities of the digital transformation project at the University of El Fasher. The relationships and dependencies among project activities and their estimated durations were identified. Data were analyzed using the Win.QSB software to determine the earliest and latest start and finish times, identify the critical path, and determine activities with float time. The results of the analysis indicated that the critical path of the project consists of the activities (A → B → D → F → G → H), with a total project completion time of 27 months. The findings also revealed that these activities are critical activities with zero slack time, meaning that any delay in their execution would directly lead to a delay in the overall project completion. In contrast, the study identified time flexibility in certain noncritical activities such as digital identity design and technical staff training, which provides management with opportunities to reallocate resources more efficiently when unexpected challenges arise.The study concluded that applying mathematical modeling techniques, particularly the Critical Path Method, is an effective tool for supporting decisionmakers in planning digital transformation projects in universities. It helps reduce scheduling deviations and enhances the efficiency of managing technical projects. The study recommends

strengthening the use of operations research tools in university project management and adopting periodic monitoring systems that focus on critical activities to ensure the successful implementation of digital transformation initiatives and achieve sustainable digital development in higher education institutions.

Keywords: Critical Path Method (CPM), Digital Transformation, Project Scheduling, Operations Research, Higher Education Institutions.

1. الجزء الاول: الاطار العام:

أولا: المقدمة: يساعد أسلوب شبكات الأعمال المديرين في تخطيط المشاريع وجدولتها ومتابعة في تنفيذها، حيث يوفر اطارا تحليليا لتحديد العلاقة بين الانشطة وتقدير الزمن اللازم لانجاز المشروع بكفاءة، ويتحمل المديرون في كثير من الأحيان مسؤولية التخطيط والبرمجة وضبط المشاريع التي تتكون من عدد كبير من المهام التفصيلية، والتي تنفذها مجموعة من الأقسام والأفراد. وغالباً ما تكون هذه المشاريع ضخمة ومعقدة، الأمر الذي يجعل من الصعب على المدير الإلمام بكافة المعلومات المتعلقة بالخطط المختلفة، خاصة أن معظم هذه المشاريع تتكون من مجموعة من الأنشطة المتتابعة التي تتسم بمرحلية التنفيذ وتحتاج إلى ترتيب محدد. ويتطلب ذلك تنسيقاً دقيقاً بين هذه الأنشطة من حيث مواعيد البدء والانتهاء، لأن أي خلل في إحدى المراحل قد يؤدي إلى حدوث اختناقات في سير العمل، الأمر الذي قد يسبب توقف المشروع أو تأخر إنجازه. ومن هنا تبرز أهمية وضع خريطة زمنية واضحة لمشاريع التحول الرقمي، بحيث تتناسب المدة الزمنية لكل مرحلة من مراحل العمل مع طبيعة النشاط، وبما يضمن إنجاز المشروع في أقصر وقت ممكن وبأقل استخدام للموارد. وتواجه الجامعات السودانية عدداً من التحديات المركبة، من بينها عدم استقرار خدمات الكهرباء والإنترنت، ونقص التمويل التقني، وصعوبة جدولة المشاريع في ظل ظروف عدم اليقين. لذلك تبرز الحاجة إلى استخدام الأساليب الكمية الحديثة مثل نمذجة المسار الحرج (Critical Path Method - CPM) لضمان تنفيذ المشاريع وتسليمها في المواعيد المحددة.

ثانيا: مشكلة الدراسة:

تتمثل مشكلة الدراسة في أن تنفيذ مشاريع التحول الرقمي في الجامعات السودانية يواجه تحديات تنظيمية ولوجستية متعددة، مثل تداخل الأنشطة، وعدم وضوح الجداول الزمنية، وضعف أدوات التخطيط الكمي، مما يؤدي إلى تأخر تنفيذ المشاريع أو هدر الموارد. لذلك تبرز الحاجة إلى توظيف أساليب بحوث العمليات، وخاصة أسلوب المسار الحرج (CPM)، لتحسين جدولة أنشطة التحول الرقمي وضمان تنفيذها في الوقت المحدد، وفي ذات الوقت تواجه جامعة الفاشر تحديات عملية في تنفيذ مشاريع التحول الرقمي، حيث تعاني هذه العملية من تداخل الأنشطة وعدم وضوح الجدول الزمني، الأمر الذي قد يؤدي إلى هدر الموارد أو تأخر إنجاز المشروع، خاصة في ظل الظروف الاستثنائية التي يمر بها الإقليم. وعليه تتبلور مشكلة الدراسة في التساؤل الرئيس الآتي:

كيف يمكن لنمذجة المسار الحرج (CPM) أن تسهم في جدولة ورقابة أنشطة التحول

الرقمي بجامعة الفاشر بما يضمن تنفيذها في أقصر وقت ممكن وبأعلى درجة من المرونة الإدارية؟

ويتفرع من هذا التساؤل الرئيس الأسئلة الفرعية التالية:

ما هو المسار الحرج الذي يحدد الحد الأدنى للمدة الزمنية اللازمة لتنفيذ مشروع التحول الرقمي في الجامعة؟

ما هي الأنشطة التي تمتلك زمناً فائضاً (Float) يمكن استغلاله لتوفير قدر من المرونة الإدارية عند حدوث الأزمات؟

ثالثا: أهداف الدراسة:

تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق مجموعة من الأهداف، من أهمها:

بناء نموذج رياضي يحدد أطول مسار للأنشطة، والذي يمثل المدة الزمنية الإجمالية اللازمة لتنفيذ مشروع التحول الرقمي في جامعة الفاشر.

اختبار فاعلية استخدام برمجية Win.QSB في تحليل بيانات المشاريع التقنية المعقدة داخل المؤسسات الجامعية.

تقديم مجموعة من التوصيات الإجرائية لإدارة جامعة الفاشر حول كيفية توزيع جهود الرقابة وفق قاعدة 20/80 لضمان نجاح مشروع التحول الرقمي.

رابعا: فرضيات الدراسة:

تختبر هذه الدراسة الفرضيات الآتية:

يساهم استخدام أسلوب المسار الحرج في تحديد الأنشطة الحرجة بدقة، مما يؤدي إلى تقليل الزمن الإجمالي اللازم لتنفيذ مشاريع التحول الرقمي في جامعة الفاشر مقارنة بالأساليب التقليدية.

يساعد تحديد الأوقات الراكدة (Slacks) في المسارات غير الحرجة الإدارة الجامعية على إعادة توجيه الموارد المحدودة (البشرية والتقنية) نحو الأنشطة التي تؤثر مباشرة في تاريخ انتهاء المشروع.

يسهم استخدام النمذجة الرياضية في تعزيز قدرة جامعة الفاشر على التنبؤ بالانحرافات الزمنية الناتجة عن المعوقات اللوجستية، مما يدعم استمرارية تنفيذ المشروع.

خامسا: أهمية الدراسة

الأهمية العلمية:

تتمثل الأهمية العلمية للدراسة في إثراء المكتبة العربية بدراسة تربط بين مجال بحوث العمليات، وبخاصة أسلوب المسار الحرج، وبين إدارة مشاريع التحول الرقمي في مؤسسات التعليم العالي.

الأهمية التطبيقية:

تكمن الأهمية التطبيقية في توفير أداة عملية لصناع القرار في جامعة الفاشر تساعدهم على جدولة مشاريع التحول الرقمي بصورة علمية تعتمد على التحليل الكمي بدلاً من التقديرات الشخصية، خاصة في ظل محدودية الموارد والظروف الراهنة.

الاهمية الموضوعية:

تكمن في تناولها موضوع جدولة مشاريع التحول الرقمي في مؤسسات التعليم العالي باستخدام أسلوب المسار الحرج (CPM)، وهو أحد الأساليب الكمية الحديثة في إدارة المشاريع. وتسهم الدراسة في توضيح كيفية تحديد الأنشطة الحرجة التي تؤثر في زمن تنفيذ المشروع، مما يساعد على تحسين التخطيط الزمني وكفاءة استخدام الموارد. كما تقدم الدراسة نموذجاً تطبيقياً يمكن الاستفادة منه في الجامعات السودانية لدعم تنفيذ مشاريع التحول الرقمي بصورة أكثر كفاءة وتنظيماً.

سادسا: منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة على المنهج التحليلي، وذلك من خلال استخدام أساليب بحوث العمليات، وبخاصة أسلوب المسار الحرج (CPM)، لتحويل أنشطة مشروع التحول الرقمي إلى نموذج رياضي قابل للقياس والتحليل باستخدام برنامج حزمة الانظمة الكمية للاعمال على نظام ويندوز(Win. QSB).

سابعا: مجتمع وعينة الدراسة

مجتمع الدراسة:يتكون مجتمع الدراسة من جميع الوحدات الإدارية والتقنية المسؤولة عن تنفيذ مشروع التحول الرقمي في جامعة الفاشر، مثل مركز الحاسوب، وإدارة الشؤون العلمية، وإدارة القبول والتسجيل، والإدارة المالية.

عينة الدراسة:

تم اختيار عينة قصدية (Purposive Sample) من الخبراء التقنيين ومديري المشاريع في الجامعة، ممن يشاركون بصورة مباشرة في تنفيذ عمليات التحول الرقمي، وذلك لضمان الحصول على تقديرات زمنية دقيقة لأنشطة المشروع.

ادوات التحليل:

الأداة البرمجية، استخدام حزمة الانظمة الكمية للاعمال على نظام ويندوزWindows Win.QSB(Quantitative System for Business)(لتحليل بيانات المشروع.

ثامنا:مصادر البيانات:

اعتمدت الدراسة على مجموعة من مصادر البيانات، تمثلت في:

المصادر الاولية:

تم الحصول عليها بواسطة ادوات، الملاحظة المباشرة، المقابلات الموجهة مع المختصين.

المصادر الثانوية:

تم توفيرها من المراجع، الكتب، المجلات الدورية،الوثائق والتقارير الرسمية وشبكة الانترنت.

تاسعا: حدود الدراسة:

الحدود الموضوعية:

تقتصر الدراسة على جدولة أنشطة مشاريع التحول الرقمي باستخدام أسلوب المسار الحرج (CPM).

الحدود المكانية:

جامعة الفاشر – السودان.

الحدود الزمانية:

الفترة الزمنية التي شملت إعداد النموذج الرياضي والتقديرات الزمنية للأنشطة خلال الأعوام 2023–2025م.

عاشرا: تنظيم الدراسة:

تم تقسيم البحث الى خمسة اجزاء كالاتي:

الجزء الأول:

الاطار العام، ويشمل المقدمة، مشكلة الدراسة، فرضياتها، أهدافها، أهميتها، حدودها، منهجيتها، مجتمع الدراسة، عينة الدراسة، ومصادر جمع البيانات.

الجزء الثاني:

الدراسات السابقة، ويتضمن عرضًا لتسع دراسات سابقة حديثة في بيئات مختلفة، مع المقارنة بينها وبين الدراسة الحالية وتحديد الفجوة البحثية.

الجزء الثالث:

الإطار النظري، ويتناول مفهوم المسار الحرج، مراحل تطبيقه، مشاريع التحول الرقمي، مرحل التنفيذ وأهميتها في التعليم العالي.

الجزء الرابع:

الدراسة التطبيقية، تتناول خلفية تعريفية عن مؤسسات التعلين العالي في السودان ومشروعات التحول الرقمي في جامعة الفاشر، وتطبيقات الدراسة الميدانية، وتحليل البيانات.

الجزء الخامس:

الخاتمة: وتشتمل على النتائج والتوصيات ومقترحات للدراسات المستقبلية.

الجزء الثاني: الدراسات السابقة:

أولا: عرض الدراسات السابقة:

دراسة (محمود، 2023)، بعنوان: «أثر استخدام أسلوب المسار الحرج في نجاح مشاريع النظم المعلوماتية».هدفت هذه الدراسة إلى قياس العلاقة بين تطبيق تقنيات بحوث العمليات، وتحديداً أسلوب المسار الحرج (CPM)، وتحقيق معايير النجاح في مشاريع نظم المعلومات (الزمن، التكلفة، الجودة). اعتمدت الدراسة المنهج التحليلي من خلال فحص سجلات مجموعة من المشاريع التقنية ومقابلة مديريها. أظهرت النتائج وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين تحديد الأنشطة الحرجة بدقة وبين تقليل الانحرافات الزمنية في تسليم النظم، أن استخدام المسار الحرج يمنح الإدارة القدرة على المفاضلة بين الموارد (Resource Trade-off) بشكل فعال عند حدوث اختناقات في التنفيذ. أوصت الدراسة بضرورة إدماج أساليب الجدولة الرياضية في المراحل الأولى من التخطيط الاستراتيجي للتحول الرقمي.

– دراسة Elferjany & Eshim (2024). بعنوان: تطبيق CPM باستخدام Primavera P6دراسة تطبيقية استخدمت برنامج Primavera P6 لتنفيذ المسار الحرج CPM في جدولة مشروع عملي، مما يبيّن إمكانيتها في بيئة أدوات إدارة المشاريع الرقمية.

دراسة محمد عثمان البشير. (2024)، بعنوان: حوكمة تقنية المعلومات في مؤسسات التعليم العالي بالسودان: إطار مقترح لتعزيز الأداء الرقمي. رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الدراسات العليا، جامعة النيلين، الخرطوم، السودان.

هدفت هذه الدراسة إلى استكشاف واقع تطبيق حوكمة تقنية المعلومات في الجامعات السودانية، وتحديد الأطر الكفيلة بإدارة المشاريع التقنية بكفاءة. استخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، حيث تم تطبيقها على عينة من مديري تقنية المعلومات ورؤساء الأقسام الأكاديمية، خلصت الدراسة إلى وجود فجوة في التنسيق بين الإدارة العليا والإدارات التقنية، مما يؤدي إلى تعثر الجداول الزمنية للمشاريع، أن «العنصر البشري» وتدريبه يمثلان التحدي الأكبر في استدامة التحول الرقمي،

دارسة al Khoshkonesh et. (2025)، بعنوان: إطار رقمي متقدم يتضمن نمذجة CPM دراسة حديثة تقدّم إطار عمل 4D/5D Digital Twin مع تضمين تحديثات احتمالية لنمذجة المسار الحرج (Monte Carlo + Bayesian) لجعل الجدولة أكثر تكيّفًا وتنبؤًا.

دراسة (صالح وآخرون، 2025): «استراتيجية التحول الرقمي في الجامعات السودانية: التحديات والفرص».هدفت الدراسة الى سعت هذه الدراسة إلى وضع إطار استراتيجي للتحول الرقمي في مؤسسات التعليم العالي بالسودان في ظل المتغيرات التقنية والأمنية المتسارعة. استخدم الباحثون المنهج النوعي من خلال المقابلات المعمقة مع خبراء التحول الرقمي في خمس جامعات سودانية رائدة. وتوصلت الى ضعف البنية التحتية للاتصالات، محدودية التمويل، والمقاومة الثقافية للتغيير الرقمي. أوصت الدراسة بتبني نماذج إدارية مرنة عند جدولة مشاريع التحول الرقمي لضمان استمراريتها في المناطق المتأثرة بالنزاعات.»

دراسة Mirjalili et al. (2025)، بعنوان: تحسينات الذكاء الاصطناعي في نماذج CPMبحث حديث يقترح دمج نماذج الشبكات العصبية الرسومية (Graph Neural Networks) مع نماذج CPM لتقديم توقعات أكثر دقة للوقت والتكلفة في مشروعات معقدة.

دراسة Raranta et al. (2025)، بعنوان: تطبيق CPM في بيئة رقمية (Webbased)، هذه الدراسة ركّزت على استخدام طريقة المسار الحرج (CPM) ضمن تطبيق ويب لحساب الجدول الزمني للمشاريع تلقائيًا باستخدام برمجة Python وتوليد مخططات الشبكة والنتائج الزمنية مثل ES/EF/LS/LF وSlack.

دراسة (أحمد، 2026): «النمذجة الرياضية لجدولة المشاريع التقنية باستخدام Win. QSB»»تناولت هذه الدراسة كيفية استغلال الحلول البرمجية الجاهزة، وتحديداً نظام Win.QSB، في تحويل خطط المشاريع التقنية إلى نماذج رياضية دقيقة. ركزت الدراسة على استخدام أسلوب المسار الحرج (CPM) وبرمجية الأهداف لتقليل التكاليف والزمن في ظل محدودية الموارد.أثبتت الدراسة أن استخدام Win.QSB يساهم في خفض نسبة الخطأ في تقدير زمن إنهاء المشاريع بنسبة تصل إلى 20% مقارنة بالجدولة التقليدية.

دراسة Ibe (2026): مراجعة حول إدارة المشاريع الرقمية وCPM، بحث أحدث يناقش تأثير التحول الرقمي على إدارة المشاريع ويؤكد على دور CPM كجزء من الممارسات التقليدية

التي يمكن دمجها مع حلول رقمية، ذكاء اصطناعي، وأطر عمل مرنة لتحسين التخطيط، الموارد، والمخاطر في بيئة المشاريع الرقمية.

ثانيا: المقارنة بين الدراسات السابقة والفجوة البحثية: يتضح من خلال مراجعة الأدبيات السابقة أن معظم الدراسات ركزت على التحول الرقمي أو على تطبيق أساليب الجدولة الكمية بصورة منفصلة، بينما ندر توظيف أسلوب المسار الحرج في جدولة مشاريع التحول الرقمي داخل الجامعات السودانية. ومن هنا تسعى الدراسة الحالية إلى سد هذه الفجوة من خلال تقديم نموذج تطبيقي باستخدام CPM في جامعة الفاشر، ويتضح وجود اهتمام متزايد بالتحول الرقمي في السودان، واهتمام موازٍ بأساليب بحوث العمليات (CPM) في الإدارة. ومع ذلك، تبرز **الفجوة البحثية** التي تسدها الدراسة الحالية في النقاط التالية:

الندرة: قلة الدراسات التي ربطت «رياضياً» بين أسلوب المسار الحرج وبين «عمليات الرقمنة» خصيصاً في الجامعات السودانية.

السياق المكاني: تعتبر هذه الدراسة من أوائل المحاولات التطبيقية على **جامعة الفاشر** في ظل ظروف استثنائية، مما يعطي مخرجاتها (مثل زمن الـ 27 شهراً) قيمة تشغيلية فريدة.

الأداة: التوظيف المباشر لبرمجية **(Win.QSB)** في بيئة أكاديمية لتحويل الأنشطة الإدارية إلى نموذج رياضي رقابي.

الجزء الثالث: الاطار النظري:

اولا: أسلوب المسار الحرج (Critical Path Method - CPM)

يُعرف أسلوب المسار الحرج بأنه أطول سلسلة من الأنشطة المتتابعة في المخطط الشبكي للمشروع، والتي تمتد من حدث البداية وحتى حدث النهاية، حيث يحدد هذا المسار الحد الأدنى للزمن اللازم لإنجاز المشروع ككل. وتسمى الأنشطة الواقعة على هذا المسار بـ «الأنشطة الحرجة" (Critical Activities)، وهي الأنشطة التي لا تمتلك أي فائض زمني (Zero Float)؛ ويرى القحطاني (2021) أن المسار الحرج هو أطول مسار زمني في شبكة المشروع ويحدد المدة الكلية لتنفيذ المشروع، مما يعني أن أي تأخير في تنفيذها سيؤدي بالضرورة إلى تأخير موعد تسليم المشروع النهائي. وبيانياً، يتم تمييز المسار الحرج عادةً بخطوط سميكة أو ملونة لتمييزه عن المسارات الأخرى، ومن الممكن أن تشتمل الشبكة الواحدة على أكثر من مسار حرج في حال تساوت أطوالها الزمنية (Heizer & Render, 2020).

ثانيا: مراحل تطبيق أسلوب المسار الحرج:

يمر تطبيق أسلوب المسار الحرج بثلاث مراحل أساسية ومنظمة تضمن كفاءة الجدولة والرقابة (العامري وآخرون، 2009):

مرحلة التخطيط (Planning Phase): وتتضمن تحديد هيكل تجزئة العمل (WBS)، وحصر كافة الأنشطة اللازمة لتنفيذ المشروع، ثم تحديد علاقات التتابع والاعتمادية (Logical Dependencies) بين كل نشاط والأنشطة التي تسبقه أو تتبعه.

مرحلة إعداد جدول الأنشطة (Scheduling Phase): تشمل تقدير المدة الزمنية لكل نشاط، وحساب أوقات البداية والنهاية (المبكرة والمتأخرة) لكافة الأنشطة، مما يسمح بتحديد المسار

الحـرج ومقـدار «الزمـن الفائـض" (Float) للأنشـطة غـير الحرجـة.

مرحلـة الرقابـة (Control Phase): وهـي العمليـة المسـتمرة لمتابعـة الأداء الفعـلي ومقارنتـه بالمخطـط لـه باسـتخدام المخطـط الشـبكي، مـما يتيـح لـلإدارة التدخـل لتصحيـح الانحرافـات أو إعـادة تخصيـص المـوارد لضـمان بقـاء المـشروع ضمـن إطـاره الزمنـي المحـدد.

ثالثا: العمليات الحسابية لجدولة المسار الحرج (CPM Calculations):

تعتمـد جدولـة المشـاريع وفـق أسـلوب المسـار الحـرج عـلى تقديـر أربعـة أوقـات رئيسـة لـكل نشـاط، يتـم اسـتخراجها عـبر مرحلتـين: الحسـابات الأماميـة (Forward Pass) والحسـابات الخلفيـة (Backward Pass)، وذلـك وفـق القواعـد التاليـة:

1.وقت البداية المبكرة (Earliest Start - ES):

يُمثـل أول وقـت ممكـن للبـدء في تنفيـذ النشـاط في ظـل الظـروف التشـغيلية العاديـة. ووفقـاً للقواعـد الرياضيـة، يُعطـى النشـاط الأول في الشـبكة القيمـة (صفـر). أمـا بالنسـبة للأنشـطة اللاحقـة، فـإن وقـت بدايتهـا المبكـرة يمثـل وقـت النهايـة المبكـرة للنشـاط السـابق لهـا مبـاشرة. وفي حـال وجـود أكـثر مـن نشـاط سـابق، يتـم اختيار أقـصى قيمـة (أطـول زمن) للنهايـات المبكـرة للأنشـطة السـابقة (العامـري وآخـرون، 2009).

2. وقت النهاية المبكرة (Earliest Finish - EF):

هـو الوقـت المتوقـع لانتهـاء النشـاط إذا بـدأ في موعـده المبكـر، ويُحسـب بإضافـة المـدة الزمنيـة اللازمـة للنشـاط إلى وقـت بدايتـه المبكـرة، وفـق المعادلـة التاليـة:

وقت النهاية المبكرة (EF) = وقت البداية المبكرة (ES) + الوقت اللازم لإنجاز النشاط

3.وقت النهاية المتأخرة (Latest Finish - LF):

يُعـرف بأنـه آخـر وقـت مسـموح بـه لإنهـاء النشـاط دون أن يتسـبب ذلـك في تأخـير موعـد تسـليم المـشروع النهـائي. ويتـم تحديـد هـذا الوقـت مـن خـلال «الحسـابات الخلفيـة» بـدءاً مـن آخـر نشـاط في الشـبكة، حيـث تكـون النهايـة المتأخـرة للنشـاط السـابق مسـاوية للبدايـة المتأخـرة للنشـاط اللاحـق (العامـري وآخـرون، 2009، ص 336).

4.وقت البداية المتأخرة (Latest Start - LS):

هـو آخـر موعـد يمكـن أن يبـدأ فيـه النشـاط مـع ضـمان إنهائـه في الوقـت المحـدد دون تأخـير المـشروع ككل، ويُحسـب بطـرح المـدة الزمنيـة للنشـاط مـن وقـت نهايتـه المتأخرة:وقـت البدايـة المتأخـرة (LS) = وقـت النهايـة المتأخـرة (LF) – الوقـت الـلازم لإنجـاز النشـاط (

5.الوقت الفائض (Total Float / Slack):

يمثـل هامـش المرونـة الزمنيـة المتـاح للأنشـطة غـير الحرجـة، ويُعـرف بأنـه الفـرق بـين وقـت النهايـة المتأخـرة والنهايـة المبكـرة، أو الفـرق بـين البدايـة المتأخـرة والبدايـه المبكـرة (شريـف، ص 254). ويتـم التعبـير عنـه رياضيـاً بالمعادلـة:

الوقت الفائض = (وقت النهاية المتأخرة- وقت النهاية المبكرة)

الوقت الفائض = (وقت البداية المتأخرة - وقت البداية المبكرة)

وحينـما تكـون قيمـة الفائـض صفراًيُصنـف النشـاط عـلى أنـه نشـاط حـرج يقـع ضمـن المسـار الحـرج للمشروع.

رابعا: التحول الرقمي:

يُعرف التحول الرقمي بأنه عملية إعادة صياغة استراتيجية للمؤسسة، تدمج التقنيات الرقمية في كافة مفاصل العمل لتحسين الأداء وتقديم قيمة مضافة للعملاء (المستفيدين) (العنزي، 2025).

ويشير النحول الرقمي الى دمج التقنيات الرقمية في مختلف أنشطة المؤسسة بهدف تحسين الاداء وتقديم قيمة أفضل للعملاء (Vial, 2019)، وفي مؤسسات التعليم العالي، هو «الانتقال من النمط الإداري والتعليمي التقليدي إلى نمط يعتمد على الذكاء الاصطناعي والحوسبة السحابية لتعزيز تجربة الطالب والبحث العلمي. (صالح، 2025).

1. ركائز التحول الرقمي في المؤسسات الأكاديمية:

1.1. البنية التحتية: تشمل شبكات الربط، مراكز البيانات، والأمن السيبراني، وهي الأساس لنجاح أي جدولة زمنية للمشاريع.(وزارة الاتصالات والتحول الرقمي، 2026)

1.2. الكوادر البشرية: تغيير الثقافة التنظيمية وتدريب الموظفين على استخدام الأنظمة الجديدة (Westerman et al., 2024)

2. الحوكمة الرقمية: وضع الأطر القانونية والسياسات التي تنظم العمل الرقمي داخل الجامعة.

2.1. مراحل تنفيذ مشاريع التحول الرقمي:

تمر هذه المشاريع بمراحل متتابعة تتطلب جدولة دقيقة:

مرحلة التخطيط والتحليل: تحديد الاحتياجات الرقمية لجامعة الفاشر.

مرحلة التصميم والتطوير: بناء الأنظمة أو التعاقد مع المزودين.

مرحلة التنفيذ (Implementation): إطلاق الأنظمة وتدريب المستخدمين.

مرحلة التقييم والاستدامة: قياس الأثر التقني والإداري.

الجزء الرابع: الدراسة التطبيقية:

اولا: نبذة تعريفية عن مؤسسات التعليم العالي:

يُعد قطاع التعليم العالي والبحث العلمي في السودان من القطاعات الحيوية التي تسهم في إعداد الكوادر البشرية المؤهلة ودعم التنمية الاقتصادية والاجتماعية في البلاد. وقد بدأ التعليم العالي بصورة منظمة مع تأسيس University of Khartoum في منتصف القرن العشرين، حيث شكّل ذلك نقطة انطلاق لتوسع الجامعات والمعاهد العليا في مختلف أنحاء السودان.

وشهد قطاع التعليم العالي تطوراً ملحوظاً خاصة بعد تسعينيات القرن الماضي، حيث توسع إنشاء الجامعات الحكومية والخاصة والكليات التقنية في العديد من الولايات، الأمر الذي أدى إلى زيادة فرص الالتحاق بالتعليم الجامعي. كما أُنشئت وزارة مختصة بالإشراف على هذا القطاع وهي Research Ministry of Higher Education and Scientific، التي تتولى وضع السياسات التعليمية وتنظيم مؤسسات التعليم العالي والإشراف على برامج البحث العلمي. ويهدف نظام التعليم العالي في السودان إلى تحقيق عدة أهداف، من أهمها إعداد الكفاءات العلمية والمهنية، وتشجيع البحث العلمي والابتكار، وربط مخرجات التعليم باحتياجات التنمية الوطنية. وتشمل

مؤسسات التعليم العالي في السودان الجامعات الحكومية والخاصة والكليات التقنية ومراكز البحث العلمي التي تعمل في مجالات متعددة مثل العلوم التطبيقية والعلوم الإنسانية والعلوم الطبية. وعلى الرغم من التوسع الكمي في مؤسسات التعليم العالي، يواجه القطاع عدداً من التحديات مثل محدودية التمويل، وضعف البنية التحتية البحثية، وهجرة الكفاءات العلمية. ومع ذلك تسعى الدولة والمؤسسات الأكاديمية إلى تطوير هذا القطاع من خلال تحديث المناهج، وتعزيز التعاون البحثي مع الجامعات الإقليمية والدولية، ودعم برامج التحول الرقمي في التعليم والبحث العلمي (وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، 2021). ويعتبر التعليم العالي المحرك الأساسي للتنمية البشرية والاقتصادية في المجتمعات الحديثة. ومع تسارع الثورة الصناعية الرابعة، لم يعد التحول الرقمي مجرد خيار تقني، بل أصبح ضرورة استراتيجية لضمان استمرارية العملية التعليمية وجودتها، لا سيما في البيئات التي تعاني من أزمات ممتدة كما هو الحال في السودان(المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، 2024)

ثانيا: أهمية التحول الرقمي في التعليم العالي في ظل الأزمات:

تكتسب عملية التحول الرقمي في مؤسسات التعليم العالي السودانية، ولا سيما في المناطق المتأثرة بالنزاعات 2019مثل جامعة الفاشر، أهمية استراتيجية تتجاوز مجرد التحديث التقني لتصبح أداة لضمان «الاستمرارية الأكاديمية" (Academic Continuity). ووفقاً لتقديرات (المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (2024)، فإن الجامعات في مناطق النزاع تواجه مخاطر الانقطاع الكلي، مما يجعل الرقمنة خياراً حتمياً لتجاوز العوائق الجغرافية والأمنية وتأمين قواعد البيانات والوثائق الأكاديمية من التلف أو الضياع. وفي هذا السياق، يشير(صالح2025) إلى أن التحول الرقمي في الجامعات السودانية خلال الأزمات يساهم في:

مرونة الوصول التعليمي: من خلال تفعيل منصات التعلم عن بُعد التي تكسر حاجز الحصار المكاني وتسمح للطلاب والأساتذة بالتواصل من مواقع شتاتهم.

الحماية السيبرانية للبيانات: تحويل الأرشيف الورقي إلى سحابة رقمية مؤمنة يمنع ضياع السجلات التاريخية والأكاديمية للجامعة نتيجة للاضطرابات الأمنية.

رفع كفاءة الإدارة الرقمية: يتيح التحول الرقمي إمكانية إدارة العمليات المالية وشؤون الطلاب بمركزية تقنية تقلل من الاعتماد على الوجود المادي في المقرات المتأثرة.

ثالثا: التحديات اللوجستية والإدارية:

1. الفجوة التقنية: تفاوت توفر البنية التحتية بين المركز والولايات، مما يجعل إدارة مشاريع الرقمنة تتطلب جدولة دقيقة وصارمة لتلافي الانهيار الزمني.
2. الحوكمة الرقمية: كما ذكر البشير (2024)، فإن غياب أطر الحوكمة الواضحة يؤدي إلى تشتت الموارد وضياع الجهود في مشاريع تقنية غير مكتملة.
3. دارة المشاريع: تبرز الحاجة هنا لأساليب رياضية مثل المسار الحرج (CPM) لضمان تنفيذ المشاريع بأقل تكلفة وزمن ممكنين، خاصة في ظل محدودية الموارد المالية. (محمود، 2023)

رابعا:جامعة الفاشر كنموذج للتحول الرقمي:

تمثل جامعة الفاشر حالة دراسية فريدة؛ حيث استطاعت المؤسسة المحافظة على هيكلها الأكاديمي عبر تفعيل أنظمة التعليم الهجين. إن استخدام أدوات الجدولة الحديثة في مثل هذه البيئات يساهم في تحديد «الأنشطة الحرجة» التي لا تقبل التأخير، مثل استعادة قواعد بيانات الطلاب وتأمين منصات الامتحانات الإلكترونية.(محمود، 2023)

خامسا: مشروعات التحول الرقمي في جامعة الفاشر:

تسعى الجامعات السودانية إلى تبني مشروعات التحول الرقمي بهدف تطوير العملية التعليمية والإدارية وتحسين جودة الخدمات الأكاديمية. وتعد University of Alfashir من الجامعات التي بدأت في تطبيق بعض المبادرات الرقمية ضمن خطط تطوير التعليم العالي في السودان.

1. نظام الامتحانات الإلكترونية والمراقبة عن بُعد:

من أبرز مشروعات التحول الرقمي في الجامعة تطبيق نظام الامتحانات الإلكترونية باستخدام تقنية المراقبة عن بُعد، حيث تم تنفيذ الامتحانات إلكترونياً في عدد من الكليات مثل كلية الآداب، وكلية علوم الحاسوب وتقانة المعلومات، وكلية العلوم الإدارية، وكلية المختبرات الطبية والعلوم الصحية. ويجري العمل على تعميم هذه الآلية على بقية الكليات في إطار تطوير نظم التقويم الأكاديمي بما يتوافق مع المعايير العالمية.

2. خدمات التسجيل والنتائج الإلكترونية:

عملت الجامعة على تطوير خدمات إلكترونية للطلاب تشمل التسجيل الأكاديمي وإعلان النتائج عبر المنصات الرقمية، مما يسهم في تسهيل الإجراءات الإدارية وتقليل الاعتماد على المعاملات الورقية.

3. التعليم الإلكتروني والتعلم عن بُعد:

تتبنى الجامعة استخدام أنظمة التعليم الإلكتروني لدعم العملية التعليمية، خاصة في ظل الظروف التي شهدها السودان في السنوات الأخيرة، حيث ساعدت المنصات الرقمية في استمرار الدراسة وإتاحة المحتوى العلمي للطلاب بصورة إلكترونية.

4. تطوير البنية التحتية لتقنية المعلومات:

تشمل جهود التحول الرقمي في الجامعة تطوير البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات مثل معامل الحاسوب والشبكات والأنظمة الإلكترونية التي تدعم العملية التعليمية والبحثية. وقد أظهرت بعض الدراسات المتعلقة بمكتبات الجامعة وجود استخدام لتقنيات المعلومات في إدارة الخدمات المكتبية وتبادل المعلومات العلمية.

سادسا: أهمية مشروعات التحول الرقمي للجامعة:

تسهم مشروعات التحول الرقمي في الجامعات، ومنها جامعة الفاشر في تحقيق عدة أهداف، أهمها:

تحسين جودة التعليم والتعلم الإلكتروني.

تسهيل الخدمات الأكاديمية والإدارية للطلاب وأعضاء هيئة التدريس.

تعزيز البحث العلمي والوصول إلى المصادر الرقمية.

رفع كفاءة إدارة العمليات الجامعية وتقليل الوقت والتكلفة. (جامعة الفاشر، 2024)

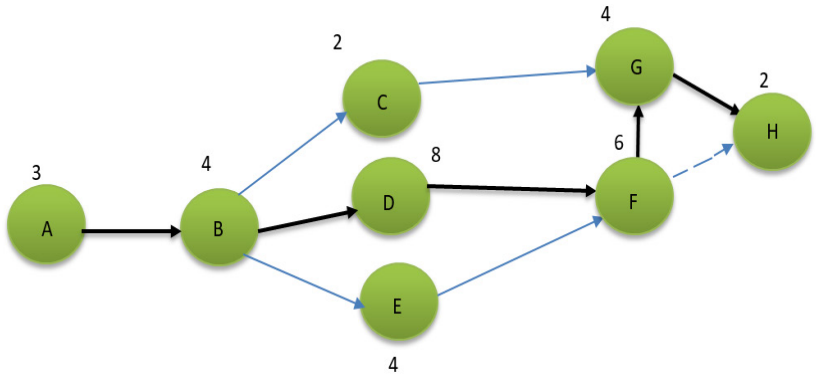
سابعا: الجانب التطبيقي والتحليل:

جدول رقم (1): يوضح قائمة الأنشطة والترميز (Activity List)

الرقم	الرمز	النشاط الرقمي	الاعتمادية (السابق)	المدة التقديرية (شهور)
1	A	المسح الميداني وتحديد الاحتياجات التقنية	-	3
2	B	التعاقد مع مزودي السحابة والإنترنت	A	4
3	C	تصميم الهوية الرقمية والبريد الجامعي	B	2
4	D	تصميم تطوير المنصة الرقمية	B	8
5	E	تدريب الكادر التقني (IT Team)	B	4
6	F	تدريب أعضاء هيئة التدريس والموظفين	D, E	6
7	G	الإطلاق التجريبي والاختبار الميداني	C, F	4
8	H	الإطلاق الكامل والتقييم النهائي	G	2

المصدر: (إعداد الباحثين، بيانات الدراسة التطبيقية، 2023م)

الشكل رقم(1): يوضح المخطط الشبكي لمشروع التحول الرقمي:



المصدر: (إعداد الباحثين، بيانات الدراسة التطبيقية، 2023م)

من الشكل أعلاه يتضح أن الأنشطة من المسار الحرج هى A ⟶ B ⟶ D ⟶ F ⟶ G ⟶ H

ومجموعها تساوي 27 وهى تمثل الوقت الكلي لإنجاز مشروع التحول الرقمي.

جدول رقم(2): يوضح الانشطة على برامج WINQSB

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Normal Time
1	A		3
2	B	A	4
3	C	B	2
4	D	B	8
5	E	B	4
6	F	D,E	6
7	G	C,F	4
8	H	G	2

المصدر: (إعداد الباحثين من خلال تحليل الانشطة باستخدام برامجWINQSB، 2025م)

من الجدول أعلاه نلاحظ ان تم ادخال جميع الانشطة وعلاقاتها بالاضافة إلى المدة التقديرية لكل نشاط فيبرامج WINQSB وفقاً نافذة PERT_CPM .

جدول رقم(3): يوضح حل لأنشطة مخطط نموذج العمل للتحول الرقمى بطريقة CPM

02-25-2026 04:37:52	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1	A	Yes	3	0	3	0	3	0
2	B	Yes	4	3	7	3	7	0
3	C	no	2	7	9	19	21	12
4	D	Yes	8	7	15	7	15	0
5	E	no	4	7	11	11	15	4
6	F	Yes	6	15	21	15	21	0
7	G	Yes	4	21	25	21	25	0
8	H	Yes	2	25	27	25	27	0
	Project	Completion	Time	=	27	months		
	Number of	Critical	Path(s)	=	1			

المصدر: (إعداد الباحثين من خلال تحليل الانشطة باستخدام برامجWINQSB، 2025م)

من الجدول أعلاه نلاحظ الآتي:

1. المسح الميداني وتحديد الاحتياجات التقنية تبدأ مباشرةً وتنتهي في (3) شهور ولايوجد وقت فائض. ولا يتحمل التأخير.
2. 2. التعاقد مع مزودي السحابة والإنترنت يمكن ان يبدأ بعد (3) شهور وينتهي في(7) شهور ولايوجد وقت فائض ولا يتحمل التأخير
3. تصميم الهوية الرقمية والبريد الجامعي يبدأ في الظروف الطبيعية بعد (7) أشهر وينتهي في (9) شهور وفي حالة الظروف غير العادية، يبدأ بعد (19) شهر وينتهي في(21) شهر وهناك وقت ائض (12) شهر.
4. تصميم تطوير المنصة الرقمية يبدأ بعد (7) شهور وينتهي في(15) شهور ولايوجد وقت فائض ولا يتحمل التأخير.
5. تدريب الكادر التقني (IT Team) يبدأ في الظروف الطبيعية بعد(7) شهر وينتهي في (11) شهور وفي حالة الظرف غير العادية يبدأ بعد (11) شهر وينتهي في(15) شهر وهناك وقت ائض (4) شهر.
6. تدريب أعضاء هيئة التدريس والموظفين يبدأ بعد (15) شهور وينتهي في(21) شهور ولايوجد وقت فائض ولا يتحمل التأخير
7. الإطلاق التجريبي والاختبار الميدانييبدأ بعد (21) شهور وينتهي في(25) شهور ولايوجد وقت فائض ولا يتحمل التأخير
8. الإطلاق الكامل والتقييم النهائي يبدأ بعد (25) شهور وينتهي في(27) شهور ولايوجد وقت فائض ويكون الوقت الكلي لإنجاز المشروع.

تحديد المسار الحرج Critical Path :

هو المسار الأطول الذي إذا تأخر فيه أي نشاط تأخر المشروع كاملاً والأنشطة التي تقع على المسار الحرج هي:

$$A \longrightarrow B \longrightarrow D \longrightarrow F \longrightarrow G \longrightarrow H$$

الطول الإجمالي للمسار الحرج:

$$3 + 4 + 8 + 6 + 4 + 2 = 27 \text{ شهراً}$$

الجزء الخامس: الخاتمة، تشتمل على النتائج والتوصيات ومقترحات لدراسات مستقبلية:

الخاتمة:

تُوجت هذه الدراسة بتقديم نموذج إداري وريـاضي متكامل لجدولة مشاريع التحول الرقمي في مؤسسات التعليم العالي بالسودان، متخذة من جامعة الفاشر نموذجاً تطبيقياً. وقد أثبتت النتائج أن الاعتماد على نمذجة المسار الحرج (CPM) ليس مجرد ترف إداري، بل هو أداة استراتيجية حتمية لضمان استمرارية الرقمنة في ظل محدودية الموارد والظروف البيئية والأمنية الاستثنائية.

تكمن القوة العلمية لهذه الدراسة في قدرتها على التمييز الدقيق بين الأنشطة الحرجة التي تشكل العمود الفقري للمشروع (A, B, D, F, G, H) بزمن إجمالي قدره 27 شهراً، وبين الأنشطة ذات المرونة الزمنية العالية. حيث كشف التحليل عن وجود «وسادة أمان» زمنية تصل

إلى 12 شهراً في نشاط الهوية الرقمية، و4 أشهر في تدريب الكادر التقني؛ مما يمنح صانع القرار في جامعة الفاشر قدرة فائقة على «المناورة الإدارية» وإعادة توجيه الموارد لمواجهة أي طوارئ دون الإخلال بالموعد النهائي للإطلاق الشامل.

ختاماً، تؤكد الدراسة أن نجاح التحول الرقمي في الجامعات السودانية الولائية لا يتوقف على توفر التقنية فحسب، بل على دقة التخطيط الزمني والرقابة الصارمة على المسار الحرج. إن هذا البحث يضع بين يدي إدارة جامعة الفاشر خارطة طريق علمية تُحول التحديات اللوجستية إلى خطوات إجرائية محسومة زمنياً، مما يساهم في تعزيز المرونة المؤسسية وتحقيق الاستدامة الأكاديمية الرقمية المنشودة.

النتائج:

1. أظهرت نتائج تطبيق نموذج MPC أن المسار الحرج للمشروع يتكون من الأنشطة (A ⟶ B ⟶ D ⟶ F ⟶ G ⟶ H) بزمن إجمالي قدره 72 شهراً، مما يدل على أن هذه الأنشطة تمثل المراحل الأكثر حساسية في تنفيذ مشروع التحول الرقمي.
2. إن أي تأخير في أي نشاط من هذه الأنشطة الستة بمقدار «يوم واحد» سيؤدي حتماً إلى إزاحة تاريخ انتهاء المشروع بالكامل، مما يجعلها أنشطة ذات «سماحية صفرية» (Zero Slack).
3. وجود أنشطة تمتلك مرونة زمنية (الوقت الفائض)، وهي: تصميم الهوية الرقمية (C): يمتلك وقت فائض قدره (12) شهراً، تدريب الكادر التقني (E): يمتلك وقت فائض قدره (4) أشهر.
4. من خلال مقارنة الظروف العادية وغير العادية للتحول الرقمي بجامعة الفاشر يمتلك «مرونة هيكلية» في الجوانب البرمجية والتدريب التقني، بينما يفتقر للمرونة في الجوانب التشغيلية (المسح الميداني، التعاقدات، وتطوير المنصة).
5. أن إدارة جامعة الفاشر يمكنها ضمان النجاح إذا ركزت 80% من جهود الرقابة على الأنشطة (A, B, D, F, G, H)، مع إمكانية تأجيل نشاط (الهوية الرقمية) لأكثر من عام دون قلق إداري.

التوصيات:

1. يجب على الإدارة تشكيل لجنة متابعة أسبوعية متخصصة للأنشطة الستة الحرجة (المسح، التعاقدات، تطوير المنصة، تدريب الأساتذة، والإطلاقين التجريبي والكامل)، أي تأخير في هذه الأنشطة ليوم واحد يعني تأخيراً مباشراً في موعد التحول الرقمي الشامل للجامعة.
2. تأجيل التركيز المكثف على (تصميم الهوية والبريد الجامعي) في المراحل الأولى، حيث يتوفر فائض زمني قدره 12 شهراً.يمكن استغلال الموارد البشرية والمالية المخصصة لهذا النشاط لدعم نشاط «تطوير المنصة» الذي يمتد لـ 8 أشهر ولا يتحمل التأخير.
3. جدولة تدريب فريق الـ IT بمرونة خلال نافذة الـ 4 أشهر الفائضة. تتيح هذه المرونة للفريق التقني التفرغ التام لمرحلة «المسح الميداني» و«التعاقدات» في البداية، ثم التدريب لاحقاً.
4. البدء في التحضير اللوجستي لتدريب الأساتذة والموظفين مبكراً، لكونه نشاطاً حرجاً يستغرق 6 أشهر. أي مقاومة للتغيير أو تأخير في التدريب سيعطل مرحلة الإطلاق التجريبي مباشرة.

5. ضرورة وضع خطة بديلة (Plan B) لنشاط «التعاقد مع مزودي السحابة» لضمان انتهائه في الشهر السابع. إن أي تعثر في المفاوضات مع الشركات سيهدم الجدول الزمني للمشروع بالكامل.
6. اعتماد نظام «التقارير الشهرية» لمقارنة الإنجاز الفعلي بالمسار الحرج المخطط له (A-B-D-F-G-H). لضمان التدخل السريع بضخ موارد إضافية (Crashing) في حال انحراف أي نشاط حرج عن مساره الزمني.

مقترحات للدراسات المستقبلية:

استناداً إلى نتائج الدراسة الحالية ونتائج تحليل استخدام أسلوب المسار الحرج (CPM) في جدولة مشاريع التحول الرقمي بجامعة الفاشر، يمكن اقتراح مجموعة من الاتجاهات البحثية المستقبلية لتعميق فهم وإثراء المعرفة في هذا المجال، وتشمل ما يلي:

دمج أسلوب المسار الحرج مع تقنيات الذكاء الاصطناعي: يمكن دراسة استخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي للتنبؤ بالتأخير المحتمل في الأنشطة الحرجة، وتحسين تخصيص الموارد البشرية والتقنية بشكل ديناميكي، مما يساهم في زيادة دقة التخطيط الزمني وتقليل الانحرافات في المشاريع الرقمية.

مقارنة بين أساليب الجدولة التقليدية والرقمية:تُعتبر دراسة مقارنة بين أسلوب CPM والجدولة باستخدام أدوات برمجية حديثة مثل Primavera P6 وMicrosoft Project وWin.QSB مهمة لتحديد مدى دقة التقديرات الزمنية، وفاعلية الرقابة على الأنشطة الحرجة، وكذلك قياس أثر استخدام الحلول الرقمية على كفاءة إدارة المشروع.

تطبيق CPM في بيئات تعليمية متنوعة:يمكن توسيع نطاق الدراسة لتشمل جامعات أخرى في السودان أو في بيئات مشابهة، بهدف تحليل أثر البنية التحتية المختلفة، والموارد البشرية المتاحة، والفجوات التقنية واللوجستية على المسارات الحرجة للأنشطة الرقمية.

تحليل المخاطر وتأثيرها على المسار الحرج:ينبغي دراسة كيفية دمج إدارة المخاطر مع CPM لتقدير التأثير المحتمل للأزمات الطارئة مثل انقطاع الإنترنت أو الكهرباء أو الأزمات الأمنية، وتطوير نماذج رياضية تأخذ في الاعتبار المخاطر عند حساب الوقت الفائض للأنشطة غير الحرجة.

تقييم الاستدامة الرقمية للمشاريع:يمكن إجراء دراسات مستقبلية لقياس العلاقة بين تطبيق CPM واستدامة المشاريع الرقمية على المدى الطويل، وتقييم قدرة الجامعات على المحافظة على منصات التحول الرقمي بعد انتهاء المشروع، مع التركيز على الأنشطة الحرجة كعوامل حاسمة للنجاح المؤسسي.

تطوير نماذج CPM متعددة السيناريوهات:اقتراح استخدام نماذج السيناريوهات المتعددة (What-If Scenarios) لاختبار تأثير تأخيرات محتملة على المسار الحرج، ودراسة طرق إعادة جدولة الموارد والأنشطة لتقليل المخاطر والتأخير.

دمج CPM مع التحول الرقمي الشامل:يمكن دراسة تطبيق أسلوب CPM ليس فقط على المشروعات التقنية، بل على عملية التحول الرقمي المؤسسي بالكامل، بما يشمل العمليات

الأكاديمية والإدارية، وتحليل أثر التنظيم الرقمي الشامل على الكفاءة التشغيلية ومرونة التنفيذ.

هذه المقترحات توفر مسارات بحثية واضحة للباحثين المستقبليين، وتمثل امتداداً طبيعياً للدراسة الحالية، مع التركيز على تعزيز الكفاءة الزمنية والإدارية لمشاريع التحول الرقمي في مؤسسات التعليم العالي.

المصادر و المراجع:

أولاً: المراجع باللغة العربية

(1) **أحمد، ياسر إبراهيم.** (2026). النمذجة الرياضية لجدولة المشاريع التقنية باستخدام برمجية Win.QSB: دراسة تطبيقية على شركات البرمجيات الناشئة. مجلة الدراسات الهندسية والتقنية، 14(1)، ص ص. 112-135. السودان.

(2) **البشير، محمد عثمان.** (2024). حوكمة تقنية المعلومات في مؤسسات التعليم العالي بالسودان: إطار مقترح لتعزيز الأداء الرقمي. (رسالة دكتوراه غير منشورة). كلية الدراسات العليا، جامعة النيلين، الخرطوم، السودان.

(3) **جامعة الفاشر.** (2024). التقرير السنوي للأداء الأكاديمي والتقني: تحديات الاستمرارية والتحول الرقمي. أمانة الشؤون العلمية، الفاشر، السودان.

(4) **جامعة الفاشر.** (2024). الخدمات الالكترونية وخطة التحول الرقمي بالجامعة. http://www.fashir.edu.sd

(5) **صالح، أحمد.** (2025). واقع وآفاق التحول الرقمي في الجامعات السودانية في ظل الأزمات. المجلة العربية للبحث العلمي، 12(2).

(6) **العامري، صالح مهدي محسن؛ والغالبي، طاهر محسن؛ وإدريس، وائل محمد.** (2009). تطبيقات بحوث العمليات في الإدارة (ط. 1). عمان، الأردن: دار إثراء للنشر والتوزيع.

(7) **عثمان، عبد الرحمن.** (2023). إدارة المشاريع بأسلوب المسار الحرج (CPM): مفاهيم وتطبيقات. القاهرة، مصر: دار النهضة العربية.

(8) **العنزي، محمد.** (2025). استراتيجيات التحول الرقمي والحوكمة في المؤسسات المعاصرة. القاهرة، مصر: دار الفكر العربي.

(9) **القحطاني، سالم سعيد.** (2021). أدارة المشاريع الاحترافية: الاساليب الحديثة في تخطيط وجدولة المشاريع. الرياض: دار المسيرة للنشر والتوزيع.

(10) **محمود، سامي محمد.** (2023). أثر استخدام أسلوب المسار الحرج في نجاح مشاريع النظم المعلوماتية: دراسة ميدانية. المجلة العربية للإدارة، 43(3)، ص ص. 89-110.

(11) **المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (ألكسو).** (2024). واقع التعليم العالي في الدول المتأثرة بالنزاعات: حالة الجامعات السودانية. تقرير فني، تونس.

(12) **وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. (2021). التعليم العالي في السودان: السياسات والتوجهات الاستراتيجية. الخرطوم: وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.**

(13) **وزارة التعليم العالي والبحث العلمي السودانية.** (2025). الخارطة الإستراتيجية للتعليم الإلكتروني والتحول الرقمي 2025-2030. الإدارة العامة للتخطيط، الخرطوم.

ثانياً: المراجع باللغة الإنجليزية

Heizer, J., & Render, B. (2020). *Operations Management*: *Sustainability and Supply Chain Management* (13th ed.). Pearson.

Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2024). *Leading Digital*: *Turning*

Technology into Business Transformation. Boston, MA: Harvard Business Review Press.

Rarant, M. E., Manoppo, F. J., & Maingkas, G. Y. (2025), Implementation of the Critical Path Method (CPM) in web applications for project scheduling with Python programming. Journal of social Research 4(8) http://doi.org/10.55324/josr.v4i7.2674.

Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. Journal of strategic Information Systems, 28(2), p118144-.

Ibe, J. G. (2026). Rethinking Project Management: Digital Transformation, Critical Path Analysis, and Al-driven delivery Unpublished manuscript. ResearchGate.

Khoshkonesh, A., Mohammadagha, M., & Ebrahimi, N. (2025). Integrated 4D/5D digital-Twin framework for cost estimation and probabilistic schedule control: A Texas mid-rise case study. arXiv https://arxiv.org/abs/2511.15711 arXiv.

Mirjalili, R., Braghi, B., & Sikari, S. S. (2025). Resource-based time and cost prediction in project networks: From statistical modeling to graph neural networks. arXiv. https://arxiv.org/abs/2511. 15003 arXiv.

Eshim, S. E., & Elferjany, M. G. (2024). Using Critical Path Method for project planning and scheduling with Primavera P6. American Journal of Engineering Research (AJER, 13(10), 104110- ajer.org).