إطار مقترح للتكامل بين استخدام الخرائط الرقمية لمسارات تدفق القيمة ونظام التكاليف على أساس النشاط الموجه بالوقت لإدارة تكلفة الخلايا التصنيعية؛ (دراسة نظرية)

بحث مُستَل من رسالة دكتوراه في المحاسبة

إعداد

د. محمود عبد الفتاح إبراهيم رزق
أستاذ التكاليف والمحاسبة الإدارية
كلية التجارة، جامعة المنصورة
mrizk60@mans.edu.eg

أ. أحمد أحمد حافظ صيام
مدرس مساعد بقسم المحاسبة
كلية التجارة، جامعة دمياط
ahmedseyam17@gmail.com

المجلة العلمية للدراسات والبحوث المالية والتجارية

كلية التجارة – جامعة دمياط

المجلد السادس - العدد الثاني – الجزء الثاني - يوليو ٢٠٢٥

التوثيق المقترح وفقاً لنظام **APA**:

رزق، محمود عبد الفتاح إبراهيم؛ **صيام**، أحمد أحمد حافظ.(٢٠٢٥). إطار مقترح للتكامل بين استخدام الخرائط الرقمية لمسارات تدفق القيمة ونظام التكاليف على أساس النشاط الموجه بالوقت لإدارة تكلفة الخلايا التصنيعية: دراسة نظرية، **المجلة العلمية للدراسات والبحوث المالية والتجارية**، كلية التجارة، جامعة دمياط، ٦(٢) ج٢، ١٩١٣-١٩٣٣.

رابط المجلة: **https://cfdj.journals.ekb.eg/**

إطار مقترح للتكامل بين استخدام الخرائط الرقمية لمسارات تدفق القيمة ونظام التكاليف على أساس النشاط الموجه بالوقت لإدارة تكلفة الخلايا التصنيعية؛ (دراسة نظرية)

د. محمود عبد الفتاح رزق؛ أ. أحمد أحمد حافظ صيام

المستخلص :

يهدف هذا البحث إلى تقديم إطار نظري متكامل لإدارة تكلفة الخلايا التصـــنيعية، وذلك من خلال الدمج بين الخرائط الرقمية لمسارات تدفق القيمة (Digital Value Stream Mapping - DVSM) ونظام التكاليف على أســـاس النشـــاط الموجه بالوقت - (Time-Driven Activity-Based Costing - TDABC). يأتي هذا الإطار كاستجابة مباشرة للتحديات التي يفرضها التحول الرقمي والثورة الصناعية الرابعة على نظم محاســـبة التكاليف التقليدية، والتي أصـــبحت عاجزة عن تقديم معلومات دقيقة وملائمة لدعم القرار في بيئات التصـــنيع الحديثة**:** إتبع البحث المنهج الاســـتنباطي في بناء إطار نظري متكامل، وذلك من خلال إجراء مراجعة نقدية وتحليلية للأدبيات المحاسـبية والإدارية ذات الصـلة. وركز التحليل على الدراســـات الحديثة في مجالات التصـــنيع الذكي، والمحاســـبة الخالية من الهدر، والتحول الرقمي، بهدف توليف المفاهيم المتباعدة ودمجها في نموذج عملي ومترابط. ، **وتوصـــل** البحث إلى أن الإطار المقترح يخلق علاقة تكاملية بين إدارة العمليات وإدارة التكلفة. فالخرائط الرقمية لمســـارات تدفق القيمة (DVSM)، المدعومة ببيانات إنترنت الأشـياء(IoT) ، توفر البيانات الزمنية الدقيقة والآلية التي يتطلبها نظام (TDABC) بكفاءة عالية، متغلبة بذلك على أكبر عقبات تطبيقه التقليدية. وفي المقابل، يقوم نظام (TDABC)بترجمة التحسينات التشـغيلية التي تكشـفها الخرائط الرقمية—مثل تقليل أوقات الانتظار أو أعطال الآلات—إلى وفورات مالية قابلة للقياس وتكاليف واضـحة للطاقة العاطلة (Balaji et al., 2020; Kaplan & Anderson, 2007) هذا التكامل يعالج القصـور الجوهري في النظم التقليدية ويعزز من القدرة على ممارسـة رقابة اسـتراتيجية فعالة على التكلفة. ويوصـي البحث الشـركات الصـناعية المصـرية بتبني الإطار المقترح كأداة اسـتراتيجية لتعزيز قدرتها التنافسـية من خلال تحسـين دقة معلومات التكلفة وترشيد العمليات. كما يوصي الهيئات المهنية والمؤسسات الأكاديمية في مصر بضرورة تحديث المناهج المحاســـبية لتشـــمل المفاهيم والأدوات الحديثة التي تواكب التطورات التكنولوجية المتســـارعة في بيئة التصنيع العالمية، وتشجيع الدراسات الميدانية التي تختبر تطبيق هذا الإطار في السياق المحلي.

- **المقدمة:**

يشهد عالم الصناعة تحولاً جذرياً، حيث تنتقل الشركات من نماذج الإنتاج الضخم التقليدية إلى عصر الثورة الصـــناعية الرابعة ، الذي يتميز بالتصـــنيع الذكي، والأتمتة المتقدمة، والرقمنة الشـــاملة للعمليات(Moghrabi et al., 2023; Bustinza et al., 2024; Varzaru, 2022) ، في قلب هذا التحول يكمن مفهوم **التصـــنيع الخلوي**(Cellular Manufacturing) ، وهو فلســـفة تنظيمية

تقوم على تجميع الآلات والمعدات غير المتشـابهة في وحدات إنتاجية مسـتقلة تسـمى "الخلايا"، تُخصص كل خلية لإنتاج عائلة من المنتجات المتشابهة في متطلباتها التصنيعية، مما يجعل كل خلية بمثابة "مصـنع مصـغر" مسـتقل، يهدف هذا التنظيم إلى تحقيق فوائد تشـغيلية هائلة، أبرزها تقليل الهدر والفاقد، وخفض أوقات المناولة والانتظار، وتقليص مساحات العمل، وزيادة المرونة والكفاءة التشغيلية.

على الرغم من تطور العمليات التصـنيعية لتصـبح أكثر ذكاءً ورقمنة، ظلت نظم إدارة التكلفة المصـاحبة لها متأخرة عن الركب في كثير من الأحيان (Aguilar & Ittner, 2018) فالنظم المحاسبية التقليدية، التي صُممت في عصر الإنتاج الضخم وكانت تعتمد بشكل كبير على تخصيص التكاليف غير المباشرة بناءً على ساعات العمل المباشر أو ساعات تشغيل الآلات، أصبحت اليوم عاجزة عن تقديم صورة دقيقة عن الواقع التشغيلي، هذا الانفصال الحاد بين التطور التكنولوجي في أرض المصـنع والجمود المفاهيمي في مكاتب المحاسـبة يخلق فجوة معلوماتية خطيرة، تعوق قدرة الإدارة على اتخاذ قرارات استراتيجية سليمة تتعلق بالتسعير، وربحية المنتجات، وتحسين العمليات.

- **مشكلة الدراسة:**

تتبلور مشـكلة الدراسـة في قصـور نظم محاسـبة التكاليف التقليدية عن توفير معلومات ملائمة، ودقيقة، وفي الوقت المناسب، ضمن بيئة التصنيع الخلوي الرقمية، حيث لقد أدى التحول الرقمي إلى تغيير جذري في طبيعة وهيكل التكاليف؛ حيث انخفضـت نسـبة التكاليف المباشـرة (خاصـة تكلفة العمالـة) بشـكل كبير، بينما تزايدت أهمية التكاليف غير المباشـرة المرتبطة بالتكنولوجيا، والبرمجيات، والصـيانة، وإدارة البيانات (Aguilar(Ittner, 2018 & كما أظهرت دراسـات حديثة أن التحول الرقمي يؤثر على سـلوك التكلفة نفسـه، من خلال تقليل ما يُعرف بـ "لزوجة التكلفة(Cost Stickiness) "، مما يعني أن التكاليف أصبحت أكثر مرونة في الانخفاض مع تراجع المبيعات بفضـل تحسـين كفاءة تخصـيص الموارد والرقابة الآنية التي تتيحها التقنيات الرقمية (Banker et al., 2018; Anderson, 2007).

هذه التغيرات تجعل من محركات التكلفة التقليدية القائمة على الحجم (Volume-based drivers)أدوات مضللة، وتؤدي إلى ما أطلق عليه البعض "أزمة ملاءمة (Crisis of Relevance) " لمحاسبة التكاليف التقليدية. وفي هذا السياق، يطرح البحث تساؤله الرئيسي التالي:

كيف يمكن استخدام الخرائط الرقمية لمسارات تدفق القيمة في إدارة تكلفة الخلايا التصنيعية؟

يتجاوز هذا التساؤل مجرد البحث عن أداة جديدة، ليمتد إلى استكشاف كيفية بناء نظام متكامل يربط بين البيانات التشغيلية الآنية التي تولدها المصانع الذكية وبين نظام تكاليف قادر على ترجمة هذه البيانات إلى رؤى مالية استراتيجية. إن هذا التحدي لا يقتصر على الجانب التقني فحسب، بل يمتد ليشمل قضايا أوسع أثارها التحول الرقمي، مثل الحاجة إلى حوكمة البيانات، وضمان شفافية الخوارزميات، وتجنب مشكلة "الصندوق الأسود" في القرارات المعتمدة على الذكاء الاصطناعي، مما يوضح الأبعاد المتعددة للمشكلة قيد الدراسة (شنن، ٢٠٢٤).

- **أهمية الدراسة:**

تستمد هذه الدراسة أهميتها من محورين رئيسيين:

- **الأهمية العلمية**: تساهم هذه الدراسة في إثراء الأدب المحاسبي من خلال تقديم إطار نظري جديد ومتكامل يربط بين مجالين متطورين لم يتم الربط بينهما بشكل صريح من قبل: الخرائط الرقمية لمسارات تدفق القيمة (DVSM) ونظام التكاليف على أساس النشاط الموجه بالوقت (TDABC) فالدراسات السابقة، كما سيأتي تفصيلاً، تناولت كل مفهوم على حدة أو ربطته بمفاهيم أخرى، لكنها أغفلت العلاقة التكاملية بينهما في سياق الخلايا التصنيعية. وبذلك، تسد الدراسة فجوة بحثية واضحة وتقدم إسهاماً أصيلاً في الخطاب الأكاديمي، خاصة في السياق المصري والعربي الذي يسعى لمواكبة التطورات العالمية في الإدارة الصناعية والمحاسبية (Baroma & El-feky, 2023 ؛ إبراهيم وآخرون، ٢٠٢٣).
- **الأهمية العملية :**على الصعيد العملي، يقدم البحث خارطة طريق واضحة للشركات الصناعية المصرية التي تتطلع إلى تحديث نظم التكاليف لديها. فمن خلال الإطار المقترح، يمكن للمديرين الحصول على معلومات تكاليف دقيقة تعكس الواقع التشغيلي، مما يمكنهم من اتخاذ قرارات أفضل بشأن تسعير المنتجات، وتحليل الربحية، وتحديد مواطن الهدر بدقة، وبالتالي تعزيز قدرتهم التنافسية في سوق عالمي يزداد تعقيداً، حيث إنها تقدم حلاً ملموساً للمديرين الماليين والتشغيليين الذين يعانون من عدم ملاءمة بيانات التكلفة المتاحة لهم.

- **هدف الدراسة :**

انطلاقاً من المشكلة المحددة والأهمية الموضحة، يسعى البحث إلى تحقيق هدف رئيسي يتمثل في: **إطار للتكامل بين استخدام الخرائط الرقمية لمسارات تدفق القيمة ونظام التكاليف على أساس النشاط لإدارة تكلفة الخلايا التصنيعية.** ولتحقيق هذا الهدف الرئيس، تم تحليل الطبيعة الفنية والتنظيمية للخلايا التصنيعية وتحديد التحديات المحاسبية المرتبطة بإدارة تكلفتها، وتم استعراض التطور التاريخي والمفاهيمي لخرائط تدفق القيمة، بدءاً من الأدوات الورقية التقليدية وصولاً إلى الخرائط الرقمية الديناميكية والتوائم الرقمية ، بناء رابط نظري ومنطقي يوضح العلاقة التكاملية بين الخرائط الرقمية لمسارات تدفق القيمة (DVSM) ونظام التكاليف على أساس النشاط الموجه بالوقت(TDABC) . تقييم الأثر النظري للإطار المقترح على أبعاد إدارة التكلفة، وتحديداً موضوعية قياس التكلفة وفعالية الرقابة عليها.

- **فرض الدراسة :**

لتحقيق هدف الدراسة واختبار منطقية الإطار المقترح نظرياً، تم صياغة الفرض الرئيس التالي، والذي سيعمل الباحث على رفضه من خلال التحليل النظري وبناء الاطار:**لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للتكامل بين استخدام الخرائط الرقمية لمسارات تدفق القيمة ونظام التكاليف على أساس النشاط الموجه بالوقت لإدارة تكلفة الخلايا التصنيعية.**

سيقدم هذا البحث حجة نظرية قوية، مدعومة بالأدبيات الحديثة، لرفض الفرض النظري، من خلال إثبات أن الإطار المقترح يعزز بشكل كبير كلاً من موضوعية القياس وفعالية الرقابة على تكلفة الخلايا التصنيعية.

- **منهجية الدراسة:**

يعتمد الباحث على المنهج الاستنباطي :(Deductive Approach) في بناء الإطار النظري للدراسة من خلال التحليل النقدي والتوليفي للدراسات السابقة والأدبيات المتخصصة في مجالات محاسبة التكاليف، وإدارة العمليات، والتحول الرقمي، ويتم من خلاله استنباط المبادئ والمفاهيم الأساسية التي يقوم عليها النموذج المقترح .

- **خطة الدراسة** :

بالإضافة الى ما سبق تم تقسيم الدراسة الى : **أولا :**الإطار النظري للدراسة، **ثانيا :** الدراسات السابقة، **ثالثا :**إطار مقترح لإدارة التكلفة في الخلايا التصنيعية الرقمية ، رابعا **:**تحليل ومناقشة فرض الدراسة. **خامسا :**الخلاصة، وآفاق البحث المستقبلية.

أولا: الإطار النظري للدراسة

أ- **نموذج التصنيع الخلوي: من المفهوم إلى التطبيق الرقمي** يعود الأصل الفلسفي لنموذج التصنيع الخلوي إلى ما يُعرف بـــ "تكنولوجيا المجموعات(Group Technology) "، وهي منهجية تهدف إلى تحديد وتجميع الأجزاء المتشابهة لتصنيعها معاً والاستفادة من أوجه التشابه لزيادة الكفاءة. يقوم التصنيع الخلوي بتطبيق هذه الفلسفة على أرض المصنع من خلال إعادة ترتيب الآلات والمعدات، التي قد تكون مختلفة في وظائفها، في خلايا إنتاجية مخصصة. كل خلية تكون مسؤولة عن إنتاج "عائلة منتجات (Product Family) "تتشارك في خطوات المعالجة.

تؤدي هذه البنية إلى تحقيق فوائد تشغيلية مثبتة، حيث أظهرت الدراسات أنها يمكن أن تقلل من أوقات الإعداد بنسبة تصل إلى ٥٠٪، وتزيد من كفاءة الإنتاج بنسبة ٣٠٪، وتخفض المخزون تحت التشغيل بنسبة ٤٠٪، وتحسن تدفق المواد بنسبة ٢٥٪ (Bocanegra & Herrera, 2017) كما أنها تقلل من مسافات النقل داخل المصنع، وتخفض أوقات الانتظار بين العمليات، وتؤدي إلى دورات إنتاج أقصر.

من منظور محاسبي، يحمل هذا التنظيم دلالات هامة. فكل خلية تصنيعية تصبح "وحدة تكلفة " (Cost Unit) أو "مجمع تكاليف (Cost Pool) "طبيعي وواضح، مما يسهل بشكل كبير عملية تتبع التكاليف المباشرة (مثل المواد والعمالة المخصصة للخلية) وربطها بالمنتجات التي تنتجها الخلية. لكن في المقابل، يظل تحدي تخصيص التكاليف المشتركة (Shared Costs) التي تخدم عدة خلايا قائماً، وهو ما تتطلب معالجته نظم تكاليف متطورة.

لم يتوقف تطور التصنيع الخلوي عند هذا الحد، فمع ظهور تقنيات الثورة الصناعية الرابعة ٤,٠، تطور المفهوم ليشمل الخلايا القابلة لإعادة التشكيل (Reconfigurable Cells) والخلايا الافتراضية (Virtual Cells) هذه النماذج الحديثة تستخدم التقنيات الرقمية والبيانات الآنية لتغيير تكوين الخلايا ديناميكياً استجابة للتغيرات في الطلب أو مزيج المنتجات، مما يعزز من مرونة النظام واستجابته واستدامته. وقد أشارت الدراسات إلى أن هذه التصاميم الديناميكية يمكن أن تقلل من وقت إعادة التكوين بنسبة ٣٠-٤٠٪ وتزيد من كفاءة الإنتاج بنسبة ١٥-٢٠٪(Renna et al., 2023) .

ب- **الإدارة الاستراتيجية للتكلفة في عصر الثورة الصناعية الرابعة:** في ظل بيئة التصنيع الحديثة، لم تعد إدارة التكلفة مجرد عملية حسابية لتحديد تكلفة المنتج، بل أصبحت وظيفة استراتيجية تهدف إلى دعم الميزة التنافسية للشركة، وقد ظهرت عدة فلسفات وأدوات لتحقيق هذا الهدف، أهمها:

- **الإنتاج الخالي من الهدر** :(Lean Production) وهي فلسفة شاملة، نشأت في شركة تويوتا، تهدف إلى تعظيم القيمة للعميل من خلال القضاء المنهجي على الهدر (Waste) في جميع العمليات (Ferrazzi et al., 2025)، ويتم تعريف الهدر على أنه أي نشاط يستهلك موارد دون أن يضيف قيمة من وجهة نظر العميل، وتشمل أشكال الهدر السبعة الرئيسية: الإنتاج الزائد، أوقات الانتظار، النقل غير الضروري، المعالجة الزائدة، المخزون الزائد، الحركة غير الضرورية، والمنتجات المعيبة (Maskell & Kennedy, 2007).
- **محاسبة تدفق القيمة :**(Value Stream Costing - VSC) كاستجابة محاسبية لفلسفة الإنتاج الخالي من الهدر، ظهرت محاسبة تدفق القيمة، بدلاً من تجميع التكاليف في أقسام وظيفية ثم تخصيصها للمنتجات، يقوم هذا النظام بتحديد التكاليف المباشرة لمسار القيمة بأكمله (Value Stream) ككل(Stenzel, 2007) ، مسار القيمة هو كافة الأنشطة (المضيفة للقيمة وغير المضيفة للقيمة) المطلوبة لتمرير منتج من المفهوم إلى الإطلاق ومن الطلب إلى التسليم (Bojana & Antic, 2016)، هذا النهج يبسط المحاسبة بشكل كبير ويجعل تكلفة الهدر أكثر وضوحاً.
- **التصنيع الخالي من الهدر:** يمثل هذا المفهوم الحديث تكامل التقنيات الرقمية للثورة الصناعية الرابعة مع مبادئ الإنتاج الخالي من الهدر، فالتقنيات الرقمية مثل إنترنت الأشياء (IoT) والبيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي لا تحل محل مبادئ"Lean" ، بل تعمل كعوامل تمكين قوية لها (Arey et al., 2021; Bustinza et al., 2024)على سبيل المثال، يمكن لأجهزة الاستشعار أن ترصد الهدر (مثل وقت تعطل الآلة) في الوقت الفعلي، ويمكن للتحليلات التنبؤية أن تتوقع المشاكل قبل حدوثها، مما يعزز من كفاءة العمليات وإدارة التكلفة بشكل غير مسبوق(Moghrabi et al., 2023; Wang et al., 2021) .

ج- مسارات تدفق القيمة: من الخرائط الورقية إلى التوائم الرقمية(Digital Twins)

تعد **خريطة تدفق القيمة** (Value Stream Map - VSM) الأداة الرئيسية المستخدمة لتطبيق مبادئ الإنتاج الخالي من الهدر. في شكلها التقليدي، هي عبارة عن رسم بياني ورقي يوضح تدفق المواد والمعلومات عبر مسار القيمة، ويسجل مقاييس الأداء الرئيسية مثل زمن الدورة، وأوقات الانتظار، ومستويات المخزون (Jasti & Kodali, 2020) الهدف من هذه الخريطة هو جعل الهدر مرئياً، مما يسهل تحديد فرص التحسين.

لكن على الرغم من فعاليتها، تعاني الخرائط التقليدية من قصور جوهري في البيئة الصناعية الحديثة، فهي **ثابتة**(Static) ، وتستغرق وقتاً وجهداً كبيراً في إعدادها يدوياً، وتقدم فقط "لقطة" للحظة زمنية معينة، مما يجعلها غير قادرة على مواكبة العمليات الديناميكية والمتغيرة باستمرار .

لمعالجة هذا القصور، ظهر مفهوم الخريطة الرقمية لتدفق القيمة - Digital VSM) (DVSMفي هذا النهج، تُستخدم الأدوات الرقمية لإنشاء خريطة أكثر ديناميكية وتفاعلية. وقد أظهرت الدراسات أن تطبيق DVSM يمكن أن يقلل زمن الكشف عن المشكلات بنسبة تتجاوز ١٠٠٠٪ ويخفض زمن الإنتاج بشكل كبير (Arey et al., 2021) . كما يمكن أتمتة عملية جمع البيانات وتحليلها، مما يسرع من اتخاذ القرار ويقلل الاعتماد على الخبرة البشرية (Wang et al., 2021).

يمثل هذا التطور نقلة نوعية من مجرد التحليل بأثر رجعي إلى المراقبة الآنية. ولكن القفزة الأكبر تتمثل في الانتقال إلى مفهوم **التوأم الرقمي لمسار القيمة** (Digital Twin of the Value Stream). لم يعد الأمر يقتصر على مجرد خريطة رقمية تصف الواقع، بل أصبح نموذج محاكاة حي وديناميكي يتغذى من بيانات آنية من أجهزة استشعار إنترنت الأشياء (IoT) الموزعة في أرض المصنع (Horsthofer-Rauch et al., 2022; Martin et al., 2020). هذا التوأم الرقمي لا يصف ما يحدث الآن فحسب، بل يمكنه **التنبؤ** بما سيحدث مستقبلاً، فهو يتيح للإدارة إجراء تجارب "ماذا لو (What-if) " (analysisلاختبار تأثير التغييرات المقترحة (مثل إضافة آلة جديدة أو تغيير جدول الإنتاج) على الأداء والتكلفة **قبل** تطبيقها على أرض الواقع (Trebuna et al., 2019; Sremcev et al., 2019; Mishra et al., 2019). هذه القدرة على الانتقال من التحليل الرجعي إلى التحكم الآني ثم إلى التحسين التنبؤي هي التي تجعل من تكامل هذا المفهوم مع نظم التكاليف الحديثة أمراً ثورياً.

د- تطور محاسبة التكاليف على أساس النشاط الموجه بالوقت: نموذج(TDABC)

لمواجهة قصور نظم التكاليف التقليدية، ظهر في الثمانينيات نظام **التكاليف على أساس النشاط** (Activity-Based Costing - ABC)يقوم هذا النظام على مبدأ بسيط وهو أن المنتجات لا تستهلك التكاليف مباشرة، بل تستهلك أنشطة، والأنشطة هي التي تستهلك الموارد. يوفر نظام ABC دقة أعلى في تخصيص التكاليف غير المباشرة، لكنه واجه تحديات كبيرة في التطبيق العملي، أبرزها التعقيد الشديد، والحاجة إلى إجراء مقابلات ذاتية ومستهلكة للوقت مع الموظفين لتحديد كيفية قضائهم لأوقاتهم، والتكلفة العالية لصيانة وتحديث النظام (Kaplan & Anderson, 2007; Baroma & El-feky, 2023).

كحل لهذه المشكلات، قدم كابلان وأندرسون نسخة مطورة ومبسطة تُعرف باسم **نظام التكاليف على أساس النشاط الموجه بالوقت (Time-Driven ABC - TDABC)** (Kaplan & Anderson, 2007)، يعتمد هذا النظام على تقدير معلمتين أساسيتين فقط: (Kaplan & Anderson, 2007; Niazmandi et al., 2025)

١. **تكلفة وحدة الوقت من الطاقة المتاحة** :(Cost per time unit of capacity) يتم حسابها عن طريق قسمة إجمالي تكلفة الموارد في قسم ما (مثل إجمالي رواتب قسم الصيانة) على إجمالي الطاقة الزمنية العملية المتاحة لهذه الموارد (مثل إجمالي ساعات العمل المتاحة لفريق الصيانة). والناتج هو تكلفة كل دقيقة أو ساعة من عمل هذا القسم.

٢. **الوقت اللازم لأداء كل نشاط :(**Unit time of consumption) يتم تقدير الوقت الذي يستغرقه أداء وحدة واحدة من كل نشاط (مثل "١٥ دقيقة لفحص منتج" أو "٣٠ دقيقة لإعداد آلة").

وتكمن قوة TDABC في استخدام معادلات الوقت (Time Equations) "التي تسمح للنموذج بالتعامل مع تعقيد العمليات، على سبيل المثال، يمكن لمعادلة الوقت أن تقول: "الوقت اللازم لمعالجة طلبية = ٥ دقائق + (دقيقة واحدة × عدد الأصناف في الطلبية)". هذه المعادلات تجعل النموذج مرناً وقادراً على عكس الواقع المعقد دون زيادة تعقيد نظام التكاليف نفسه (Kaplan & Anderson, 2007)وقد أثبتت العديد من الدراسات التطبيقية، بما في ذلك في السياق المصري والعربي، جدوى هذا النظام وقدرته على توفير معلومات دقيقة لدعم القرار(Baroma & El-feky, 2023; إبراهيم وآخرون، ٢٠٢٣؛Niazmandi et al., 2025 ؛ قاسم، ٢٠١٧؛ الزيدي، ٢٠١٨).

هـ - تحديد الفجوة البحثية وإسهام الدراسة الحالية:

يكشف التحليل النقدي للدراسات السابقة عن وجود فجوة بحثية واضحة، فقد ركزت الدراسات إما على الجوانب التشغيلية للتصنيع الخلوي دون التعمق في الآثار التكاليفية، أو تناولت نظم تدفق القيمة بشكلها التقليدي متجاهلة التحولات الرقمية، أو درست نظام TDABC بمعزل عن مصادر البيانات الآلية التي يمكن أن تغذيه، أي أنه لا توجد دراسة - في حدود علم الباحث - قدمت إطاراً نظرياً متكاملاً يوضح العلاقة التكاملية بين هذه المفاهيم الثلاثة :**التصنيع الخلوي الرقمي** كبيئة عمل، و**الخرائط الرقمية لمسارات تدفق القيمة (DVSM)** كمصدر للبيانات التشغيلية الآنية، و**نظام (TDABC)** كآلية لترجمة هذه البيانات إلى معلومات تكاليف استراتيجية.

ثانيا : الدراسات السابقة

يمكن عرض الدراسات السابقة من خلال الجدول رقم (١)

جدول ١: تلخيص ونقد الدراسات السابقة ذات الصلة

م.	المؤلفون والسنة	محور البحث	النتيجة/المساهمة الرئيسية	القصور/الفجوة التي لم تعالجها الدراسة
١	Bocanegra & Herrera (2017)	التصنيع الخلوي	أظهرت الدراسة أن التصنيع الخلوي يقلل أوقات الإعداد ويزيد الكفاءة بشكل ملحوظ.	ركزت على الجوانب التشغيلية والهندسية دون التعمق في كيفية إدارة وقياس التكلفة داخل هذه الخلايا.
٢	Wang et al. (2021)	أتمتة خرائط تدفق القيمة(VSM)	طورت إطاراً لأتمتة جمع بيانات VSM في الورش الذكية، مما يسرع اتخاذ القرار.	ركزت على تحسين تدفق المعلومات والعمليات، لكنها لم تربط هذه البيانات بنظام تكاليف محدد لترجمة التحسينات إلى أثر مالي.
٣	Arey et al. (2021)	الخرائط الرقمية لتدفق القيمة (DVSM)	قدمت دراسة حالة تظهر أن DVSM يقلل زمن كشف المشكلات وزمن الإنتاج بشكل جذري.	أظهرت الفوائد التشغيلية للخرائط الرقمية، لكنها لم تقدم نموذجاً محاسبياً يستفيد من هذه البيانات الآنية والدقيقة.
٤	Renna et al. (2023)	استدامة واستجابة الخلايا التصنيعية	راجعت المفاهيم الحديثة للخلايا القابلة لإعادة التشكيل والافتراضية ودورها في زيادة الكفاءة والاستدامة.	بقيت في إطار التحليل التشغيلي والاستراتيجي، ولم تتناول كيفية قياس تكاليف هذه الأنظمة الديناميكية.
٥	Baroma & El-feky (2023)	تطبيق TDABC في مصر	قدمت دراسة حالة عن تكامل TDABC مع التصنيع الخالي من الهدر في شركة مصرية، وأظهرت دقة أعلى في حساب تكلفة المنتج.	طبقت TDABC بالطرق التقليدية (التقديرات والملاحظة)، ولم تستفد من البيانات الآنية التي يمكن أن توفرها التقنيات الرقمية مثل DVSM

ثالثا: إطار مقترح لإدارة التكلفة في الخلايا التصنيعية الرقمية : يمكن تناول الإطار المقترح من خلال :

أ- **المبادئ الحاكمة للإطار: التكامل بين العمليات والتكاليف .** يقوم الإطار المقترح على فلسفة أساسية مفادها أن إدارة العمليات وإدارة التكلفة ليستا وظيفتين منفصلتين، بل هما وجهان لعملة واحدة في بيئة التصنيع الحديثة. يهدف النموذج إلى خلق **حلقة مغلقة للتحسين المستمر** (Closed-Loop System for Continuous Improvement)، حيث تتفاعل البيانات التشغيلية والبيانات المالية وتغذي بعضها البعض في الوقت الفعلي.وفي هذا النظام، تعمل الخريطة الرقمية لمسار القيمة (DVSM) بمثابة الجهاز العصبي للخلية التصنيعية، حيث تستشعر وترصد كل حدث تشغيلي، بينما يعمل نظام التكاليف على أساس النشاط الموجه بالوقت (TDABC)بمثابة العقل المالي الذي يحلل هذه الإشارات ويترجمها إلى رؤى اقتصادية قابلة للتنفيذ. هذا التكامل يتغلب على الانفصال بين أرض المصنع والإدارة المالية. وتعتبر **الخلية التصنيعية** هي الوحدة المثالية لتطبيق هذا الإطار، فهي كيان تشغيلي متكامل ومحدد بوضوح، مما يجعلها كبيرة بما يكفي لتكون ذات معنى من الناحية التشغيلية، وصغيرة بما يكفي للسماح برسم خرائط دقيقة لعملياتها وتتبع مواردها وتكاليفها بكفاءة.

ب- المرحلة الأولى: بناء الخريطة الرقمية لمسار القيمة (DVSM) كقاعدة بيانات تشغيلية

تمثل هذه المرحلة الأساس التكنولوجي للإطار بأكمله، حيث يتم تحويل خريطة تدفق القيمة من رسم ثابت إلى قاعدة بيانات حية وديناميكية. يتم ذلك من خلال توظيف تقنيات الثورة الصناعية الرابعة ٤,٠ لجمع البيانات التشغيلية بشكل آلي ومستمر من قلب الخلية التصنيعية (Martin et al., 2020; Horsthofer-Rauch et al., 2022) ، وتتضمن خطوات بناء هذه القاعدة التشغيلية ما يلي:

١. **تحديد مسار القيمة :**يتم أولاً رسم خريطة للعمليات الرئيسية داخل الخلية لعائلة المنتجات المستهدفة، تماماً كما في الـ VSM التقليدي، لتحديد تدفق المواد والمعلومات.

٢. **نشر أجهزة الاستشعار والربط الرقمي :**يتم تجهيز الخلية بتقنيات إنترنت الأشياء .(IoT) تُثبت أجهزة استشعار على الآلات لرصد حالتها (تعمل/متوقفة) وزمن التشغيل. تُستخدم بطاقات تحديد الهوية بموجات الراديو (RFID) أو رموز الاستجابة السريعة (QR codes) لتتبع حركة المواد والمنتجات تحت التشغيل بين محطات العمل(Balaji et al., 2020; Wang et al., 2021) .

٣. **التكامل مع أنظمة المصنع :**يتم ربط بيانات أجهزة الاستشعار مع أنظمة تنفيذ التصنيع (MES) وأنظمة تخطيط موارد المؤسسات (ERP) لإنشاء سجل رقمي شامل لكل حدث.(Maskell et al., 2011)

٤. **التقاط البيانات الآنية :**يقوم هذا النظام المترابط بالتقاط مجموعة من المقاييس الزمنية الحرجة تلقائياً، والتي كانت تتطلب في السابق ملاحظة يدوية مكلفة وغير دقيقة. تشمل هذه البيانات:

- **زمن المعالجة الفعلي** :(Processing Time) الوقت الدقيق الذي تقضيه قطعة ما على آلة معينة.
- **زمن الانتظار** :(Wait Time) الوقت الذي تقضيه القطعة في الانتظار بين عمليتين.

- **زمن الإعداد والتغيير** :(Changeover Time) الوقت المستغرق لتحويل آلة من إنتاج منتج إلى آخر.
- **زمن تعطل الآلات :**(Downtime) فترات التوقف غير المخطط لها.
- **زمن النقل :**(Move Time) الوقت المستغرق لنقل المواد داخل الخلية.

بإتمام هذه المرحلة، لم تعد خريطة تدفق القيمة مجرد وثيقة تحليلية تُحدَّث كل بضعة أشهر، بل أصبحت **توأماً رقمياً** (Digital Twin) مصغراً للعمليات، يعكس واقع الخلية التصنيعية لحظة بلحظة (Balaji et al., 2020; Horsthofer-Rauch et al., 2022).

ج- المرحلة الثانية: تطبيق نظام (TDABC) لتحويل البيانات التشغيلية إلى مالية

في هذه المرحلة، يتم استغلال البيانات الدقيقة والآلية التي تم جمعها في المرحلة الأولى لتغذية نموذجTDABC ، مما يحل أكبر تحدياته التقليدية ويطلق العنان لقدراته التحليلية.

تتم عملية التطبيق عبر الخطوات التالية:

- **الخطوة ١: حساب تكلفة الطاقة المتاحة:(Cost of Capacity)**

- يتم حصر كافة الموارد داخل الخلية التصنيعية (مثل العمال، الآلات، المساحة، الطاقة) وتحديد تكلفتها الإجمالية لفترة معينة (شهرية مثلاً).
- يتم تقدير الطاقة العملية (Practical Capacity) لكل مورد. على سبيل المثال، الطاقة العملية للآلة ليست ٢٤ ساعة في اليوم، بل هي إجمالي الساعات المتاحة مطروحاً منها أوقات الصيانة المخططة والتوقفات الطبيعية.
- يتم حساب **معدل تكلفة وحدة الزمن** لكل مورد بقسمة تكلفته الإجمالية على طاقته العملية. على سبيل المثال: (التكلفة الشهرية للآلة) / (إجمالي دقائق التشغيل المتاحة شهرياً للآلة) = (التكلفة لكل دقيقة تشغيل للآلة) (Kaplan & Anderson, 2007; Niazmandi et al., 2025).

- **الخطوة ٢: ربط الوقت بالأنشطة:**

- بدلاً من الاعتماد على تقديرات أو مقابلات لتقدير الوقت الذي تستهلكه الأنشطة، يتم سحب هذه البيانات **مباشرة وبشكل آلي** من الخريطة الرقمية لمسار القيمة.(Balaji et al., 2020) (DVSM)
- فعندما يمر منتج معين عبر الخلية، يسجل النظام الرقمي تلقائياً أنه استغرق على سبيل المثال "٤,٢ دقائق" على الآلة ، و"١٥ دقيقة" في الانتظار، و"١,٨ دقيقة" في النقل. هذه البيانات الزمنية الدقيقة هي المدخلات المباشرة لنموذج TDABC.

- **الخطوة ٣: تخصيص التكاليف وحساب تكلفة المنتج:**

- تصبح عملية تخصيص التكلفة عملية حسابية مباشرة ودقيقة :التكلفة المخصصة للمنتج = (الوقت الفعلي المستهلك في كل نشاط × معدل تكلفة وحدة الزمن للمورد المستخدم في ذلك النشاط)

- بهذه الطريقة، يتم تحميل المنتج بالتكلفة الدقيقة للموارد التي اســـتهلكها بالفعل، مما يوفر تكلفة منتج أكثر واقعية وموضوعية.

- **الخطوة ٤: قياس تكلفة الطاقة العاطلة:**(Cost of Unused Capacity)

- من أهم مخرجات هذا النموذج هو قدرته على جعل تكلفة الهدر مرئية مالياً. فالبيانات التي تلتقطها DVSMعن أوقات الانتظار أو تعطل الآلات لا تبقى مجرد أرقام تشغيلية.

- يقوم نموذج TDABC بترجمتها مباشـــرة إلى تكلفة :تكلفة الطاقة العاطلة = زمن الهدر (بالدقائق) × معدل تكلفة وحدة الزمن للمورد الذي كان عاطلاً

- عندما يرى المدير أن "الانتظار أمام الآلة Y كلف الشـــركة ٥٠٠٠ جنيه هذا الأســـبوع"، يصـــبح الدافع لاتخاذ إجراء تصحيحي فورياً وقوياً .(Kaplan & Anderson, 2007; Mishra et al., 2019)

يمكن تناول الإطار المقترح لإدارة التكلفة في الخلايا التصنيعية الرقمية من خلال الجدول (٢)

جدول ٢: الإطار المقترح

المقياس في الخريطة الرقمية(DVSM)	مصدر البيانات الآلي	حسابات نظام(TDABC)	الرؤية المالية الناتجة	الإجراء الإداري المحتمل
زمن الانتظار أمام آلة التغليف	حساسات RFID تسجل وقت وصول المنتج ووقت بدء العمل عليه	(إجمالي دقائق الانتظار) × (معدل تكلفة الدقيقة للآلة)	تحديد التكلفة المالية الدقيقة للاختناق في العملية (Cost of Bottleneck).	إعادة جدولة الإنتاج، تطبيق الصيانة الوقائية، أو دراسة إضافة طاقة إنتاجية.
زمن تعطل آلة القطع	نظام مراقبة الآلة (MES) يسجل فترات التوقف غير المخطط لها	(إجمالي دقائق التعطل) × (معدل تكلفة الدقيقة للآلة + تكلفة العمالة العاطلة)	قياس تكلفة عدم الموثوقية (Cost of Unreliability) بشكل مباشر.	تكثيف برامج الصيانة الوقائية، تدريب المشغلين، أو تحديث الآلة.
زمن إعداد الآلة	سجلات المشغلين الرقمية (Operator digital logs)	(إجمالي دقائق الإعداد) × (معدل تكلفة الدقيقة للآلة والعمالة)	فهم التكلفة الحقيقية لإنتاج دفعات صغيرة وتغيير المنتجات.	الاستثمار في تقنيات تقليل زمن الإعداد(SMED) ، أو تحسين تخطيط الإنتاج لتقليل عدد مرات التغيير.
زمن معالجة زائد	مقارنة زمن المعالجة الفعلي بالزمن المعياري المسجل في النظام	(دقائق المعالجة الزائدة) × (معدل تكلفة الدقيقة للآلة)	تحديد تكلفة عدم الكفاءة في التشغيل أو وجود مشكلات في جودة المواد.	فحص معايرة الآلة، مراجعة مواصفات المواد الخام، أو إعادة تدريب العاملين.

رابعا ـ تحليل ومناقشة فرض الدراسة

أ- تحقيق موضوعية قياس التكلفة

ينص الفرض الرئيس على أنه " لا يوجد أثر للتكامل بين استخدام الخرائط الرقمية لمسارات تدفق القيمة ونظام التكاليف على أساس النشاط الموجه بالوقت لإدارة تكلفة الخلايا التصنيعية " . يقدم الإطار المقترح حجة قوية لرفض هذا الفرض من خلال ثلاثة محاور رئيسية:

- أولاً، يستبدل الإطار محركات التكلفة التقليدية القائمة على الحجم، والتي ثبت عدم موضوعيتها في البيئات الحديثة، بمحرك تكلفة أكثر ارتباطاً بالسببية وهو **الوقت** . ففي بيئة التصنيع الخلوي، استهلاك الموارد (مثل الآلات والعمالة المتخصصة) يرتبط بشكل مباشر بالوقت الذي تقضيه المنتجات في كل نشاط.
- ثانياً، يعزز الإطار الموضوعية من خلال **أتمتة جمع البيانات الزمنية** .فبدلاً من الاعتماد على التقديرات الذاتية للمديرين أو استطلاعات الموظفين التي تشوبها الأخطاء والتحيزات، يتم التقاط بيانات الوقت بشكل مباشر من الآلات والأنظمة الرقمية (Balaji et al., 2020; Kaplan & Anderson, 2007) هذا التحول من البيانات الذاتية (Subjective) إلى البيانات الموضوعية (Objective)يمثل قفزة هائلة في دقة وموثوقية نظام التكاليف.

ثالثاً، يوفر النموذج قياساً أكثر دقة وتفصيلاً لتكلفة المنتج. فكل منتج يتم تحميله فقط بالوقت الفعلي للموارد التي استهلكها، مما يعكس بشكل حقيقي تعقيد العمليات التي مر بها. هذا يوفر تكلفة منتج أكثر واقعية وموضوعية، وهو أمر حاسم لاتخاذ قرارات تسعير وربحية سليمة. بناءً على هذه الحجج، يمكن رفض الفرض الصفري الأول، حيث أن الإطار المقترح يعزز بشكل جوهري موضوعية قياس التكلفة.

ب- تعزيز الرقابة على التكلفة

يدحض الإطار المقترح هذا الفرض أيضاً، حيث إنه لا يكتفي بالقياس الدقيق للتكلفة، بل يحول نظام التكاليف إلى أداة رقابة فعالة وديناميكية. **الجانب الأول** من تعزيز الرقابة يأتي من **جعل تكلفة الهدر مرئية وقابلة للقياس** .عندما يتمكن المديرون من رؤية تكلفة الأنشطة التي لا تضيف قيمة (مثل الانتظار، النقل، التعطل) كقيمة نقدية بالجنيه، فإنهم يمتلكون معلومات قوية ومحفزة لاتخاذ إجراءات تصحيحية (Bortolini et al., 2019)فالرقابة لم تعد تقتصر على مقارنة التكاليف الفعلية بالموازنات، بل امتدت لتشمل الرقابة على كفاءة العمليات نفسها. **الجانب الثاني** هو **الرقابة الآنية** .(Real-time Control) فبفضل التدفق المستمر للبيانات، يمكن للإدارة مراقبة أداء التكلفة والكفاءة لحظة بلحظة، وليس في نهاية الشهر. هذا يسمح بالاستجابة السريعة للانحرافات والمشكلات قبل تفاقمها. أما **الجانب الثالث** والأكثر تطوراً فهو **الرقابة التنبؤية** .(Predictive Control) من خلال استخدام التوأم الرقمي لمسار القيمة، يمكن للمديرين محاكاة سيناريوهات مختلفة وتقييم أثرها المالي قبل اتخاذ القرار (Sremcev et al., 2019). على سبيل المثال، يمكن للإدارة أن تسأل: "ما هو الأثر على تكلفة الوحدة إذا قمنا بشراء آلة أسرع؟" أو "كيف ستتغير تكلفة الطاقة العاطلة إذا أعدنا ترتيب جدول الإنتاج؟". هذه القدرة على تقييم الأثر المالي المستقبلي للقرارات التشغيلية تمثل أعلى مستويات الرقابة الاستراتيجية على التكلفة. وعليه، يتم رفض الفرض الصفري ، حيث أن الإطار المقترح يطور عملية الرقابة على التكلفة بشكل جذري.

ج- الانعكاسات الاستراتيجية للإطار المقترح

إن تبني الإطار المقترح يتجاوز مجرد تحسين دقة الأرقام المحاسبية، ليمتد إلى إحداث تحول في الدور الاستراتيجي لوظيفة المحاسبة الإدارية، فالمحاسب الإداري لم يعد مجرد "مسجل" للتكاليف التاريخية، بل يصبح شريكاً استراتيجياً في عملية اتخاذ القرار، مسلحاً ببيانات آنية وتنبؤية، حيث يمكّن هذا الإطار الإدارة من اتخاذ قرارات أكثر استنارة في مجالات حيوية، منها:

- **تحليل ربحية المنتجات والعملاء :**من خلال توفير تكاليف دقيقة للمنتجات، يمكن للإدارة تحديد المنتجات والعملاء الأكثر ربحية والتركيز عليهم، واتخاذ قرارات مستنيرة بشأن المنتجات أو العملاء الذين قد يكونون غير مربحين.
- **دعم مبادرات التحسين المستمر :(Kaizen)** يمكن للإدارة الآن تحديد أولويات مشاريع التحسين بناءً على الأثر المالي المتوقع لها. فالإطار يوضح بدقة أي تحسين في العمليات سيؤدي إلى أكبر قدر من الوفورات المالية.
- **إدارة الطاقة الإنتاجية :**يوفر النموذج رؤية واضحة حول تكلفة الطاقة المستخدمة وغير المستخدمة (العاطلة). هذه المعلومات حاسمة لاتخاذ قرارات استراتيجية بشأن الاستثمار في طاقة جديدة، أو إعادة توزيع الموارد الحالية، أو البحث عن طرق لاستغلال الطاقة العاطلة ((Kaplan & Anderson, 2007
- **استراتيجيات التسعير :**بدلاً من التسعير بناءً على تكاليف مشوهة أو على أساس السوق فقط، يمكن للشركات الآن وضع استراتيجيات تسعير تعتمد على فهم عميق للتكلفة الحقيقية، مما يضمن تحقيق هوامش ربح مستهدفة ويعزز القدرة التنافسية.

الخلاصة، محددات وآفاق البحث المستقبلية

١/٥ خلاصة الدراسة

تناولت الدراسة قصور نظم محاسبة التكاليف التقليدية في مواكبة التطورات الهائلة التي أحدثها التحول الرقمي في بيئة التصنيع الحديثة، وتحديداً في ظل نموذج التصنيع الخلوي. وقد خلص البحث إلى أن الحل لا يكمن في مجرد تعديل النظم القائمة، بل في تبني نموذج جديد ومتكامل يعيد تعريف العلاقة بين العمليات التشغيلية والمحاسبة الإدارية.

قدمت الدراسة إطاراً نظرياً للتكامل بين ثلاثة مفاهيم متطورة :**التصنيع الخلوي** كبيئة تنظيمية، و**الخرائط الرقمية لمسارات تدفق القيمة** (DVSM) كأداة لجمع البيانات التشغيلية الآنية، و**نظام التكاليف على أساس النشاط الموجه بالوقت** (TDABC) كمنهجية لترجمة هذه البيانات إلى رؤى مالية. وقد أظهر التحليل النظري أن هذا التكامل يخلق علاقة تكامل فريدة؛ حيث تتغلب DVSM على أكبر عقبات تطبيق TDABCمن خلال توفير بيانات زمنية دقيقة وآلية، بينما يقوم TDABC بترجمة كفاءة العمليات التي تكشفها DVSM إلى أرقام مالية ملموسة، أهمها القياس الدقيق لتكلفة المنتج وتكلفة الطاقة العاطلة. وبذلك، يساهم الإطار المقترح في تعزيز موضوعية قياس التكلفة وفعالية الرقابة عليها، ويحول وظيفة إدارة التكلفة إلى شريك استراتيجي في صنع القرار. وبناءً على التحليل النظري، يقدم البحث مجموعة من المقترحات الموجهة إلى الأطراف المعنية في جمهورية مصر العربية:

- **مقترحات لإدارة الشركات الصناعية المصرية:**

١. **البدء بمشاريع رائدة :**يُنصح بالبدء في تطبيق الإطار المقترح على نطاق محدود، كاختيار خلية تصنيعية واحدة كمشروع رائد (Pilot Project) لقياس الفوائد والتحديات عملياً قبل التوسع في التطبيق.

٢. **الاستثمار في البنية التحتية الرقمية :**يُعد الاستثمار في التقنيات التمكينية مثل إنترنت الأشياء (IoT) وأنظمة تنفيذ التصنيع (MES) شرطاً أساسياً لنجاح الإطار. يجب على الشركات وضع خطة استثمارية واضحة لتطوير بنيتها التحتية الرقمية.

٣. **بناء القدرات والتدريب :**يتطلب نجاح الإطار وجود فرق عمل متعددة التخصصات تضم أفراداً من أقسام المحاسبة، والإنتاج، والهندسة، وتكنولوجيا المعلومات. لذا، من الضروري الاستثمار في تدريب هذه الفرق على المفاهيم الحديثة مثل المحاسبة الخالية من الهدر، وDVSM، وTDABC.

- **مقترحات للهيئات المهنية والأكاديمية في مصر:**

١. **تحديث المناهج المحاسبية :**يجب على كليات التجارة وأقسام المحاسبة مراجعة وتحديث مناهجها الدراسية لتشمل أساليب إدارة التكلفة الحديثة التي تتناسب مع متطلبات الثورة الصناعية الرابعة ٤,٠، بدلاً من التركيز الحصري على النظم التقليدية .

٢. **تشجيع البحث التطبيقي :**ينبغي على الجامعات ومراكز البحوث تشجيع ودعم الدراسات الميدانية والتطبيقية التي تختبر فعالية وجدوى تطبيق هذا الإطار وغيره من النماذج الحديثة في سياق الشركات الصناعية المصرية، لقياس أثرها الكمي وتقديم أدلة عملية على فوائدها .

٣/٥ محددات البحث وآفاق البحث المستقبلية

كأي بحث نظري، توجد بعض المحددات التي يجب أخذها في الاعتبار، والتي تفتح في الوقت ذاته آفاقاً لأبحاث مستقبلية.

- **المحددات:**

  - **الطبيعة النظرية :**يقتصر هذا البحث على بناء وتقديم إطار نظري ومفاهيمي. إن التطبيق العملي لهذا الإطار على أرض الواقع سيواجه حتماً تحديات تتعلق بتكاليف الاستثمار الأولية في التكنولوجيا، وتعقيدات تكامل البيانات من مصادر مختلفة، والحاجة إلى إدارة التغيير التنظيمي والتغلب على مقاومة الموظفين المحتملة.

- **آفاق البحث المستقبلية:**

١. **دراسة حالة تطبيقية :**يمكن إجراء دراسة حالة معمقة لتطبيق الإطار المقترح في إحدى الشركات الصناعية المصرية، بهدف قياس النتائج الكمية والتحقق من الفوائد المتوقعة عملياً.

٢. **توسيع نطاق النموذج :**يمكن توسيع نطاق الإطار ليشمل سلسلة القيمة بأكملها(Supply Chain) ، من المورد إلى العميل، وليس فقط الخلية التصنيعية، لتقديم رؤية أكثر شمولية للتكلفة والقيمة.

٣. **دمج أبعاد الاستدامة :**يمكن تطوير النموذج ليشمل قياس وإدارة التكاليف البيئية والاجتماعية، من خلال دمج مقاييس استهلاك الطاقة والانبعاثات ضمن الخريطة الرقمية، وترجمتها إلى تكاليف استدامة.

٤. **استكشاف دور الذكاء الاصطناعي (AI)** يمكن بحث كيفية استخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي لتحليل الكم الهائل من البيانات التي يولدها الإطار المقترح، بهدف تقديم رؤى وتوصيات آلية لتحسين العمليات وخفض التكاليف بشكل استباقي (شنن، ٢٠٢٤).

قائمة المراجع

- إبراهيم، نجلاء مسعد محمد، وموسى، سماسم كامل، والجوهري، رشا مصطفى. (٢٠٢٣). *اطار محاسبي مقترح لتطوير مسارات تدفق القيمة لأغراض دقة قياس التكلفة على مدار دورة حياة المنتج (دراسة حالة)*. [**رسالة ماجستير غير منشورة**]. كلية التجارة، جامعة عين شمس.
- أبو خشبة، عبدالعال بن هاشم محمد، شيخ، فريد بن عمر، والجهني، ماجد هلال. (٢٠٢٤). أثر التكامل بين استراتيجيات إدارة التكلفة على تحسين الأداء المالي: دراسة ميدانية على المنشآت الصناعية السعودية. ***المجلة المصرية للدراسات التجارية***، *٤٨* (٤)، ١-٤٣.
- الباز، محمد حامد. (٢٠١٧). استخدام تكاليف تدفقات القيمة في تطوير نموذج سلاسل القيمة لأغراض تدعيم المركز الاستراتيجي للتكاليف في الوحدات الاقتصادية - دراسة تطبيقية. ***مجلة الفكر المحاسبي***، *٢١* (٣)، ١-٥٢.
- باسيلي، مكرم عبدالمسيح. (٢٠٢٠). ***المحاسبة الإدارية مدخل معاصر***. المكتبة العصرية.
- البحيري، عبد القادر محمد. (٢٠٢٠). أثر تطبيق نظام التصنيع الخلوي في تحقيق الميزة التنافسية: دراسة حالة الشركة الوطنية لصناعة الإسفنج والبلاستيك في اليمن. ***مجلة العلوم الإنسانية والتطبيقية***، *٤* (٢)، ١-٣٢.
- الزيدي، مثنى فالح بدر. (٢٠١٨). استخدام مسار تدفق القيمة في قياس التكاليف في بيئة الإنتاج الموجه بالزبون. ***مجلة تكريت للعلوم الإدارية والاقتصادية***، *١٤* (٤٢)، ٢٣٥-٢٥٦.
- الشطبي، علي عبد الله صالح. (٢٠١٧). استخدام محاسبة استهلاك الموارد في تدعيم مدخل تكاليف مسار تدفق القيمة بهدف الاستغلال الأمثل للموارد – دراسة نظرية. ***المجلة العلمية للدراسات التجارية والبيئية***، *٨*(ملحق ٢)، ٤٤٦-٤٧٦.
- شنن، محمد عبد الحميد. (٢٠٢٤). دور تقنيات الذكاء الاصطناعي في دعم الدور الحديث لإدارة التكلفة (دراسة ميدانية). ***مجلة البحوث المالية والتجارية***، *٢٥* (١)، ٤٢٥-٤٧٠.
- الصغير، محمد أحمد. (٢٠١٩). أثر التكامل بين نظام تكاليف مسار تدفق القيمة وأسلوب تحليل سلسلة القيمة على تكلفة المنتج. ***مجلة الدراسات والبحوث التجارية***، *٣٣* (٢)، ١-٤٨.
- علي، أحمد مطيع نادي، والجبالي، محمد مصطفى أحمد، ومحمود، حسن شلقامي. (٢٠٢٤). *دراسة تحليلية لمستوى صلاحية أساليب إدارة التكلفة الاستراتيجية لتطوير منهجية قياس التكلفة في المشروعات الصغيرة والمتوسطة: دراسة ميدانية*. [**رسالة ماجستير غير منشورة**]. كلية التجارة، جامعة بني سويف.
- قاسم، محمد خميس. (٢٠١٧). دور أسلوب تدفق القيمة (VSC) في التخطيط الاستراتيجي لتكاليف الإنتاج دراسة ميدانية على شركة الخليج العربي للنفط في ليبيا. ***المجلة العلمية للدراسات التجارية والبيئية***، *٨*(٤)، ٢٧٩-٣٥٥.
- محاريق، هانئ أحمد حسن. (٢٠١٨). أثر تطبيق نظام تكاليف مسار تدفق القيمة على توفير معلومات لنظام حوافز أداء العاملين لترشيد استهلاك الموارد عند تفعيل استراتيجية الإنتاج الخالي من الفاقد: دراسة نظرية وميدانية. ***مجلة البحوث المحاسبية***، *١* (١)، ٦٥٧–٦٩٩.

- مطاوع، كارم مسعد عبدالواحد، الجبالي، محمد مصطفى أحمد، وأحمد، دعاء سعد الدين بكري. (٢٠٢٤). أثر تكامل أدوات التكلفة الاستراتيجية وحوكمة الشركات في دعم التنمية المستدامة. ***مجلة البحوث الإدارية والمالية والكمية***، *٤* (٤)، ٨١-١٠٩.
- الناغية، دعاء محمد محمد عبدالرحمن، وصالح، سمير أبو الفتوح، وزعلول، احمد حسن محمد. (٢٠٢٤). *مدخل مقترح لإدارة تكلفة دورة حياة المنتجات الزراعية باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي: دراسة تطبيقية*. [**رسالة ماجستير غير منشورة**]. كلية التجارة، جامعة المنصورة.
- نوير، مصطفى بهنساوي طه محمود. (٢٠١٦). دور خرائط تدفق القيمة في ترشيد التكلفة في منشآت الأعمال. ***الفكر المحاسبي***، ٢٠ (٤)، ٤١٧-٤٤٩.
- Abiloro, O. T., Ologbenla, P & ,.Adejare, A. T. (2024). Nexus between digital transformation and cost management in Nigerian manufacturing companies .***International Journal of Management, Economics and Social Sciences****, 13(1),1-21.*
- Aalaei, A .(2017) .*A robust optimization model for cellular manufacturing system into (supply chain management*) .**Doctoral dissertation**, Universiti Putra Malaysia.
- Aguilar, O. I & ,.Ittner, C. D. (2018). Cost management in the digital era . ***China Management Accounting Review,*** *4(2), 14-21.*
- Anderson, S. W. (2007). Managing costs and cost structure throughout the value chain: research on strategic cost management. In C. S. Chapman, A. G. Hopwood & ,M. D. Shields (Eds.) ,***Handbook of management accounting research*** (p. 481). Elsevier.
- Arey, B., Taylor, S., Cui, J & ,.Pislaru, C. (2021). Lean Industry 4.0: A digital value stream approach to process improvement .***Procedia CIRP****, 104,1117-1122*.
- Balaji, V., Venkumar, P., Sabitha, M. S & ,.Amuthaguka, D. (2020). DVSMS: dynamic value stream mapping solution by applying IIoT . ***Sādhanā****, 45, 1-13.*
- Banker, R. D., Byzalov, D., Fang, S & ,.Liang, Y. (2018). Cost management research .***Journal of Management Accounting Research****, 30(3), 187-209.*
- Baroma, B & ,.El-feky, M. (2023). The integration of Time Driven-Activity Based Costing (TD-ABC) in a lean manufacturing system for accurate product unit cost: A case study in Egypt .***Alexandria Journal of Accounting Research****, 7(2), 1-25.*

- Blocher, E. J., Stout, D. E., Juras, P. E & ,.Smith, S. D .(2019) .***Cost management: A strategic emphasis*** (8th ed.). McGraw-Hill Education.
- Bocanegra, J & ,.Herrera, D. (2017). Cellular manufacturing system selection with multi-lean criteria, optimization and simulation . ***Proceedings of the 2017 Winter Simulation Conference.***
- Bojana, N & ,.Antic, S. (2016). Value stream performance measurement and the lean business concept .***Economics and Organization****, 13(2), 199-211.*
- Bortolini, M., Galizia, F. G & ,.Mora, C. (2019). The role of plants in manufacturing networks: A revisit and extension .***Computers & Industrial Engineering****, 137* ,106037.
- Bustinza, O. F., Molina, L. M., Vendrell-Herrero, F & ,.Opazo-Basaez, M. (2024). AI-enabled smart manufacturing boosts ecosystem value capture: The importance of servitization pathways within digital-intensive industries .***International Journal of Production Economics****, 277*, 109268.
- Chanias, S .(2017) .*Mastering digital transformation: the path of a financial services provider towards a digital transformation strategy* .**In European Conference of Information Systems, Guimaraes, Portugal** (pp. 16–31).
- Delivand, M., Zand, M & ,.Baradaran, H. (2011). Logistics cost management in supply chain ٢٠١١ .*International Conference on E-business,* ***Management and Economics****, 25,1435-1439.*
- Dzanya, M & ,.Mukada, C. (2015). Value stream mapping in glide manufacturing: a case study of Insti-Tools in Zimbabwe .***International Journal of Scientific & Technology Research,*** *3(4), 6-10.*
- Ferrazzi, M., Frecassetti, S., Bilancia, A & ,.Portioli-Staudacher, A. (2025). Investigating the influence of lean manufacturing approach on environmental performance: A systematic literature review .***The International Journal of Advanced Manufacturing Technology****, 136(9), 4025-4044.*
- Fullerton, R. R., Kennedy, F. A & ,.Widener, S. K. (2013). Management accounting and control practices in a lean manufacturing environment . ***Accounting, Organizations and Society****, 38(1), 50-71.*
- Gracanin, D., Buchmeister, B & ,.Lalic, B. (2014). Using cost-time profile for value stream optimization .***Procedia Engineering****, 69, 1225-1231.*

- Hong, J & ,.Lee, J .(2017) .*The role of consumption-based analytics in digital publishing markets: Implications for the creative digital economy* . In International Conference of Information Systems, Seoul, South Korea.
- Horsthofer-Rauch, J., Schumann, M., Milde, M., Vernim, S & ,.Reinhart, G. (2022). Digitalized value stream mapping: review and outlook . ***Procedia CIRP**, 112, 244-249.*
- Jasti, N. V. K & ,.Kodali, R. (2020). An application of value stream mapping in auto-ancillary industry: A case study .***Journal of Advances in Management Research**, 17(4), 545-565.*
- Kaiser, J., Zimmermann, S & ,.Metternich, J. (2020). Logistics decisions in value stream design: a case study .***Procedia CIRP**, 93,640-645.*
- Kane, G. C. (2017). Big data and IT talent drive improved patient outcomes at Schumacher Clinical Partners .***MIT Sloan Management Review**, 59(1), 1-8.*
- Kaplan, R. S & ,.Anderson, S. R .(2007) .***Time-driven activity-based costing: A simpler and more powerful path to higher profits*** .Harvard Business Press.
- Kundgol, S., Petkar, P & ,.Gaitonde, V. (2019). Implementation of value stream mapping (VSM) upgrading process and productivity in aerospace manufacturing industry .*Materials Today:* ***Proceedings,*** *27(2), 948-954*.
- Lobo, C., Pimentel, C & ,.Neto, G. C. D. O. (2018). Evaluation of value stream mapping (VSM) applicability to the oil and gas chain processes . ***International Journal of Lean Six Sigma**, 9(4), 556-578.*
- Martin, N., Herrmann, C & ,.Thiede, S. (2020). Assessment of smart manufacturing solutions based on extended value stream mapping . ***Procedia CIRP**, 93, 371-376.*
- Maskell, B. H & ,.Kennedy, F. A. (2007). Why do we need lean accounting and how does it work .?***Journal of Corporate Accounting & Finance**, 18(3), 59-73.*
- Maskell, B. H., Baggaley, B & ,.Grasso, L .(2011) .***Practical lean accounting: a proven system for measuring and managing the lean enterprise*** (2nd ed.). CRC Press.
- Mishra, N., Sharma, K & ,.Kumar, S. (2019). Development of sustainable value stream mapping (SVSM) for unit part manufacturing: A simulation approach .***International Journal of System Assurance Engineering and Management,*** *10, 1007-1017.*

- Moghrabi, A., Al-Abdallah, G. M & ,.Al-Khasawneh, M. (2023). Digital transformation and its influence on sustainable manufacturing and business practices .***Sustainability,*** *15(13),10327.*
- Narke, M & ,.Jayadeva, C. (2020). Value stream mapping: Effective lean tool for SMEs .*Materials Today:* ***Proceedings****, 24, 1263-1272.*
- Niazmandi, M. A., et al. (2025). Time-driven activity-based costing (TDABC) model for performance optimization of offsite manufacturing methods housebuilding .***Construction Management and Economics*** . Advance online publication.
- Rathi, J., Singh, S & ,.Singh, D. (2022). Investigation and implementation of VSM in water distillation plant .*Materials Today:* ***Proceedings****, 62, 3470-3475.*
- Renna, P & ,.Ambrico, M. (2023). Review of responsiveness and sustainable concepts in cellular manufacturing systems ***.The International Journal of Advanced Manufacturing Technology****, 128(8-7), 3043-3066.*
- Roh, P., Kunz, A & ,.Wegener, K. (2019). Information stream mapping: Mapping, analysing and improving the efficiency of information streams in manufacturing value streams .*CIRP* ***Journal of Manufacturing Science and Technology****, 25, 1-13.*
- Sadeghi, N., Zandieh, M & ,.Tavakkoli-Moghaddam, R. (2020). An integrated model for designing cellular manufacturing and scheduling under uncertainty .***Journal of Intelligent Manufacturing****, 31, 1459-1475.*
- Sativaldiyeva, D. A., Khaydarova, N. A & ,.Tursunaliev, I. U. (2024). **The importance of strategic cost management and its implementation in manufacturing industries: A case study of metal producing industries in Uzbekistan. In** ***Development of International Entrepreneurship Based on Corporate Accounting and Reporting According to IFRS*** (Vol. 33, pp. 41-46). Emerald Publishing Limited.
- Silva, A. L., D'Souza, A & ,.Gong, M. (2014). The role of supply chain orientation, marketing orientation, and logistics capabilities in the performance of manufacturing firms .***The International Journal of Logistics Management****, 25(2), 328-353.*
- Singh, J., Singh, H & ,.Singh, G. (2019). Managing industrial operations by lean thinking using value stream mapping and six sigma in

manufacturing unit .***International Journal of Productivity and Performance Management,*** *68(8), 1461-1483.*

- Solanki, M., Bhatt, P & ,.Jain, A. (2021). Integration of value stream mapping with Taguchi's orthogonal array to improve productivity and quality: A case study of SSE .***Materials Today: Proceedings****, 46, 7303-7309.*
- Sremcev, N., Stevanov, B., Lazarevic, M., Mandic, J., Tesic, Z & ,. Kuzmanovic, B. (2019). Improving process of quotation creation through value stream mapping and simulation .***International Journal of Simulation Modelling****, 18(4), 563-573.*
- Stenzel, J. (Ed.) .(2007) ***Lean accounting: Best practices for sustainable integration*** .John Wiley & Sons.
- Suhardi, B., Hermas, M & ,.Jauhari, W. (2020). Implementation of value stream mapping to reduce waste in a textile products industry .***Cogent Engineering****, 7(1),1787333.*
- Trebuna, P., Kliment, M & ,.Edl, M. (2019). Digital value stream mapping using the Tecnomatix plant simulation software .***MM Science Journal****, 2019(5), 3374-3379.*
- Varzaru, A. A. (2022). Assessing digital transformation of cost accounting tools in healthcare .***Sustainability****, 14(19), 12117.*
- Wang, B., Liu, S & ,.Li, J. (2021). Framework of automated value stream mapping for lean production under the Industry 4.0 paradigm .***Journal of Manufacturing Systems****, 61, 124-135.*
- Windmark, C & ,.Andersson, C. (2018). Cost assessment of a production system – A method targeting a product's aggregated value stream costs . ***Procedia Manufacturing****, 25, 231-238.*
- Xiao, J. Z & ,.Pan, A. (2009). Developing a cost management system in a Chinese enterprise .***Journal of Accounting & Organizational Change****, 5(4), 512-538.*
- Yeow, A., Soh, C & ,.Hansen, R. (2018). Aligning with new digital strategy: A dynamic capabilities approach .***The Journal of Strategic Information Systems****, 27(1), 43-58.*
- Zahraei, S. M. (2018). Optimizing a recover-and-assemble remanufacturing system with production smoothing .***Journal of Cleaner Production****, 196, 148-163.*

Abstract

Purpose: This research aims to present an integrated theoretical framework for managing the cost of manufacturing cells by combining Digital Value Stream Mapping (DVSM) with the Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC) system. This framework is a direct response to the challenges posed by digital transformation and the Fourth Industrial Revolution on traditional cost accounting systems, which have become insufficient in providing accurate and relevant information to support decision-making in modern manufacturing environments .**Methodology:** The study adopts a deductive approach to construct an integrated theoretical framework by conducting a critical and analytical review of relevant accounting and managerial literature. The analysis focuses on recent studies in the fields of smart manufacturing, lean accounting, and digital transformation, with the aim of synthesizing and integrating dispersed concepts into a coherent and practical model. **:** The study finds that the proposed framework establishes an integrative relationship between operations management and cost management. DVSM, supported by Internet of Things (IoT) data, provides precise and automated time-based data essential for the efficient implementation of TDABC, thereby overcoming the primary barriers of its traditional application. In turn, TDABC translates the operational improvements revealed by digital maps—such as reduced waiting times or machine downtimes—into measurable financial savings and clearly identifiable costs of idle capacity (Balaji et al., 2020; Kaplan & Anderson, 2007). This integration addresses the fundamental limitations of traditional systems and enhances the ability to practice effective strategic cost control. **Recommendations:** The study recommends that Egyptian manufacturing firms adopt the proposed framework as a strategic tool to enhance their competitiveness through improved cost information accuracy and streamlined operations. It also calls on professional bodies and academic institutions in Egypt to update accounting curricula to include modern concepts and tools that align with the rapid technological developments in the global manufacturing environment, and to encourage field studies that test the application of this framework in the local context.