Journal Homepage
https://aujeas.uoanbar.edu.iq
Anbar Journal of Economic and Administration Sciences

The Impact of Smart Manufacturing Pillars on the Dimensions of Sustainable Quality in Higher Education:An Exploratory Study of the Opinions of Academic Staff at the University of Kirkuk / College of Agriculture as a Model

Hussein Nour El-Din Ezzat
Email: husseinbayraq@ntu.edu.iq
Northern Technical University / College of Engineering Technology - Kirkuk

Fares Younes Shams El-Din
Email: faris.younus@auas.edu.krd
Akre University of Applied Sciences - Duhok / Akre Technical College

https://doi.org/10.34009/aujeas.2026.165365.1190

ABSTRACT

The research aims to identify the role of smart manufacturing pillars in achieving sustainable quality dimensions at the University of Kirkuk / College of Agriculture. The study adopted a descriptive-analytical approach, using a questionnaire as the main research instrument. The research population consisted of faculty members at the College of Agriculture, University of Kirkuk, and a sample of 75 academic staff members was selected.

A hypothetical model was developed to reflect the nature of the relationships between the smart manufacturing pillars and the sustainable quality dimensions. Two hypotheses were formulated and tested using a set of statistical methods based on data collected through the distributed questionnaires.

The findings revealed a significant and positive correlation between the smart manufacturing pillars and the sustainable quality dimensions. The strongest correlation and influence were observed between the materials pillar and the sustainable quality dimensions, followed by the manufacturing technologies and processes pillar, then the sustainability pillar, the data pillar, and finally thepredictive engineering pillar

Based on these results, several recommendations were proposed to enhance the integration of smart manufacturing principles in promoting sustainable quality within the academic context.

Cite as:

Bayraqdar, H. N. E., & El-Din, F. Y. S. (2026). The Impact of Smart Manufacturing Pillars on the Dimensions of Sustainable Quality in Higher Education:An Exploratory Study of the Opinions of Academic Staff at the University of Kirkuk / College of Agriculture as a Model. AL-Anbar University journal of Economic and Administration Sciences, 18(2)

©Authors, 2026, College of Administration and economics, University of Anbar. This is an open-access article under the CC BY 4.0 license
(http://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

Received: 2025 / 09 / 21
Accepted: 2025 / 11 / 27
Published: 2026 / 06 / 30

Print ISSN:1998-8141
Online ISSN:2706-6010

Keywords: Smart Manufacturing Pillars, Sustainable Quality Dimensions

اثر مرتكزات التصنيع الذكي في ابعاد الجودة المستدامة في التعليم الجامعي : دراسة استطلاعية لاراء الملاكات التدريسية في جامعة كركوك /كلية الزراعة انموذجا

أ.م.د. حسين نور الدين عزت
الايميل : faris.younus@auas.edu.krd
الكلية التقنية الهندسية كركوك / الجامعة التقنية الشمالية

أ.م.د. فارس يونس شمس الدين
الايميل : husseinbayraq@ntu.edu.iq
جامعة ئاكرى للعلوم التطبيقية / كلية ئاكرى التقنية

المستخلص

يهدف البحث الى تحديد دور مرتكزات التصنيع الذكي في ابعاد الجودة المستدامة في جامعة كركوك / كلية الزراعة وكان منهج البحث منهج الوصفي التحليلي واداة البحث الاستبيان ومجتمع البحث في جامعة كركوك / كلية الزراعة وعينة البحث تتألف من (75) من الكوادر التدريسية في الكلية . تم وضع انموذج فرضي يعكس طبيعة العلاقات بين مرتكزات التصنيع الذكي وابعاد الجودة المستدامة ونتج عنه فرضيتين والتي تم اختبارها من خلال عدد من الوسائل الاحصائية من البيانات التي جمعت في استمارة الاستبانة الموزعة على العينة المبحوثة وتوصل البحث الى مجموعة من الاستنتاجات اهمها هنالك علاقة ارتباط معنوية وموجبة بين مرتكزات التصنيع الذكي وابعاد الجودة المستدامة وان اعلى علاقة ارتباط واعلى تأثير معنوية وموجبة بين مرتكزات التصنيع الذكي وابعاد الجودة المستدامة كانت عند مرتكز المواد ثم مرتكز تقنيات التصنيع والعمليات ثم مرتكز الاستدامة ثم مرتكز البيانات واخيرا مرتكز الهندسة التنبؤية .وعلى ضوئها تم تحديد عدد من التوصيات .

الكلمات المفتاحية :مرتكزات التصنيع الذكي ،ابعاد الجودة المستدامة .

المقدمة :

تواجه المنظمات ومنها الجامعات انظمة انتاج متعددة ومعقدة وحديثة ، ،لذا يستوجب على تلك الجامعات ضرورة البحث عن توفير نظام انتاج ملائم تتماشى مع قدراتها وفي نفس الوقت تحقق حاجات ورغبات السوق وتحقق اهدافها والبقاء والنمو وتواجه المنافسة وخاصة في ظل التغيرات التقنية المتسارعة . لذلك يجب على رؤساء الجامعات ومنها جامعة كركوك /كلية الزراعة الاهتمام بسبل تطوير وتمييز أداء مؤسساتهم من خلال الاهتمام بالتصنيع الذكي باعتباره جوهر عملية النجاح والبقاء والتميز، وذلك عن طريق تعزيز ابعاد الجودة المستدامة في التعليم الجامعي، لذلك اهتم البحث بتسليط الضوء على المشكلات التي تواجهها كلية الزراعة في جامعة كركوك في التحليل وتقديم توصيات تسهم في معالجة هذه المشكلات يعتبر أمراً مهماً يستحق البحث والدراسة.

وبهدف تغطية مضامين البحث المنهجية والتطبيقية، تضمنت البحث اربع مباحث، تناول المبحث الأول منهجية البحث، وعرض الجانب النظري للبحث في المبحث الثاني، بينما خصص المبحث الثالث الجانب العملي للبحث ولعرض النتائج ومناقشتها، أما المبحث الرابع فخصص لتقديم الاستنتاجات والتوصيات.

المبحث الاول : منهجية البحث

اولا : مشكلة البحث:

يهدف البحث الحالي إلى التحقق من مدى فاعلية دور التصنيع الذكي في دعم أبعاد الجودة المستدامة في التعليم الجامعي. ويمكن بلورة مشكلة البحث من خلال التساؤلات الآتية::

1 – ما مستوى توافر مرتكزات التصنيع الذكي في الكلية المبحوثة من وجهة نظر التدريسيين فيها ؟
2 – ما مستوى توافر ابعاد جودة المستدامة في الكلية المبحوثة من وجهة نظر التدريسيين فيها ؟
3 – ما طبيعة ونوع علاقات الارتباط بين مرتكزات التصنيع الذكي وابعاد الجودة المستدامة في الكلية المبحوثة؟
4 – ما طبيعة ونوع علاقات التأثير بين مرتكزات التصنيع الذكي وابعاد الجودة المستدامة الكلية المبحوثة؟

ثانيا : أهمية البحث:

يتجلى اهمية هذا البحث محاولة تقديم اطار نظري وتطبيقي يوضح العلاقة والاثر لمرتكزات التصنيع الذكي وابعاد جودة المستدامة في الكلية المبحوثة ، و يمكن ان يكون هذا البحث اضافة جديدة الى المكتبة في مجال الادارة. وفي الجانب الميداني تكمن اهمية هذا البحث في محاولة تقديم الاسس العملية الصحيحة التي تمكن الكلية المبحوثة من تحديد مرتكزات التصنيع الذكي وابعاد الجودة المستدامة.

ثالثا :المساهمة النظرية والعملية للبحث :

يقدم هذا البحث مساهمة نظرية مهمة في مجال التعليم الجامعي والتصنيع الذكي، من خلال:

–توسيع الإطار النظري للتصنيع الذكي في التعليم: إذ ان أغلب الدراسات السابقة ركزت على التصنيع الذكي في القطاع الصناعي، بينما هذا البحث يطبق مبادئ التصنيع الذكي على بيئة التعليم الجامعي، ما يوسع نطاق فهم تأثير هذه المرتكزات في سياقات غير صناعية.

–ربط التصنيع الذكي بأبعاد الجودة المستدامة: يقدّم البحث نموذجًا نظريًا يوضح العلاقة بين مرتكات التصنيع الذكي وأبعاد الجودة المستدامة في التعليم الجامعي وتطوير فهم العلاقة بين التكنولوجيا والعمليات التعليمية:

–يوضح البحث كيف يمكن للتقنيات الذكية أن تعزز كفاءة التدريس والتعلم، إدارة المختبرات، وتطوير مهارات الملاك التدريسيين والطلاب، ما يثري النظرية في مجال دمج التكنولوجيا مع الإدارة التعليمية.

–تقديم إطار مرجعي للدراسات المستقبلية: يوفر البحث مرجعية نظرية قابلة للتطبيق في الجامعات التقنية الأخرى، ويشكل قاعدة لإجراء دراسات مقارنة أو توسيع نطاق البحث على مؤسسات تعليمية مختلفة.

يقدم هذا البحث مساهمة عملية ملموسة لكل من الكلية المبحوثة من خلال النقاط التالية:

–تحسين جودة التعليم والتعلم: يوفر البحث توصيات عملية لتوظيف مرتكات التصنيع الذكي (مثل الأتمتة، الرقمنة، التحليل الرقمي للبيانات، المحاكيات التعليمية) بما يسهم في رفع كفاءة التدريس، تفاعل الطلاب، وتحسين الأداء الأكاديمي.

–تطوير إدارة المختبرات التعليمية: يمكن للكلية تطبيق نتائج البحث لتحسين إدارة المختبرات، جداول الصيانة، وتتبع استخدام المعدات التعليمية الذكية، ما يقلل الهدر ويزيد من كفاءة الموارد.

–تعزيز الابتكار والقدرات التقنية للطلاب والملاك التدريسيين: من خلال تبني ممارسات التصنيع الذكي، يشجع البحث الملاك التدريسيين والطلاب على تطوير مشاريع مبتكرة، حلول رقمية، وتجارب تعليمية تفاعلية.

–تقديم دليل تطبيقي للسياسات التعليمية: يوفر البحث إطارًا عمليًا للكلية لتطبيق التقنيات الذكية ضمن المناهج والمختبرات، بما يضمن تحقيق الجودة المستدامة وتطوير بيئة تعليمية مواكبة للتطورات التكنولوجية.

–تسهيل الدراسات المستقبلية والتوسع المؤسسي: يمكن استخدام نتائج البحث كأساس لتطبيق نماذج التصنيع الذكي في كليات أخرى أو في مشاريع تطويرية داخل الجامعة، مما يحقق أثرًا عمليًا أوسع على مستوى التعليم الجامعي .

ثالثا : اهداف البحث *:*

في ضوء اطار تحديد مشكلة البحث واهميتها فأن هدف البحث يكمن اساسا في تحديد دور واثر مرتكزات التصنيع الذكي في ابعاد الجودة المستدامة فضلا عن تحقيق الاهداف الاتية :–

1 – تقديم اسس نظرية وميدانية للكوادر التدريسية في الكلية المبحوثة عن مرتكز التصنيع الذكي وابعاد الجودة المستدامة.

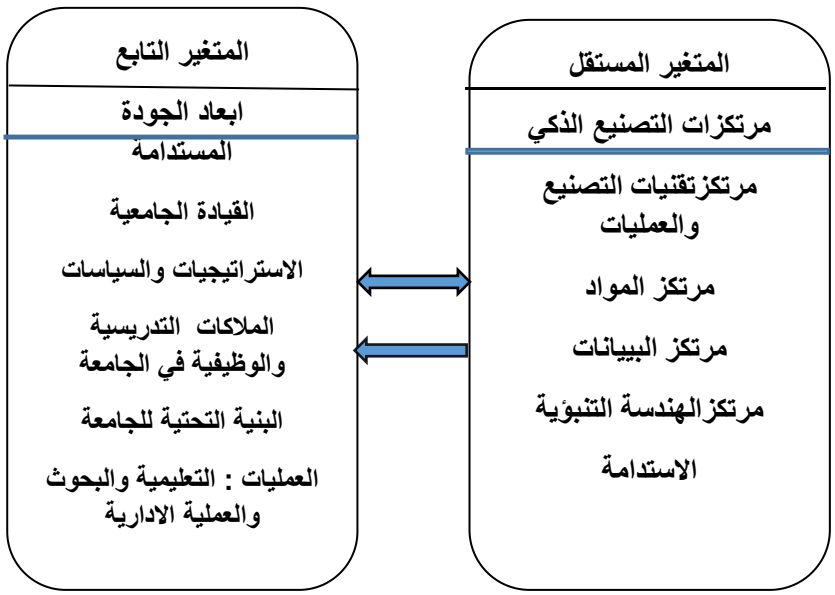
2– تحديد مستوى مرتكزات التصنيع الذكي وابعاد الجودة المستدامة لدى الكوادر التدريسية في الكلية المبحوثة.

3 – وصف وتشخيص مرتكزات التصنيع الذكي وابعاد الجودة المستدامة لدى الكوادر التدريسية في الكلية المبحوثة المبحوثة

4– اختبار علاقة الارتباط والاثر ما بين مرتكزات التصنيع الذكي وابعاد الجودة المستدامة في الكلية المبحوثة.

5 – محاولة بناء نموذج افتراضي واختباره للوصول الى حالة تعكس مرتكزات التصنيع الذكي وابعاد الجودة المستدامة .

رابعا : المخطط الفرضي لبحث :



الشكل رقم (1) يبين انموذج البحث .

المصدر : اعداد الباحثان استنادا على ادبيات البحث .

خامسا : فرضيات البحث :

استكمالا لمتطلبات البحث والاجابة على التساؤلات المثارة في مشكلة البحث وتحقيق اهدافه ، فقد تم صياغة الفرضيات الاتية :

1 – هنالك علاقة ارتباط معنوية وذات دلالة احصائية بين مرتكزات التصنيع الذكي وابعاد جودة المستدامة في الكلية المبحوثة (منفردة ومجتمعة) .

2– هنالك تاثير معنوي وذات دلالة احصائية لمرتكزات التصنيع الذكي في ابعاد الجودة المستدامة في الكلية المبحوثة (مجتمعة ومنفردة).

المبحث الثاني: الاطار النظري للبحث :

المحور الاول: التصنيع الذكي

أ–مقدمة :

يُعد التصنيع الذكي من أحدث التطورات في مجال التصنيع، إذ يعتمد على تقنيات مثل الذكاء الاصطناعي، الروبوتات، والاتصالات الآلية، مما يُمكّن من تحقيق التكامل بين الأنظمة وتحسين الكفاءة. في السياق التعليمي، يمكن تطبيق هذه المفاهيم من خلال استخدام المختبرات الذكية، التعليم العملي المعتمد على البيانات، ومحاكاة بيئات العمل الصناعية، مما يعزز من جودة التعليم ويرفع جاهزية الطلبة لسوق العمل.

ب– التطور التاريخي للتصنيع الذكي:

مرّ مفهوم التصنيع الذكي بمراحل متعددة منذ ثمانينيات القرن الماضي، حيث ظهرت أولى ملامحه في دراسات ركزت على الأتمتة والمعلوماتية (1988، 1990، 1995، 1999). ومع تطور تقنيات الاتصالات والحوسبة، بلغ المفهوم نضجًا أكبر بعد عام (2011) مع بروز الثورة الصناعية الرابعة والتكامل بين الأنظمة الفيزيائية والرقمية (Adipat, &Chotikapanich, 2024: 33). وقد أسهمت المؤسسات الصناعية والحكومات في بلورة نماذج مرجعية مثل(SMM وARM) لقياس جاهزية التصنيع الذكي (Namjoshi & Rawat, 2022: 63). هذا التطور ارتبط بالحاجة إلى المرونة والابتكار والجودة، ليصبح التصنيع الذكي ضرورة استراتيجية مدفوعة بالتقدم التكنولوجي وتحديات الكفاءة والاستدامة (Shaturaev, 2022: 2). وبالتوازي، شهدت الجامعات تطورًا مشابهًا في أدوارها ومهامها عبر خمسة أجيال: من(University 1.0)التي اقتصرت على التعليم (الكفاءة الأساسية)، إلى (University 2.0) التي أضافت البحث العلمي (الكفاءة العلمية)، ثم (University 3.0)التي ركزت على خدمة المجتمع (الكفاءة التطبيقية/الابتكارية). مع الثورة الرقمية ظهرت (University 4.0) التي تبنت التعليم الذكي والشراكات الصناعية (الكفاءة الرقمية والتكنولوجية)، وصولًا إلى (University 5.0) التي تركز على الإنسان والابتكار المستدام (الكفاءة المستدامة والشاملة). وكما موضح في الجدول (1).وهكذا يتضح أن مسار التطور في كلٍّ من التصنيع الذكي والجامعات يتقاطع في كونه انتقالًا من مراحل أولية بسيطة إلى مراحل أكثر تعقيدًا ونضجًا، حيث أصبحت الكفاءة والاستدامة محورًا مشتركًا لتحقيق التميز والجاهزية في مواجهة تحديات المستقبل.

جدول (1) تطور نماذج الجامعات عبر المراحل

المرحلة	اسم الجامعة	الفترة الزمنية	الخصائص الأساسية	الكفاءات
الأولى	الجامعة التقليدية	العصر الوسطى – القرن 18	التركيز على الفلك ، ،القانون، الدين ،والمعرفة العامة –تعليم متخصص لطبقات معينة	لكفاءات العامة والمعارف الخاصة
الثانية	الجامعة البحثية	القرن 19–1960	الخبرة الأكاديمية، البحث، التفكير المنطقي والاستنتاجي	البحث، التفكير المنطقي، تجربة الأفكار
الثالثة	الجامعة الريادية	القرن1970–2000	دمج الأعمال والتعليم والبحث – دعم الابتكار والتمويل	توفير المفاهيم والتكنولوجيا والتمويل
الرابعة	الجامعة الرقمية والتقنية الحيوية	2010–حتى الان	جامعة متعددة الوظائف تركز على تكنولوجيا المعلومات والتقنية الحيوية	الكفاءات العالمية الخيال والابداع
الخامسة	الرقمية الكاملة	المستقبل	جامعة عاطفية وحسية– مرونة في التكيف مع بيئات مهنية واجتماعية متغيرة	كفاءات الحسية والعاطفية –مرونة اجتماعية مهنية

المصدر : من اعداد الباحثان بالاعتماد على :

Source: Joanna Rosak–Szyrocka,(2024) ,the Era of Dihitalization in Education where do Universiyy 4.0 go?, Management Systems in Production Engineering, Volume 32, Issue 1, pp. 56

ت–مفهوم التصنيع الذكي:

شهد العالم تأثيرًا متزايدًا للتكنولوجيا الرقمية التي غيرت طبيعة الحياة والتعليم (Fenwick & Edwards, 2016: 117). وأصبحت رقمنة التعليم مكونًا أساسيًا في إعداد الخبراء، مع تزايد حجم المعلومات وتعدد الدراسات (Rosak–Szyrocka, 2025: 8). ويدرك الطلبة اليوم ضرورة تعزيز مهاراتهم في الذكاء الاصطناعي، البيانات الضخمة، وتقنيات الاتصالات (Frolova et al., 2020: 313). ويؤكد (Chekanov & Neizvestny, 2019: 1) أن المجتمع الرقمي يفرض تطوير كفاءات متخصصة، فيما يرى (Shutaleva et al., 2019: 32) أن إدخال الأفكار الجديدة في النظام التعليمي أصبح أكثر أهمية. وقد أثرت الرقمنة والثورة الصناعية الخامسة بعمق في ميدان التعليم (Rosak & Tiwari, 2023:16167; Aini, 2020: 257).

في هذا السياق، يبرز التصنيع الذكي في التعليم من خلال مختبرات متكاملة تضم تقنيات الصناعة (4.0) مثل الذكاء الاصطناعي، الروبوتات، الحوسبة السحابية وإنترنت الأشياء، التي تمثل بيئات تعليمية وحاضنات ابتكار

(Purdue Polytechnic Institute). وعُرّف التصنيع الذكي كمنظومة تعليمية قائمة على البيانات، مترابطة ومرنة ومستدامة (Kusiak, 2019: 1)، وكتجربة تعليمية مخصصة وتفاعلية قائمة على الفصول الذكية (Yu et al., 2021:2). بينما يراه (Salehzadeh, 2023: 2) منهجًا لإعداد القوى العاملة بكفاءة أعلى وموارد أقل. كما اعتبره (Lan et al., 2023: 1; Bahja, 2021: 3) نهجًا لإدماج التقنيات المتقدمة في المناهج والبيئات التدريبية لسد فجوة المهارات. ويرى (Adipat & Chotikapanich, 2024: 34) أن التكنولوجيا في الجامعات الذكية تعزز جودة التعليم، التميز المؤسسي، وتسهم في تنمية المدن الذكية.

مما تقدم يرى الباحثان ان التصنيع الذكي في التعليم يُقصد به توظيف منظومة متكاملة من التقنيات الرقمية المتقدمة (مثل الذكاء الاصطناعي، إنترنت الأشياء، الروبوتات، الحوسبة السحابية، وتحليلات البيانات) في تصميم وإدارة العملية التعليمية، بهدف تحقيق بيئات تعلم مرنة وقابلة للتخصيص، بما يعزز من جودة المخرجات التعليمية، ويدعم الابتكار والاستدامة المؤسسية.

د–مرتكزات التصنيع الذكي في التعليم الجامعي:

في الوقت الحاضر، هناك جامعات تقدم برامج مرتبطة بـ14 مرتكز، وتتراوح هذه البرامج بين تلك التي تهدف إلى تقديم مفاهيم الجيل الرابع من الصناعة، وتلك التي يتعلم فيها الطلاب كيفية التعامل مع التقنيات المرتبطة بها في بيئات عمل حقيقية داخل مؤسسات عالمية. وتشمل التقنيات التي تُعتبر ركائز لمنهج :I4 الروبوتات الذاتية، المحاكاة، التكامل الأفقي والرأسي، إنترنت الأشياء الصناعي، التصنيع الإضافي، الواقع المعزز، الأمن السيبراني، الحوسبة السحابية، وتحليلات البيانات الضخمة.(Marcela,etal., 2020: 789)، وفيما يلى شرح موجز لعدد من المرتكز ات الاكبر شيوعا:

اولا :تقنيات التصنيع والعمليات :

يرى (Mittal,etal,2019: 1345) بان التقنيات تتمثل بـ(الذكاء الاصطناعي ،التحكم الذكي ، توفير/كفاءة الطاقة، الأمن السيبراني، الصور المجسمة (الهولوغرام) ،الواقع الافتراضي (VR) ،الواقع المعزز (AR)،الاتصال/البيانات في الوقت الحقيقي ،البيانات الضخمة ،البنية التحتية السيبرانية الفيزيائية ،الأنظمة السيبرانية الفيزيائية / الإنتاجية (CPS CPPS /) ،إنترنت الأشياء / إنترنت الخدمات / إنترنت الأشياء الصناعي (IoT / IoS / IIoT) ،التصنيع المتقدم ، الحوسبة السحابية / التصنيع السحابي ، الطباعة ثلاثية الأبعاد / التصنيع بالإضافة ، الحساسات الذكية ، المنتج / الجزء الذكي ، تحليل البيانات / تحليل البيانات الضخمة ،التحليلات التنبؤية ،تصور البيانات ،النمذجة ،نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ،المحاكاة ،التنبؤ ، تخطيط موارد المؤسسة (ERP) ، تحديد الهوية باستخدام الترددات اللاسلكية (RFID) ، تعلم الآلة ،إدارة سلسلة الإمداد (SCM) ،نظام تنفيذ التصنيع (MES)، إدارة دورة حياة المنتج (PLM) ،المواد الذكية ،الواجهات (SCOR، DCOR، MESA، ISA 95/88) ،التصنيع المدعوم بالحاسوب (CAM)، التصميم المدعوم بالحاسوب ((CAD، (CAX) ،تخطيط العمليات ، إدارة الإنتاج المعتمدة على تكنولوجيا المعلومات \ التتبع والتعقب ، تقنيات اتخاذ القرار المعرفية ،التحكم الإحصائي في العمليات (SPC).

مما تقدم يرى الباحثان يمكن ان تُعرّف تقنيات التصنيع والعمليات إجرائياً بأنها مجموعة متكاملة من الأدوات الرقمية والذكية مثل الذكاء الاصطناعي، إنترنت الأشياء، الحوسبة السحابية، الطباعة ثلاثية الأبعاد، والأنظمة السيبرانية الفيزيائية، تُوظف لرفع كفاءة الإنتاجية، تحسين اتخاذ القرار، وضمان استدامة العمليات في البيئات التعليمية والصناعية.

ثانيا: المواد

تعرف المواد الذكية بأنها مواد قادرة على تغيير خصائصها الفيزيائية أو الكيميائية عند التعرض لمحفزات خارجية مثل الحرارة أو الضوء أو الضغط، مع الاستفادة من المستشعرات وآليات التحكم للعودة للحالة الأصلية بعد زوال المؤثر (Susmita, 2013: 876). وتتميز بقدرتها على التنبؤ والتكيف، ما يعزز الابتكار الهندسي والتقني (Kamal et al., 2025: 1). وفي التعليم، تُعرف المواد الذكية على أنها تقنيات تعليمية قادرة على الاستجابة التفاعلية لبيئة التعلم واحتياجات الطلبة والمعلمين لتحسين جودة التعلم (Minuto et al., 2015: 3). من أمثلتها:

* السبورات الذكية: عرض المحتوى والتفاعل مع المستخدم.
* الأثاث التعليمي الذكي: التكيف مع الحركة والوضعية.
* الأجهزة القابلة للارتداء: مراقبة المؤشرات الحيوية للطلبة.
* البيئات الصفية الذكية: ضبط الإضاءة، الصوت، والتهوية تلقائيًا.
* الكتب والمواد التفاعلية: تعديل المحتوى حسب مستوى الطالب.

وتساهم هذه المواد في تعزيز التفاعل، دعم الفروق الفردية، تحسين بيئة التعلم، تشجيع الإبداع، وتسهيل تقييم الأداء (Roy et al., 2023: 287).

كما تصنف المواد الذكية إلى نوعين:

1. نشطة Active: تغير خصائصها عند التعرض لمحفزات كهربائية أو حرارية أو مغناطيسية، مع القدرة على تحويل الطاقة (Maheswari et al., 2023: 1752).
2. ساكنة Passive: لا تمتلك القدرة الذاتية على تحويل الطاقة.

تتكون الأنظمة الذكية من مستشعر، معالج، ومشغّل (Susmita, 2013: 876)، وتنقسم المواد الذكية إلى خمسة أنواع رئيسية:

1. المواد الممغنطة: تستجيب للمجالات المغناطيسية.
2. المواد الحساسة لـ pH: تغير اللون حسب الحموضة.
3. الأنظمة الكروموجينية: تغير اللون بفعل المؤثرات الكهربائية أو الضوئية أو الحرارية.
4. المواد الكهروضوئية: تغير الشفافية أو اللون بالجهد الكهربائي.
5. المواد الفوتوكرومية والحرارية: تغير اللون استجابة للضوء أو الحرارة.

بناءً على هذه الخلفية يمكن صياغة تعريف إجرائي للمواد الذكية كالآتي:تُعرّف المواد الذكية إجرائياً بأنها تقنيات تعليمية وتدريبية قادرة على التكيف مع بيئة التعلم أو التشغيل من خلال الاستجابة التفاعلية لمحفزات خارجية (كالحرارة، الضوء، أو الحركة)، بما يسهم في تحسين جودة الأداء، تعزيز التفاعل، ودعم الفروق الفردية.

ثالثا : البيانات

مع التوجه المتزايد نحو التصنيع الذكي المعتمد على تقنيات مثل الذكاء الاصطناعي وعلوم البيانات والطباعة ثلاثية الأبعاد، تعمل الجامعات على إعداد كوادر تقنية قادرة على تلبية متطلبات سوق العمل الجديد. ووفقًا لدراسة أجرتها منظمتي (Deloitte وThe Manufacturing Institute)، قد تبقى أكثر من 2 مليون وظيفة في قطاع التصنيع شاغرة خلال العقد القادم بسبب النقص في المهارات التقنية، ما قد يُكبد الاقتصاد الأمريكي خسائر تصل إلى تريليون دولار بحلول عام 2030.(Brandon, 2022: 1)

وتصنف البيانات الرقمية الى عدة انواع منها : (Andrew, 2022: 2)

- البنية التحتية الرقمية :(Digital Infrastructure) تشير إلى الأصول الحاسوبية والأدوات التي تدعم الهندسة الرقمية. من المفترض أن تدعم البنية التحتية الرقمية احتياجات الشركة من المعلومات والبيانات ذات الصلة. يمكن أن تكون مخصصة لبرنامج أو مجال محدد وتدمج أدوات من مجالات مختلفة.
- نماذج دورة الحياة :(Life-cycle models) تتضمن نماذج مختلفة لدورة الحياة والبيانات والمعلومات المرتبطة بهذه النماذج.
- نماذج العمليات :(Process models) نماذج تدمج المنتجات والأشخاص والعمليات المشاركة.
- البيانات ونماذج الأنطولوجيا :(Data and model Ontology) يُشار إلى هذا المستودع من العناصر باسم المصدر الموثوق للحقيقة (Authoritative Source of Truth – ASoT) ، حيث يستخدم جميع الأطراف المعنية نفس البيانات والنماذج. تحدد نماذج البيانات كيفية تخزين البيانات والوصول إليها، في حين تُعرّف الأنطولوجيا الخاصة بالمجال المفاهيم العامة والعلاقات ، مما يمكّن من مشاركة البيانات والمعرفة. من المتوقع أن يتم أتمتة صيانة البيانات والنماذج، مما يتيح انتشار التغييرات في منطقة واحدة إلى مناطق أخرى.
- البيانات والنماذج التشغيلية :(Operational data and models) نماذج تلتقط العلاقات بين النماذج الفردية، وتحدد الاستخدام التشغيلي للنظام، مما يمكّن من تحليل القضايا ذات الاهتمام، وتدير العلاقات بين النماذج المختلفة.
- بيانات ونماذج النظام :(System data and models) نماذج نظم وبيانات داعمة تغطي مجالات هندسية وتجارية متعددة.
- البيانات والنماذج الخاصة بالتخصص :(Discipline-specific data and models) مجموعة من النماذج والبيانات التي تنطبق على مجال ضيق.

مما تقدم يمكن ان تُعرّف البيانات إجرائياً بأنها المدخلات الرقمية والنماذج المترابطة (كالبنية التحتية الرقمية، نماذج العمليات، ودورة الحياة) التي تُستخدم في بيئة التعليم أو التصنيع الذكي لدعم اتخاذ القرار، إدارة المعرفة، وتحسين كفاءة العمليات.

رابعا الهندسة التنبؤية

تشير الهندسة التنبؤية إلى استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات واتخاذ قرارات أكاديمية وإدارية دقيقة، تشمل التنبؤ بأداء الطلبة، وإدارة الموارد، وتحسين القبول والتسجيل، ودعم القرارات الاستراتيجية (Almeqati, 2025). وفي التعليم التقني، يُعد توفير بيئة تعليمية مناسبة وصيانة المرافق التدريبية من العوامل الأساسية لنجاح التدريب العملي (Jaja,etal.,2024; & Owenvbiugie, R. O. & Edokpolor,2017).كما ساهمت الثورة الصناعية الرابعة في تطوير صيانة المعدات نحو الصيانة التوصيفية أو التنبؤية، التي تستخدم برامج حاسوبية لتوقّع الأعطال وتحسين التوافر والإنتاجية وتقليل التكاليف (Foguem,etal., 2022:),(Agenyi, 2012: 3), (S. M. Wu & Dick, 2020: 4) (1). وتواجه هذه التقنيات عدة معوقات منها: الكلفة الأولية العالية، نقص الكفاءات، غموض العائد الاستثماري، ومخاوف الأمن السيبراني (AshleyC.,etal., 2023: 3)

يمكن القول ان الهندسة التنبؤية هي تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي والتحليلات المتقدمة في البيئة التعليمية والتقنية بهدف التنبؤ بالأداء، وصيانة المرافق والمعدات بشكل استباقي، بما يعزز كفاءة القرارات الأكاديمية والإدارية، ويرفع من جاهزية الموارد التعليمية والتدريبية.

خامسا: الاستدامة

أحد الأهداف الرئيسية للتنمية المستدامة (SDGs) هو تعليم الناس العيش المستدام، ما جعل التعليم القائم على المهارات جزءًا مهمًا من النمو التعليمي والاجتماعي، وتوفر "المصانع التعليمية" بوابات للتعليم القائم على المهارات وتطوير قوة عاملة مدرّبة لتحقيق أهداف التنمية المستدامة (Jing et al., 2023:1). كما أن التعاون بين الأوساط الأكاديمية والصناعية ضروري لتدريب قوة العمل المستقبلية (Darun & Plam, 2019:290). توفر الصناعة 5.0 فرصة استراتيجية للجامعات لإعادة التفكير في دورها كقادة للتغيير الاجتماعي والاقتصادي والبيئي، عبر تطوير نماذج تعليمية مرنة ومستدامة ترتكز على التكامل بين التكنولوجيا والاحتياجات الإنسانية (Mohamed, 2024: 3). أصبح التصميم من أجل الاستدامة محورًا رئيسيًا في التعليم الجامعي، مع تطور الجامعات إلى مراكز ابتكار معرفية تتماشى مع الصناعات الجديدة من الصناعة 4.0 إلى 5.0، رغم الحاجة للاستثمار الحكومي والمعرفة الكافية لدمج الصناعة 5.0 بنجاح (Ivanov, 2022: 2). ويركز التعليم العالي المستدام على:

1. التعليم المدمج لايجاد بيئة تعلم ذكية (Parusheva et al., 2023: 2).
2. استخدام الأجهزة والتطبيقات الذكية في التدريس والتعلم.
3. تخصيص التعلم باستخدام تحليلات التعلم، التعليم، والتعليم الذكي.
4. إنشاء بيئات تعلم بالواقع الافتراضي والمعزز والمختلط.
5. استخدام وسائل التواصل الاجتماعي والحوسبة السحابية لدعم التعليم الذكي.

ويعكس التعلم الذكي تحولًا رقميًا متقدمًا يشمل تحسين تجربة التعلم، تكييف المحتوى، وكفاءة التدريس (Zhuang, 2023: 385).

ويرى الباحثان ان الاستدامة في التعليم الجامعي هي توظيف استراتيجيات وتكنولوجيا ذكية لتهيئة بيئات تعليمية مرنة ومتكاملة، تعزز المهارات وتدعم الابتكار بما يحقق التوازن بين الأبعاد التعليمية، الاقتصادية، والبيئية انسجامًا مع أهداف التنمية المستدامة

المحور الثاني : الجودة المستدامة

في الأوساط الأكاديمية، تعد الاعتمادية أساسًا لسمعة الجامعات وجودة التعليم، حيث تلعب مؤشرات الأداء دورًا في تقييم نتائج الطلبة وكفاءة التدريس وفعالية البحث العلمي (Javed & Alenezi, 2023: 1). ويعزز تحقيق الاعتماد المستدام التنمية الاقتصادية من خلال نظام متكامل لإدارة البيانات يربط بين جودة التعليم وتطوير المهارات المهنية. كما يزداد الاهتمام بتطبيقات إدارة الجودة مثل ستة سيجما والإدارة الشاملة للجودة لرفع المعايير وتحقيق التحسين المستمر، رغم أن ذلك يتطلب ثقافة تنظيمية داعمة وبنية تحتية مناسبة (Papanthymou, 2017: 132). كما تدعو الأدبيات أيضًا إلى دمج الاستدامة في سياسات ومناهج التعليم العالي لتعزيز وعي الطلبة وتحفيزهم نحو قضايا المستقبل (Berchin, 2021:1; Lana et al., 2025: 1).

مفهوم الجودة المستدامة:

تعني الجودة المستدامة قدرة المؤسسة التعليمية على تقديم تعليم متميز يدمج مفاهيم التنمية المستدامة ضمن المناهج وأساليب التدريس، ويربط الطلبة بالمجتمع من خلال تجارب واقعية تسهم في التحول المجتمعي (Manokore et al., 2022: 11). كما تُعرف بأنها نهج مؤسسي يدمج أهداف التنمية المستدامة في استراتيجيات الجامعات وخططها الدراسية لإعداد خريجين واعين ومسؤولين (Stukalo & Lytvyn, 2021: 3)، وتعني تحقيق مستوى عالٍ وثابت من جودة الأداء مع مرور الوقت (Su et al., 2014: 429).

يمكن القول ان الجودة المستدامة هي قدرة المؤسسة التعليمية على تحقيق مستوى متميز وثابت من الأداء الأكاديمي والإداري عبر دمج مفاهيم التنمية المستدامة في المناهج والاستراتيجيات لضمان إعداد خريجين واعين ومسؤولين يسهمون في التحول المجتمعي.

ابعاد الجودة المستدامة :

يرى (Chaudhuri & Jayaram, 2018: 17) ان الجودة المستدامة تستند على ابعاد تتمثل بـ(القيادة وتمتثل بتمكين العاملين ،السياسات والاستراتيجيات ،والتحسين المستمر للكوادر والنهج متعدد الوظائف، وتطوير الانظمة والقوانين ،فضلا عن العمليات التي تركيز على الهدر ،والسعي وراء معايير مثل (ISO14000 , ISO9001)،إذ تهدف هذه العناصر إلى توجيه مؤسسات التعليم العالي نحو تبنّي منهج شمولي في الاستدامة، بحيث لا يقتصر الجهد على التعليم فقط، بل يشمل كافة الأنشطة والعمليات داخل الجامعة.وفيما يلي شرح موجز لكل بعد من هذه الابعاد :

1-القيادة الجامعية المستدامة

تفرض الثورة الصناعية الرابعة، مع تقنيات مثل الذكاء الاصطناعي، إنترنت الأشياء، والبيانات الضخمة، تحديات على مؤسسات التعليم، خصوصًا الجامعات التقنية والمهنية، بسبب التغير السريع في سوق العمل وظهور وظائف جديدة تتطلب مهارات رقمية وتقنية عالية. لذلك، يجب على الجامعات: توفير مهارات رقمية متقدمة، إعداد الطلاب للتعامل مع

التكنولوجيا الحديثة، وتحويل برامجها الأكاديمية لتلبية احتياجات سوق العمل الرقمي، بهدف تخريج قوى عاملة مؤهلة رقمياً قادرة على مواجهة التحولات الصناعية والمجتمعية (Krisnawati, & et al., 2019: 51-60).

تعني القيادة الجامعية المستدامة نموذجًا للقيادة والإدارة الشاملة الذي يوازن بين الأشخاص، والأرباح، والبيئة (Timolo & Varra, 2017: 4). وقائد المؤسسة المستدام قادر على استثمار الموارد، إدارة التنوع، وتعزيز المسؤولية الاجتماعية لتحسين الأداء الجامعي وتحقيق الريادة (Helal & Mohammed,2021: 381). كما يُعرف القيادة الجامعية المستدامة بأنها نمط قيادي طويل المدى يعتمد على العدالة والأخلاق مع جميع الأطراف داخل وخارج المؤسسة (Bulme, et al., 2021: 3).

ان القيادة الجامعية المستدامة تتمثل بالقدرة على توصيل الرؤية والرسالة، ومشاركة المرؤوسين لتحقيق الأهداف المؤسسية (Okanda, Mwinzi & Gunga, 2021). وأبعاد القيادة الجامعية تشمل: تنمية الموارد البشرية، التوجيه طويل الأجل، الإبداع والموهبة، المسؤولية الاجتماعية (Closs, & et al., 2011: 2). كما ان خصائص القيادة الجامعية تتضمن: تبني الأفكار الكبيرة الصحيحة، توصيلها بفعالية عبر المؤسسة، الإشراف على تنفيذها، تحسينها وتكرار العملية، مع التركيز على الاستراتيجية المستقبلية وليس الإصلاح السريع (Simpson & Durkheim, 2015).

يمكن القول ان القيادة الجامعية المستدامة نمط إداري واستراتيجي طويل المدى يوازن بين تنمية الموارد البشرية، العدالة والمسؤولية الاجتماعية، واستثمار التكنولوجيا الحديثة لتحقيق أداء جامعي متميز. وهي تقوم على توجيه الرؤية والرسالة بفعالية، وإعداد الطلبة لمتطلبات سوق العمل الرقمي بما يضمن الريادة المؤسسية والتحول المجتمعي.

ثانيا: الاستراتيجيات والسياسات

ظهرت عملية التخطيط الاستراتيجي في التعليم أولاً في مؤسسات التعليم الجامعي في سبعينيات القرن العشرين، ثم تم تكييفها لتشمل النظام التعليمي بأكمله بعد الثمانينيات وبدأ تطبيقها فعليًا (Memduho& Uçar, 2012: 545)

تمثل أهداف والسياسات والمتطلبات والنتائج المتوقعة من تنفيذ السياسة، كما تُعد تعبيرًا عن الإرادة الموحدة للمسؤولين التنفيذيين,(Lu,etal., 2024) وتلعب الأهداف دورًا مهمًا في صياغة السياسات، حيث تُوحّد مسار العمل بين القطاعات وأصحاب المصلحة، وتوجه تخصيص الموارد، وتوفر معايير لتقييم السياسات، وتعزز من شفافية السياسات ومشاركة الجمهور.

من خلال تحديد أهداف واضحة للسياسات، يمكن لصانعي السياسات ضمان استخدام فعّال للموارد وتحقيق النتائج المرجوة، فضلاً عن تعزيز فهم ودعم جميع الأطراف المعنية، وتشكيل إجماع سياسي داعم.

وتنقسم أبعاد أهداف والسياسات المتعلقة بالتعليم من أجل التنمية المستدامة (ESD) إلى أربعة عناصر كما وردت في تقارير اليونسكو (Xiong,etal., 2023)

1. تعزيز مفهوم التنمية المستدامة.
2. تعزيز التعليم الأخضر والمنخفض الكربون.
3. تشجيع الابتكار العلمي.
4. دعم بناء الحضارة البيئية

يحتوي التخطيط الاستراتيجي في القطاع التعليمي على أربع خصائص رئيسية (Çalık, 2003: 251)

- رغم أن التعليم يُعد أداة إنتاج من خلال خبراته ومهاراته وتطوير الشخصية والحداثة وبعض الميزات التقنية، إلا أنه يُعتبر أيضًا أداة استهلاك بسبب احتياجات المجتمع للتعلم.
- يهدف التعليم إلى زيادة رفاهية المجتمع من خلال تنمية الأفراد.
- تختلف كفاءة التعليم حسب مستوى التنمية الاقتصادية والاجتماعية للدولة.
- لا يكفي قياس كفاءة التعليم كمياً فقط، بل يجب تقييمها كليًا باستخدام مقاييس نوعية.

وقد أوضح(Medine,etal., 2020: 39) ضرورة دمج الاستدامة في استراتيجية الجامعة، من خلال تطوير أهداف استراتيجية تركز على الدولية، والمشاريع متعددة التخصصات، ونظام جودة متكامل، والإدارة المالية، وتطوير البنية التحتية، والرقمنة في عمليات التعليم والبحث والتقييم .اما فيما تخص بمكونات الجودة ، ويرى كل من (Ozsen,etal., 2022: 2) ان الخطوة الأولى للقيادة الجامعية نحو إنشاء نظام إدارة جودة مستدامة تبدأ بإدماج نهج الجودة المستدامة في الوثيقة الاستراتيجية الرئيسة، ثم تحفيز العاملين للمشاركة في إثراء التغييرات الثقافية على مستوى الإصلاح في جامعاتهم. كما تناقش هذه الدراسة الاستراتيجيات المعتمدة لدعم وتطوير الجودة في ممارسات التعليم، والبحث، والخدمات المجتمعية، والدولية في الجامعات. وان الاستراتيجية :تقوم على فهم العمليات الأساسية للجامعة واحتياجات أصحاب المصلحة لضمان الاستدامة طويلة المدى. كما يجب ربط استراتيجية الجامعة وخطط النشاط بنظام إدارة المخاطر المرتبط بالأنظمة والعمليات والأفراد.(Medine,etal., 2020: 34)

ترتبط سياسة الحوكمة برؤية الجامعة ورسالتها وغايتها وأهدافها الرئيسية. ويتطلب تحويل السياسة إلى نتائج ملموسة نشر جميع السلوكيات المرتبطة بثقافة الاستدامة، وتنفيذ أنظمة ملائمة للمساءلة المباشرة أمام أصحاب المصلحة الداخليين والخارجيين.ولا يمكن تحقيق مبدأ الاستدامة كمبدأ مؤسسي إلا عندما يتم قبوله ودمجه في ثقافة حوكمة الجامعة، ويصبح تدريجيًا جزءًا من الأنشطة المنفذة.وبعبارة أخرى، فإن نهج الحوكمة الجامعية الموجه نحو المسؤولية الاجتماعية يهدف إلى تعزيز الترابط بين الكفاءة الاقتصادية والاجتماعية، وتحسين الأداء وفق منظور الخط الأساسي الثلاثي، ويشمل جميع العمليات الإدارية. من البحث والتعليم إلى الأنشطة الإدارية والخدمية، ومن الإدارة العليا إلى كافة مكونات المؤسسة .ويتم تنفيذ هذا النهج سواء في السلوكيات والاتصالات الداخلية، أو في العلاقات الخارجية والمساءلة .أما الرؤية الجزئية لموضوع الاستدامة فلا تؤدي إلى التغيير الحقيقي ولا إلى نهج شامل للتنمية المستدامة,(Salvioni,etal, 2017: 2).

ويرى الباحثان ان الاستراتيجيات والسياسات في التعليم المستدام هي مجموعة الخطط والأهداف الموجهة لضمان دمج الاستدامة في جميع عمليات الجامعة، بما يشمل التعليم، البحث، الإدارة والخدمات المجتمعية، مع توجيه الموارد وتوحيد المسار بين أصحاب المصلحة لتحقيق نتائج ملموسة طويلة الأمد.

ثالثا:الملاكات التدريسية والوظيفية في الجامعة :تطوير العمليات المرتبطة بالموظفين يضمن رضاهم ونموهم، ويسهم في بناء ثقافة تنظيمية مستدامة تشجع الموظفين على اتخاذ القرار وتحمل المسؤولية. يُعد التقييم الذاتي لأعضاء هيئة التدريس استراتيجية مهمة أخرى فيما يتعلق بجودة التعليم في الجامعات (Olmos,2020,3) ويُعد هذا النهج في التقييم الذاتي أيضًا آلية مهمة لنشر ثقافة تطوير الجودة المستدامة بين موظفي الجامعات ,تُظهر دراسة (Md Mirajur,etal., 2025: 1) أن استقطاب وحفظ الكفاءات التعليمية (التدريسية والوظيفية) يعد أساسياً في الإصلاح التعليمي الجامعي وتحقيق الجودة المستدامة.وبحسب (Sawaneh & Kamara, 2019: 41)ان التركيز على استراتيجيات ك(حزم رواتب

تنافسية،فرص التقدم الوظيفي ،الدعم التنظيمي ،ادارة فعالة ، ظروف العمل المادية والمعنوية) تؤدي على ايجاد بيئة عمل داعمة ومرضية تلبي احتياجات التدريسيين والموظفين المالية والشخصية.

وقد حدد (Schein1990) ثمانية مجالات رئيسية من الخبرة العملية التي تحفّز التطور المهني وتشكل مرتكزات مهنية.(Dehtjare& Uzule, 2023: 6)

- القدرات التقنية والوظيفية للموظفين، أو مستوى خبراتهم المهنية.
- المهارات الإدارية العامة، بما يشمل القدرة على إدارة وقيادة الآخرين.
- الاستقلالية والحرية في مكان العمل، بحيث يمتلك الموظف قدرًا من الحرية لاتخاذ قراراته وتنظيم وتيرة عمله.
- الأمان والاستقرار الوظيفي، كالتوظيف الدائم، والرواتب المنتظمة، وقلة المخاطر، وانخفاض مصادر التوتر.
- الإبداع الريادي، أي قدرة الأفراد على تأسيس مشاريع والعمل في بيئة ديناميكية مليئة بالتحفيزات الجديدة.
- الالتزام بالخدمة ، أي التزام الموظف برسالة المؤسسة.
- التحدي الصرف، عندما يرغب الموظف بالعمل في بيئة مليئة بالتحديات.
- أسلوب الحياة، أي رغبة الموظف في تحقيق توازن بين العمل والحياة الشخصية.

وبما أن التطور المهني هو عملية ديناميكية (Lambert,etal.,2020,5)، فقد تختلف مرتكزات المهنة وفقًا لتطلعات الموظف والتدريسي في الماضي والحاضر والمستقبل.

مما تقدم يمكن ان نقول ان الكوادر التدريسية والوظيفية في الجامعة تمثل جميع الموظفين الذين تسعى المؤسسة لتطوير خبراتهم المهنية والتقنية، ودعم رضاهم واستقلاليتهم، وتعزيز مشاركتهم في صنع القرار، بما يضمن جودة التعليم ونشر ثقافة الاستدامة التنظيمية.

رابعا: البنية التحتية في الجامعة:

تعد الأنشطة البيئية المستدامة جزءًا من كفاءة البنية التحتية، كما في المباني الخضراء، التنوع البيولوجي، والحرم الجامعي البيئي (Salvioni, et al., 2017)، وتوفر فرصًا للطلاب للمشاركة في ممارسات الاستدامة. تُعرف البنية التحتية التعليمية المستدامة بأنها التصميم المعماري الذي يلبي احتياجات المستخدمين الحاليين دون المساس بقدرة الأجيال القادمة، بما يشمل البنية التحتية الرقمية والشاملة لذوي الاحتياجات (Akadiri, et al., 2012:126). وقد حدد (Arbulu, et al., 2022:269) عوامل جودة التصميم مثل السلامة، سهولة الوصول، الوظائف، كفاءة الطاقة، المرونة التقنية، والاستدامة، حيث غيابها يؤدي إلى التفاوت الاجتماعي ومشاكل السلامة. ومن منظور (Mujtaba & Mubarik, 2022:4)،يمكن إدماج الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية (ESG) في الأطر الأكاديمية يعزز تطوير خريجين ذوي مهارات تقنية وفهم عالمي، ويعزز السلوكيات المستدامة. كما ان توفر منصات التعليم الرقمي وتحليلات البيانات الموسعة أدوات اتخاذ قرار متقدمة للطلبة والإداريين والتدريسيين، يمكّن الطلاب من تجاوز دورهم كمستهلكين للمعرفة (Hwang & Chang, 2023; Cavanaugh et al., 2023).

برز مفهوم الحرم الجامعي الأخضر الذكي كقوة محورية تجمع بين الاستدامة والتكنولوجيا لتعزيز المسؤولية البيئية وتحسين البيئة التعليمية، عبر تحسين كفاءة الطاقة، تقليل النفايات، النقل المستدام، وإدارة الموارد بتقنيات متقدمة، مما يزيد الإنتاجية وجودة التعليم ويعزز التفاعل المجتمعي (Al-Dmour, 2023:3). كما تؤثر على صورة الجامعة عوامل مثل القدرات التعاونية، المهارات التسويقية، البنية التحتية، الموارد، الابتكارات التكنولوجية، رفاهية الطلبة، إدارة الطاقة، بنية تكنولوجيا المعلومات، النقل، والتفاعل الاجتماعي (Ramdana et al., 2021:2)، كما تؤثر خصائص الحرم مثل الموقع والمرافق والجاذبية العامة على تصورات الطلبة (Wilkins & Huisman, 2015:1256). وتُسهم عناصر الحرم الذكي الأخضر وخدمات الطلبة الفعّالة في تعزيز تجربة الحياة الجامعية وصورة الجامعة (Alhaza et al., 2021:312).

مما تقدم يرى الباحثان ان البنية التحتية في الجامعة هي جميع المنشآت الرقمية والمادية المصممة لتلبية احتياجات المستخدمين الحاليين مع ضمان الاستدامة للأجيال القادمة، مع تعزيز الكفاءة البيئية، السلامة، الوصولية، ودعم التعلم والتفاعل المجتمعي عبر تقنيات الحرم الجامعي الأخضر الذكي.

خامسا: العمليات :

يجب على الجامعة قياس تأثير العمليات على الجودة والسلامة والعوامل البيئية عبر تحليل أصحاب المصلحة وجمع البيانات (Medine, et al., 2020:34)، بما يساهم في ايجاد بيئة داعمة للبحث متعدد التخصصات، مثل المختبرات ومراكز الطاقة، مع استدامة استخدام البنية التحتية البحثية (Medine, et al., 2020:35).

تشمل العمليات التشغيلية إدارة الطاقة، النفايات، المياه، والمشتريات، وتعد من أركان تكامل الاستدامة وجودة المؤسسة (Oliveira & Proença, 2025:2). واقترح (Lozano et al, 2015:1) نظامًا مكونًا من سبعة عناصر لتعزيز الاستدامة:

-الإطار المؤسسي، العمليات الجامعية، التجارب الجامعية، المشاركة المجتمعية، التقييم والتقارير، البحث العلمي، والتعليم.

-الإطار المؤسسي: تطوير سياسات استدامة، إشراك أصحاب المصلحة، وتشكيل فرق عمل لضمان الالتزام طويل الأمد.

-العمليات الجامعية: إدارة الموارد، تقليل الانبعاثات، التحول للطاقة المتجددة، التخطيط للتكيف المناخي، وتعزيز التنوع والوصول العادل.

-التجارب الجامعية: إشراك الطلبة والعاملين في أنشطة جماعية ومبادرات مجتمعية، مع التركيز على الصحة النفسية والرفاه.

-المشاركة المجتمعية والتعاون: شراكات مع جامعات، منظمات غير حكومية، القطاع الخاص والحكومات لتبادل الخبرات ومواجهة التحديات الواقعية.

-التقييم والتقارير: تقييم بيئي، تقارير شفافة، تصنيفات الاستدامة، التحول الرقمي واتخاذ القرارات المبنية على البيانات.

-البحث العلمي: إنشاء مراكز أبحاث، تشجيع الدراسات المبتكرة والتداخلية، ومشاركة الطلبة.

-التعليم: دمج الاستدامة في المناهج والبرامج، دورات متعددة التخصصات، تدريب الكوادر، وطرائق تعليمية مبتكرة (Lozano et al., 2015:1).

كما تؤكد دراسة (Ülker, 2023:1) على أهمية تطوير عمليات تعليمية وإدارية ذكية (4.0) ضمن الجامعات باستخدام نهج (TQM)، لضبط وتحسين العمليات وضمان الجودة المستدامة عبر الأتمتة والرقمنة.

وينظر الباحثان الى ان العمليات في الجامعة بأنها جميع الأنشطة التشغيلية والتعليمية والبحثية والإدارية المصممة لإدارة الموارد بكفاءة، وتقليل الأثر البيئي، وتعزيز الاستدامة والجودة عبر إشراك أصحاب المصلحة، الرقمنة، والأتمتة، مع دعم التجارب الجامعية والمشاركة المجتمعية.

المبحث الثالث: الجانب الميداني :

اولا : وصف وتشخيص متغيرات البحث :

أ – وصف وتشخيص مرتكزات التصنيع الذكي :

1 – وصف وتشخيص مرتكز تقنيات التصنيع والعمليات : ان متوسط العام لهذا البعد كان(77.81%) من المبحوثين و هي نسبة مرتفعة و التي تفسر أن تقنيات التصنيع والعمنليات متوفرة في الكلية المبحوثة. ويؤكد ذلك معدل الوسط الحسابي البالغ(3.8651) والانحراف المعياري (1.23476).

2 – وصف وتشخيص مرتكز المواد : ان متوسط العام لهذا البعد كان(79.44%) من المبحوثين و هي نسبة مرتفعة والتي تفسر أن مرتكز المواد متوفرة في الكلية المبحوثة. ويؤكد ذلك معدل الوسط الحسابي البالغ(3.7658) والانحراف المعياري (1.154678).

3– وصف وتشخيص مرتكز البيانات : ان متوسط العام لهذا البعد كان(69.52%) من المبحوثين وهي نسبة مناسبة الى حد ما التي تفسر أن مرتكز البيانات متوفرة في الكليةالمبحوثة. ويؤكد ذلك معدل الوسط الحسابي البالغ(3.3456) والانحراف المعياري (1.23145).

4 – وصف وتشخيص مرتكز الهندسة التنبؤية: ان متوسط العام لهذا البعد كان(68.89%) من المبحوثين وهي نسبة مناسبة الى حد ما التي تفسر أن مرتكز الهندسة التنبؤية متوفرة في الكلية المبحوثة. ويؤكد ذلك معدل الوسط الحسابي البالغ(3.6578) والانحراف المعياري (1.43678).

5– وصف وتشخيص مرتكز الاستدامة : ان متوسط العام لهذا البعد كان(75%) من المبحوثين وهي نسبة مناسبة الى حد ما التي تفسر أن مرتكز الهندسة التنبؤية متوفرة في الكلية المبحوثة. ويؤكد ذلك معدل الوسط الحسابي البالغ(3.35635) والانحراف المعياري (1.34658).

الجدول (2) وصف وتشخيص مرتكزات التصنيع الذكي على مستوى الكلية المبحوثة

الابعاد الرئيسية	الابعاد الفرعية	اتفق بشدة	اتفق	محايد	لااتفق	لااتفق بشدة	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري
مرتكزات التصنيع	تقنيات التصنيع والعمليات	44.38	33.43	7.48	7.31	7.4	.38651	.123476
		77.81			14.71			
	مرتكز المواد	42.01	37.43	11.48	4.3	4.78	.37658	1.154678
		79.44			9.08			
	مرتكز البيانات	38.28	31.24		8.88	5.83	.33456	.123145

الذكي		69.52		15.77	14.71		
	مرتكز الهندسة التنبؤية	36.86	32.03		10.60	8.81	
		68.89		11.7	19.41		.36578
	مرتكز الاستدامة	40.45	34.55	12.3	9.65	3.05	
		75			12.7		3.45635

المصدر: إعداد الباحثان اعتمادا على نتائج التحليل الإحصائي في برنامج (SPSS)

استنادا على ما تقدم تبين ان جميع مرتكزات التصنيع الذكي متوفرة في الكلية المبحوثة وان المرتكز الاكثر توافرا هي مرتكز المواد ثم مرتكز تقنيات التصنيع والعمليات ثم مرتكز الاستدامة ثم مرتكز البيانات واخيرا مرتكز الهندسة التنبؤية .

ب– وصف وتشخيص ابعاد الجودة المستدامة :

1 – وصف وتشخيص بعد القيادة الجامعية : ان متوسط العام لهذا البعد كان(73.82%) من المبحوثين و هي نسبة مرتفعة و التي تفسر أن بعد القيادة الجامعية متوفرة في الكلية المبحوثة. ويؤكد ذلك معدل الوسط الحسابي البالغ(3.5671) والانحراف المعياري (1.3456).

2 – وصف وتشخيص بعد الاستراتيجيات والسياسات : ان متوسط العام لهذا البعد كان(82.44%) من المبحوثين و هي نسبة مرتفعة والتي تفسر أن بعد الاستراتيجيات متوفرة في الكلية المبحوثة. ويؤكد ذلك معدل الوسط الحسابي البالغ(3.4357) والانحراف المعياري (1.43598).

3– وصف وتشخيص بعد الكوادر التدريسية والوظيفية في الجامعة: ان متوسط العام لهذا البعد كان(72.65%) من المبحوثين وهي نسبةمرتفعة والتي تفسر أن بعد الكوادر التدريسية والوظيفية متوفرة في الكليةالمبحوثة. ويؤكد ذلك معدل الوسط الحسابي البالغ(3.3467) والانحراف المعياري (1.43324).

4 – وصف وتشخيص بعد البنية التحتية للجامعة: ان متوسط العام لهذا البعد كان(71.88%) من المبحوثين وهي نسبة مرتفعة الى حد ما التي تفسر أن بعد البنية التحتية للجامعة متوفرة في الكلية المبحوثة. ويؤكد ذلك معدل الوسط الحسابي البالغ(3.6548) والانحراف المعياري (1.4436).

5– وصف وتشخيص بعد العمليات :

أ – العملية التعليمية ان متوسط العام لهذا البعد كان(69.1%) من المبحوثين وهي نسبة مناسبة الى حد ما التي تفسر أن بعد العملية التعليمية متوفرة في الكلية المبحوثة. ويؤكد ذلك معدل الوسط الحسابي البالغ(3.7623) والانحراف المعياري (1.13476).

ب– البحوث : ان متوسط العام لهذا البعد كان(66.89%) من المبحوثين وهي نسبة مناسبة الى حد ما التي تفسر أن بعد البحوث متوفرة في الكلية المبحوثة. ويؤكد ذلك معدل الوسط الحسابي البالغ(3.12876) والانحراف المعياري (1.54467).

ج – العملية الادارية : ان متوسط العام لهذا البعد كان(70.56%) من المبحوثين وهي نسبة مرتفعة الى حد ما التي تفسر أن بعد العملية الادارية متوفرة في الكلية المبحوثة. ويؤكد ذلك معدل الوسط الحسابي البالغ(3.43561) والانحراف المعياري (1.43167).

الجدول (3) وصف وتشخيص ابعاد الجودة المستدامة على مستوى الكلية المبحوثة

الابعاد الرئيسية	الابعاد الفرعية		اتفق بشدة	اتفق	محايد	لااتفق	لااتفق بشدة	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري
ابعاد الجودة المستدامة	بعد القيادة الجامعية		42.39	31.43	8.47	9.32	8.3	3.5671	1.3456
			73.82			14.71			
	بعدالاستراتيجيات والسياسات		52.11	30.33	8.28	4.28	5	3.4357	1.43598
			82.44			9.28			
	بعد الكوادر التدريسية والوظيفية في الجامعة		33.38	39.27	12.77	10.82	3.76	.33467	1.43324
			72.65			14.71			
	بعد البنية التحتية للجامعة		35.85	36.03	13.7	11.60	2.82	.36548	.14436
			71.88			14.42			
	بعد العمليات	بعد العملية التعليمية	30.55	38.55	14.3	8.65	7.95	3.7623	1.13476
			69.1			16.6			
		بعد البحوث	41.44	25.45	12.66	17.7	2.75	3.12876	1.54467
			66.89			20.45			
		بعد العملية الادارية	38.34	32.22	14.44	10.22	4.8	3.43561	1.43167
			70.56			15.02			

المصدر: إعداد الباحثان اعتمادا على نتائج التحليل الإحصائي في برنامج (SPSS)

استنادا على ما تقدم تبين ان هنالك جميع ابعاد جودة المستدامة في الكلية المبحوثة وان البعد الاكثر توافرا هي بعد الاستراتيجيات والسياسات ثم بعد الكوادر التدريسية والوظيفية ثم بعد البنية التحتية للبجامعة ثم بعد العمليات (بعد العملية الادارية اولا ثم بعد العملية التعليمية واخيرا بعد البحوث).

سادسا : اختبار انموذج البحث وتحليلها :

أ – تحليل علاقات الارتباط بين المتغيرات ابعاد الثقافة البيئية وابعاد التسويق الاخضر :

يتطلب تحليل انموذج البحث اختبار فرضياتها الرئيسة والفرعية على حسب ورودها في منهجية البحث، ويتناول هذا المحور اختبار الفرضية الرئيسة الاولى التي نصت على ان (هنالك علاقة ارتباط معنوية وموجبة بين مرتكزات التصنيع الذكي وابعاد الجودة البمستدامة في الكلية المبحوثة) والفرضيات الفرعية المنبثقة من هذه الفرضية .

من خلال الجدول رقم (4) يلاحظ ان هنالك علاقة ارتباط معنوية وموجبة بين مرتكزات التصنيع الذكي وابعاد الجودة المستدامة، اذ بلغت قيمة الارتباط (المؤشر الكلي) (0.760) ، وبذلك تحققت الفرضية الرئيسة الاولى، وبهدف اعطاء مؤشرات تفصيلية بين مرتكزات التصنيع الذكي (كل مرتكز) وابعاد الجودة المستدامة وفي ضوء الفرضيات الفرعية للفرضية الرئيسة الاولى فقد تم التحليل علاقات الارتباط بين مرتكزات التصنيع الذكي وبين ابعاد الجودة المستدامة .

الجدول رقم (4) يبين العلاقة بين مرتكزات التصنيع الذكي وابعاد الجودة المستدامة على مستوى الكلية المبحوثة

مرتكزات التصنيع الذكي	تقنيات التصنيع والعمليات	المواد	البيانات	الهندسة التنبؤية	الاستدامة	المؤشر الكلي
ابعاد الجودة المستدامة	0.730	0.792	0.660	0.643	0.693	0.760

* الجدول من اعداد الباحثان في ضوء نتائج الحاسوب الالكتروني

N =75 P≤ 0.01

لاختبار الفرضية الفرعية الاولى (هنالك علاقة ارتباط معنوية وموجبة بين مرتكز تقنيات التصنيع والعمليات وابعاد الجودة المستدامة من الفرضية الرئيسة الاولى) يشير الجدول رقم (4) الى الدرجة العلاقة هي (0.730) وهي علاقة معنوية وموجبة وبذلك تتحقق الفرضية الفرعية الاولى . ولاختبار الفرضية الفرعية الثانية (هنالك علاقة ارتباط معنوية وموجبة بين بعد المواد وابعاد الجودة المستدامة) من الفرضية الرئيسة الاولى يشير الجدول رقم (4) الى الدرجة العلاقة هي (0.792) وهي علاقة معنوية وموجبة وبذلك تحققت الفرضية الفرعية الثانية .و لاختبار الفرضية الفرعية الثالثة (هنالك علاقة ارتباط معنوية وموجبة بين مرتكز البيانات وابعاد الجودة المستدامة) من الفرضية الرئيسة الاولى يشير الجدول رقم (4) الى الدرجة العلاقة هي (0.660) وهي علاقة معنوية وموجبة وبذلك تحققت الفرضية الفرعية الثالثة .

و لاختبار الفرضية الفرعية الرابعة (هنالك علاقة ارتباط معنوية وموجبة بين مرتكزالهندسة التنبؤية وابعاد الجودة المستدامة) من الفرضية الرئيسة الاولى يشير الجدول رقم (4) الى الدرجة العلاقة هي (0.643) وهي علاقة معنوية وموجبة وبذلك تحققت الفرضية الفرعية الرابعة . و لاختبار الفرضية الفرعية الخامسة (هنالك علاقة ارتباط معنوية وموجبة بين مرتكز الاستدامة وابعاد الجودة المستدامة) من الفرضية الرئيسة الاولى يشير الجدول رقم (4) الى الدرجة العلاقة هي (0.693) وهي علاقة معنوية وموجبة وبذلك تحققت الفرضية الفرعية الخامسة.

ويلاحظ من الجدول اعلاه ان اعلى علاقة ارتباط معنوية وموجبة بين مرتكزات التصنيع الذكي وابعاد جودة المستدامة كانت عند مرتكز المواد ثم مرتكز تقنيات التصنيع والعمليات ثم مرتكز الاستدامة ثم مرتكز البيانات واخيرا مرتكز الهندسة التنبؤية .

ب – تحليل علاقات التأثير بين المتغيرات :

يتناول هذا المحور تحليل علاقات التأثير بين مرتكزات التصنيع الذكي وابعاد الجودة المستدامة ، وهذا ما نصت عليه الفرضية الرئيسة الثانية التي نصت على ان (هنالك تأثير معنوي لمرتكزات التصنيع الذكي في ابعاد الجودة المستدامة في الكلية المبحوثة) ولاختبار هذه الفرضية يستلزم تحديد اثر مرتكزات التصنيع الذكي في ابعاد الجودة المستدامة ، وعلى وفق الفرضيات الفرعية المنبثقة من الفرضية الرئيسة ، ومن ثم اختبار الفرضية الرئيسة الثانية والفرضيات المنبثقة منها على مستوى الكلية المبحوثة. والجدول رقم (5) يبين اثر مرتكزات التصنيع الذكي في ابعاد الجودة المستدامة باعتبار ان مرتكزات التصنيع الذكي متغيرا مستقلا وان ابعاد الجودة المستدامة متغيرا معتمدا (المؤشر الكلي) وفيما يلي توضيح ذلك :

الجدول رقم(5) يبين اثر مرتكزات التصنيع الذكي وابعاد الجودة المستدامة على مستوى الكلية المبحوثة (المؤشر الكلي)

المتغيرات المستقلة / المتغيرات المعتمدة	B_0	مرتكزات التصنيع الذكي B_1	R^2	F
ابعاد الجودة المستدامة	0.143 (0.870)	0.415 (12.784)	0.755	154.386

* الجدول من اعداد الباحثان في ضوء نتائج الحاسوب الالكتروني

$P \leq 0.01$ N =75 d.f = (73.1)

يشير الى قيم t المحسوبة : ( )

يبين من الجدول اعلاه الى أن مرتكزات التصنيع الذكي تؤثر معنويا على ابعاد الجودة المستدامة ، إذ بلغت قيمة (F) المحسوبة (154.386) وهي اكبر من قيمتها الجدولية عند درجتي حرية (73.1)، وبلغت قيمة(t) المحسوبة(12.784) وهي اكبر من قيمتها الجدولية. وهذا يدل على تحقيق الفرضية الرئيسة الثانية وبلغ معامل التحديد (R^2) (0.755) ، وهي نسبة مرتفعة وتدل على انه تم الاعتماد على اغلب مرتكزات التصنيع الذكي . وبهدف اعطاء مؤشرات تفصيلية عن المتغيرات الفرعية وللتحقق من الفرضيات الفرعية نتبع الاتي :

الجدول رقم (6) يبين اثر مرتكزات التصنيع الذكي (المؤشرات الفرعية) في ابعاد الجودة المستدامة على مستوى الكلية المبحوثة

المتغيرات المعتمدة / المتغيرات المستقلة	B_0	ابعاد الجودة المستدامة B_1	R^2	F
مرتكز تقنيات التصنيع والعمليات	0.875 (0.435)	6.043 (6.830)	0.691	154.342
مرتكز المواد	1.447 (0.832)	6.145 (9.653)	0.739	186.631
مرتكز البيانات	0.567 (0.903)	4.281 (5.378)	0.630	110.172
مرتكز الهندسة التنبؤية	0.570 0.718	4.161 (5.222)	0.795	98.722
مرتكز الاستدامة	0.790 (0.646)	6.003 (5.437)	0.578	112.324

* الجدول من اعداد الباحثان في ضوء نتائج الحاسوب الالكتروني

N = 75 d .f = (73.1) P*≤ 0.01

يشير الى قيم t المحسوبة : ( )

يبين من الجدول اعلاه الى أن مرتكز تقنيات التصنيع والعمليات تؤثر معنويا على ابعاد الجودة المستدامة ، إذ بلغت قيمة (F) المحسوبة **(154.342)** وهي تحت مستوى (0.01) عند درجتي حرية (73.1) وهي اكبر من قيمتها الجدولية ، وبلغت قيمة(t) المحسوبة**(6.830)** وهي اكبر من قيمتها الجدولية . وهذا يدل على تحقيق الفرضية الفرعية الاولى من الفرضية الرئيسة الثانية وبلغ معامل التحديد (R^2) **(0.691)** وهي نسبة مناسبة الى حد ما وتدل على انه يتم الاعتماد على عدد من مرتكزات تقنيات التصنيع والعمليات . ويبين من الجدول اعلاه الى أن مرتكز المواد تؤثر معنويا على ابعاد الجودة المستدامة ، إذ بلغت قيمة (F) المحسوبة **(186.631)** وهي اكبر من قيمتها الجدولية عند درجتي حرية (73.1) وبلغت قيمة(t) المحسوبة**(9.653)** وهي اكبر من قيمتها الجدولية. وبلغ معامل التحديد (R^2) **(0.739)** ، وهذا يدل على تحقيق الفرضية الفرعية الثانية من الفرضية الرئيسة الثانية .

يبين من الجدول اعلاه الى أن مرتكز البيانات تؤثر معنويا على ابعاد الجودة المستدامة ، إذ بلغت قيمة (F) المحسوبة **(110.172)** وهي تحت مستوى (0.01) عند درجتي حرية (73.1) وهي اكبر من قيمتها الجدولية ، وبلغت قيمة(t) المحسوبة**(5.378)** وهي اكبر من قيمتها الجدولية . وهذا يدل على تحقيق الفرضية الفرعية الثالثة من الفرضية الرئيسة الثانية وبلغ معامل التحديد (R^2) **(0.630)** وهي نسبة مناسبة الى حد ما وتدل على انه يتم الاعتماد على عدد من مرتكزات البيانات . ويبين من الجدول اعلاه الى أن مرتكز الهندسة التنبؤية تؤثر معنويا على ابعاد الجودة المستدامة ، إذ بلغت قيمة (F) المحسوبة **(98.722)** وهي اكبر من قيمتها الجدولية عند درجتي حرية (73.1) وبلغت قيمة(t) المحسوبة**(5.222)** وهي اكبر من قيمتها الجدولية. وبلغ معامل التحديد (R^2) **(0.795)** ، وهذا يدل على تحقيق الفرضية الفرعية الرابعة من الفرضية الرئيسة الثانية .

ويبين من الجدول اعلاه الى أن مرتكز الاستدامة تؤثر معنويا على ابعاد الجودة المستدامة ، إذ بلغت قيمة (F) المحسوبة **(112.324)** وهي اكبر من قيمتها الجدولية عند درجتي حرية (73.1) وبلغت قيمة(t)

المحسوبة(**5.437**) وهي اكبر من قيمتها الجدولية. وبلغ معامل التحديد (R^2) (**0.578**) ، وهذا يدل على تحقيق الفرضية الفرعية الخامسة من الفرضية الرئيسة الثانية .

ومن متابعة نتائج تحليل الانحدار يتبين ان مرتكز المواد المرتكز الاكثر تأثيرا من مرتكزات التصنيع الذكي ثم مرتكز تقنيات التصنيع والعمليات ثم مرتكز الاستدامة ثم مرتكز البيانات واخيرا مرتكز الهندسة التنبؤية .

المبحث الرابع : الاستنتاجات والتوصيات :

أولًا: الاستنتاجات

توصل البحث إلى مجموعة من النتائج المهمة التي تسلط الضوء على واقع تطبيق مرتكزات التصنيع الذكي ودورها في تعزيز أبعاد الجودة المستدامة في التعليم الجامعي في الجامعة المبحوثة، ويمكن تلخيصها فيما يأتي:

1. فيما يخص مرتكزات التصنيع والعمليات:

أظهرت النتائج توفر أغلب التقنيات الخاصة بالتصنيع والعمليات داخل الجامعة، إلا أن نظم الإنتاج المؤتمتة لا تزال محدودة، مما يقلل من كفاءة إنجاز العمليات التعليمية. كما تبين وجود تكامل نسبي بين العمليات المختلفة بما يسهم في تحسين جودة الخدمة التعليمية.

2. فيما يتعلق بمرتكز المواد:

يتبين أن الجامعة تستخدم مواد مستدامة وصديقة للبيئة في مختبراتها وورشها التقنية، غير أن مستوى الاعتماد على المواد المبتكرة – كالمواد النانوية والذكية – لا يزال دون المستوى المطلوب، مما يحد من التوجه نحو الابتكار البيئي والتقني في التعليم.

3. فيما يتعلق بمرتكز البيانات:

أظهرت النتائج وجود بنية أولية لتبادل البيانات والمعلومات بين العاملين في الجامعة عبر الشبكات الإلكترونية، إلا أن تكامل إدارة البيانات واستخدامها في المجالات الأكاديمية والتقنية ما زال محدودًا، خاصة فيما يتعلق بتضمين مفاهيم البيانات الضخمة (Big Data) ضمن المناهج التعليمية والتطبيقات البحثية.

4. فيما يخص مرتكز الهندسة التنبؤية:

بيّنت النتائج أن هذا المرتكز يمثل أحد اقل المجالات تأثيرًا في تعزيز الجودة المستدامة، حيث تستخدم الجامعة تقنيات التوأم الرقمي (Digital Twin) لمحاكاة العمليات التعليمية وتحليلها، غير أن تطبيق بقية أدوات الهندسة التنبؤية لا يزال في مراحله الأولية.

5. فيما يخص مرتكز الاستدامة:

أظهرت الدراسة ضعف تكامل مرتكزات الاستدامة في العمليات الإدارية والتعليمية، مما يشير إلى الحاجة إلى ترسيخ ثقافة الاستدامة في جميع أنشطة الجامعة الأكاديمية والخدمية.

6. فيما يتعلق بالقيادة الجامعية:

تبين أن القيادة الأكاديمية تمارس مستويات جيدة من التواصل مع المستفيدين من خدمات الجامعة التعليمية والبحثية، إلا أن هناك ضعفًا في تصميم الهيكل التنظيمي بما ينسجم مع الاستراتيجيات الجامعية، كما أن ثقافة الاعتراف العلني بإنجازات العاملين لا تزال محدودة.

7. فيما يتعلق بالاستراتيجيات والسياسات:

أظهرت النتائج أن الجامعة تراعي مبادئ الجودة في خططها الاستراتيجية، إلا أن إشراك جميع المستويات الإدارية والأكاديمية في إعداد الخطط لا يتم بصورة شاملة ومنهجية.

8. فيما يخص الكوادر التدريسية والوظيفية:

تتميز الجامعة باهتمامها ببيئة العمل للمدرسين والموظفين، غير أن قنوات تبادل المعرفة بين الكوادر التدريسية والوظيفية بحاجة إلى تطوير لتبادل الخبرات وتعزيز الممارسات التعليمية والإدارية المثلى.

9. فيما يتعلق بالبنية التحتية:

تفتقر الجامعة إلى مراكز بحثية واستشارية كافية، الأمر الذي ينعكس على مستوى دعم الأنشطة العلمية وتطوير البحث التطبيقي.

10. فيما يتعلق بالعملية التعليمية:

أوضحت النتائج أن العملية التعليمية بحاجة إلى تطوير شامل من حيث المناهج، والوسائل التقنية، وآليات التقييم، لضمان توافقها مع متطلبات التصنيع الذكي والجودة المستدامة.

11. فيما يتعلق بالبحث العلمي:

تُظهر الجامعة نشاطًا بحثيًا ملحوظًا يسهم في تلبية احتياجات الطلبة، إلا أن نتائج البحوث لا تُستثمر بشكل كافٍ في تطوير البرامج التعليمية والمناهج.

12. فيما يتعلق بالعمليات الإدارية:

تعمل إدارة الجامعة على توثيق الإجراءات الإدارية بشكل منتظم، إلا أن هناك حاجة لتحديثها بما يواكب التطورات في الخدمات المقدمة لأصحاب المصلحة، وبما يعزز كفاءة الأداء الإداري.

13. في ضوء التحليل الإحصائي للعلاقات بين المتغيرات:

أثبتت الدراسة وجود علاقات ارتباط معنوية وموجبة بين مرتكزات التصنيع الذكي وأبعاد الجودة المستدامة في التعليم الجامعي، حيث كان مرتكز الهندسة الموادالأعلى ارتباطًا وتأثيرًا، تليه مرتكزاتتقنيات التصنيع والعمليات، والاستدامة، والبيانات ، واخيرا الهندسة التنبؤية على التوالي.

ثانيًا: التوصيات

استنادًا إلى ما سبق من استنتاجات، يوصي البحث بما يلي:

1. توسيع نطاق التحول الرقمي من خلال اعتماد نظم إنتاج مؤتمتة تسهم في تحسين كفاءة الأداء الأكاديمي والإداري.
2. تعزيز استخدام المواد الذكية والمستدامة في المختبرات والتجارب التطبيقية لتحقيق التوازن بين الابتكار والكفاءة البيئية.
3. تطوير برامج تعليمية وتدريبية حول تحليل البيانات الضخمة (Big Data) لرفع مهارات الطلبة في مجال التصنيع الذكي.
4. توسيع تطبيقات الهندسة التنبؤية داخل الجامعة لتشمل تحليل الأداء، ومحاكاة العمليات الأكاديمية، واتخاذ القرارات التفاعلية.
5. ترسيخ ثقافة الاستدامة المؤسسية من خلال دمج مبادئها في السياسات والاستراتيجيات التعليمية والإدارية.

6. إعادة تصميم الهيكل التنظيمي بما يتوافق مع متطلبات التصنيع الذكي، مع تعزيز ثقافة الاعتراف بالإنجازات الفردية والجماعية.

7. إشراك جميع المستويات الأكاديمية والإدارية في إعداد وتنفيذ الخطط الاستراتيجية لضمان الشمولية والفاعلية.

8. تعزيز قنوات تبادل المعرفة بين أعضاء الهيئة التدريسية والموظفين لتبادل الخبرات والممارسات الناجحة.

9. تطوير البنية التحتية البحثية بإنشاء مراكز متخصصة للبحوث والاستشارات التقنية تدعم الابتكار والتعليم المستدام.

10. تحديث العملية التعليمية من خلال إدماج التقنيات الذكية وأدوات المحاكاة في التدريس والتقييم.

11. استثمار نتائج البحوث العلمية في تطوير المناهج والبرامج الأكاديمية بصورة مستمرة.

12. تطوير الإجراءات الإدارية لضمان التحسين المستمر في الخدمات المقدمة للمستفيدين وتعزيز الشفافية والجودة المؤسسية.

References

1. Adipat, S& ,.Chotikapanich, R (2024),Advancing. higher education with the transition to smart universities: A focus on technology. Shanlax International Journal of Education, 12(3), , 29-36. DOI: doi.org/10.34293/education.v12i3.7635

2. Agenyi, E. (2012). Essentials of education management. Ambik Press. Ltd.

3. Akadiri, P. O., Chinyio, E. A., & Olomolaiye, P. O. (2012). Design of a sustainable building: A conceptual framework for implementing sustainability in the building sector. Buildings, 2(2), 126–152. https://doi.org/10.3390/buildings2020126

4. Al-Dmour, H. (2023). Green-Smart University Campuses: The Mediating Role of Student Engagement in Enhancing Corporate Image. SAGE Open. https://doi.org/10.1177/21582440231219591

5. Alhaza, A. I., Alfaresi, F., & Alkhazraji, M. (2021). The impact of campus sustainability on students' behavior: A case study of UAE universities. Journal of Cleaner Production, 312, 127729. From Green-Smart University Campuses: The Mediating Role of Student Engagement in Enhancing Corporate Image https://DOI:10.1177/21582440231219591

6. Almeqati, S. M. (2025). Leading Innovation Using Artificial Intelligence in Higher Education Institutions: A Systematic Review to Analyze Strategies and Challenges. Journal of Engineering Sciences and Information Technology, 9(1), 18–27. https://doi.org/10.26389/AJSRP.Q281124

7. Amit, J., Lopes, I. R., Marquez, M., & Rahman, M. F. (2022). Smart Manufacturing for Underserved Workforce Development. AAEE 2022 Annual Conference Excellence Through Diversity, Minneapolis, Minnesota, June 26–29, 2022. https://peer.asee.org/collections/131

8. Andrew, K. (2022). Predictive models in digital manufacturing: Research, applications, and future outlook. International Journal of Production Research. https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2122620

9. Arbulu, M., Oregi, X., Etxepare, L., & Hernández-Minguillon, R. J. (2022). Barriers and challenges of the assessment framework of the Commission Recommendation (EU) 2019/786 on building renovation by European RTD projects. Energy and Buildings, 269, 112267. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112267

10. Ashley, C. Y., Peters, C., & Harris, G. A. (2023). SMART MANUFACTURING ADOPTION STUDY 2023. Interdisciplinary Center for Advanced Manufacturing Systems, ICAMS Smart Manufacturing Adoption Study. https://www.researchgate.net/publication/362263069_Technical_Report_22

01_Smart_Manufacturing_Adoption_Study_2022_Interdisciplinary_Center_for_Advanced_Manufacturing_Systems
11. Bahja, M., Amin Kuhail, M., & Hammad, R. (2021). Embracing technological change in higher education. In L. Waller & S. Waller (Eds.), Higher Education - New Approaches to Accreditation, Digitalization, and Globalization in the Age of COVID. Intech Open. https://doi.org/10.5772/intechopen.100431
12. Berchin, I. I. (2021). How do higher education institutions promote sustainable development? A literature review. Sustainable Development, 29(6), 1204–1222. https://doi.org/10.1002/sd.2219
13. Brandon, P. &February,2022, smart-manufacturing-how-universities-are-meeting-the-moment (https://www.govtech.com/education/higher-ed/).
14. Bulmer, E., Riera, M., & Rodríguez, R. (2021). The importance of sustainable leadership amongst female managers in the Spanish logistics industry: A cultural, ethical and legal perspective. Sustainability, 13(12), 6841. https://doi.org/10.3390/su13126841
15. Çalık, T. (2003). Strategical planning in education and the qualitative evaluation of the schools as regards to strategical planning. Kast. J. Educ., 11, 251–258. https://doi.org/10.9734/ajess/2023/v45i1976
16. Cavanaugh, G., Condry, H. M., Afable, C. F., Morris, M., De, S., Madison, H. E., Marshall, J., Victor, C. P., & Weiner, M. (2023). Immersive learning and participatory engagement: Connecting in the online classroom through virtual reality. International Journal of Distance Education Technologies, 21(1). https://doi.org/10.4018/IJDET.317364
17. Chaudhuri, A., & Jayaram, J. (2018). A socio-technical view of performance impact of integrated quality and sustainability strategies. International Journal of Production Research, 57(5). // https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1492162
18. Closs, D., Speier, C., & Meacham, N. (2011). Sustainability to support end-to-end value chains: The role of supply chain management. Journal of the Academy of Marketing Science, 39(1), 101-116. https://doi.org/10.1007/s11747-010-0207-4
19. Darun, M., Palm, D., Athinarayanan, R., Hummel, V., & von Leipzig, K. (2019). The Learning Factory—A new stimulus to enhance international collaboration. Procedia Manuf., 31, 290–295. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.03.046
20. Dehtjare, J., & Uzule, K. (2023). Sustainable Higher Education Management: Career Drivers of Academic Staff. Journal of Teacher Education for Sustainability, 25(2), 89–105. https://doi.org/10.2478/jtes-2023-0018
21. E.V. Frolova, O.V. Rogach, T.M. Ryabova (2020). Digitalization of education in modern scientific discourse: New trends and risks analysis. European Journal of ContemporaryEducation,9(2),313-336.\[Online]. https://doi.org/10.13187/ejced.2020.2.331
22. Ivan Chekanov& S.I. Neizvestny,2019, Experience in the organization of the scientific club of the department of information technologies of Russian State Social University. Future technologies of digital …, 2019. \[Online]. Available: https://eli-brary.ru/item.asp?id=38554007 https://doi.org/10.17922/2412-5466-2019-1-52-58
23- Fenwick Tara, Edwards Richard,2016 , Exploring the impact of digital technologies on professional responsibilities and education, European Educational Research Journal 2016, Vol. 15(1) 117–131, https://DOI:10.1177/1474904115608387 , eerj.sagepub.com
24. Foguem, B., Kamsu, A. T., Keleko, R. H. N., & Tongne, A. (2022). Artificial intelligence and real-time predictive maintenance in industry 4.0: A bibliometric analysis review. Volume 2, 553–577. https://doi.org/10.1007/s43681-021-001326
25. Helal, M. S. A., & Mohammed, S. S. M. (2021). Developing the leadership practices of general secondary school principals in Egypt in the light of sustainable leadership. Journal of the Faculty of Education, 45(3), 361–502. https://doi.org/10.21608/jfees.2021.206798
26. Huang, D. Z. X. (2022). Environmental, social and governance factors and assessing firm value: Valuation, signalling and stakeholder perspectives. Accounting andFinance,62(S1).[https://doi.org/10.1111/acfi.12849
27. Ivanov, D. (2022). The I5.0 framework: Viability-based integration of the resilience, sustainability, and human-centricity perspectives. International Journal of Production Research,1–13. https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2118892
28. Javed, Y., & Alenezi, M. (2023). A case study on sustainable quality assurance in highereducation.Sustainability,15,8136.https://doi.org/10.3390/su15108136
29. J. Rosak-Szyrocka (2025). Engineering the future of higher education: A Vosviewer analysis of smart university trends in the digitalization and Industry 5.0 era. Management Systems in Production Engineering, 33(1). https://doi.org/10.2478/mspe-2025-0002
30. J. Rosak-Szyrocka, & S. Tiwari (2023). Structural equation modeling (SEM) to test sustainable development in University 4.0 in the ultra-smart society era. Sustainability, 15(23), 16167. doi.org/10.3390/su152316167
31. Jing, Z., Turi, J. A., Lu, S., & Rosak-Szyrocka, J. (2023). Sustainability through factory-based learning in higher education. Sustainability, 15, 5376. https://doi.org/10.3390/su15065376
32. Joanna Rosak-Szyrocka (2024). The era of digitalization in education: Where do universities 4.0 go? Management Systems in Production Engineering, 32(1), 54–66. https://doi.org/10.2478/mspe-2024-0006

33. Kamal, K. K., Jindal, S., Vyas, A. K., & Chatterjee, P. (2025). Smart materials and applications. Apple Academic Press. https://doi.org/10.1201/9781779643346
34. Krisnawati, D., Mei, R., & Pus, A. (2019). Development strategy of study programs in higher education to respond the fourth industrial revolution: SWOT analysis. Rjoas, 1(85), 53-61. https://doi.org/10.18551/rjoas.2019-01.06
35. Kusiak, A. (2019).Fundamentals of smart manufacturing: A multi-thread perspective. Annual Reviews in Control,47, 214–220. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144466
36. Lana, C. d. O., Ualison, R. d. O., & Vicente, A. (2025). Integrating sustainability into quality assessment for higher education institutions. Journal of Cleaner Production, 486, 144466. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144466
37. Lambert, S. A., Herbert, I. P., & Rothwell, A. T. (2020). Rethinking the career anchors inventory framework with insights from a finance transformation field study. The British AccountingReview,52,100862. [https://doi.org/10.1016/j.bar.2019.100862
38. Lozano, R., Ceulemans, K., Alonso-Almeida, M., Huisingh, D., Lozano, F. J., Waas, T., Lambrechts, W., Lukman, R., & Hugé, J. (2015). A review of commitment and implementation of sustainable development in higher education: Results from a worldwide survey. Journal of Cleaner Production, 108, 1–18. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.048
39. Lu, X., Yang, Y., & Huang, J. (2024). Textual analysis of relevant policies in the field of children's medication in China based on the perspective of policy tools. Med. Her. 1. https://doi.org/10.3870/j.issn.1004-0781.2025.06.029
40. Manokore, K., Tlou, F., Mkwelie, N., Phuthi, N., & Shava, G. (2022). Quality higher education for sustainable development: The transition towards achieving Agenda 2030 global goals. International Journal of Latest Research in Humanities and Social Science, 5(2). file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/QualityHigherEducation_Agenda2030.pdf
41. Marcela, H.-d.-M., Carlos, A. E. D., & Ruben, M.-M. (2020). Engineering education for smart 4.0 technology: A review. International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM), 14, 789–803. https://doi.org/10.1007/s12008-020-00672-x
42. Md, M. R. S., Tebatso, N., Meiqi, F., & Muhammad, A. (2025). A systematic literature review on the importance of teacher recruitment and retention in global educational reform. Front. Educ., 9, 1447752. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1447752
43. Medine, A., Lapina, I., & Zeps, A. (2020). Sustainability of a university's quality system: Adaptation of the EFQM excellence model. International Journal of Quality and Service Sciences, 12(1), 29–43. https://doi.org/10.1108/IJQSS-09-2019-010
44. Memduhoğlu, H. B., & Uçar, I. H. (2012). Developing the strategic planning perception scale and the strategic planning application assessment scale in school. Educ. Adm. Theory Pract.,18,545–574. https://dergipark.org.tr/en/pub/kuey/article/126575
45. Mittai, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2019). Smart manufacturing: Characteristics, technologies and enabling factors. Proc IMechE Part B: J Engineering Manufacture, 233(5), 1342–1361. https://doi.org/10.1177/0954405417736547
46. Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2019). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). Journal of Manufacturing Systems, 49, 194–214. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005
47. Mohamed, A. M. H., Issam, T., Rachel, M.-J., Robin, M., & Vera, N. (2024). Higher education via the lens of Industry 5.0: Strategy and perspective. Social Sciences & Humanities Open, 9, 100828. https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.100828
48. Mujtaba, M., & Mubarik, M. S. (2022). Talent management and organizational sustainability: Role of sustainable behaviour. International Journal of Organizational Analysis, 30(2). https://doi.org/10.1108/IJOA-06-2020-2253
49. Namjoshi, J., & Rawat, M. (2022). Role of smart manufacturing in industry 4.0. Materials Today: Proceedings, 63, 475–478. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.620
50. Owenvbiugie, R. O. & Edokpolor, J. E., & (2017). Technical and Vocational Education and Training Skills: An Antidote for Job Creation and Sustainable Development of Nigerian Economy. Problems of Education in the 21st Century, 75(6), 535–549. https://DOI:10.33225/pec/17.75.535
51. Ozsen, T., Uslu, B., & Aypay, A. (2022). Strategy adaptation for sustainable quality management in universities: A systematic literature review. Tertiary Education and Management. https://doi.org/10.1007/s11233-022-09098-4
52. Oliveira, M. C., & Proença, J. (2025). Sustainable campus operations in higher education institutions: A systematic literature review. Sustainability, 17, 607. https://doi.org/10.3390/su17020607
53. Papanthymou, A., & Darra, M. (2017). Quality management in higher education: Review and perspectives. Higher Education Studies, 7, 132–147. https://doi:10.5539/hes.v7n3p132

54. Parusheva, S., Bobek, S., & Sternad Zabukovšek, S. (2023). Sustainable higher education: From e-learning to smart education. Sustainability, 15, 10378. https://doi.org/10.3390/su151310378
55. Q. Aini (2020). Digitalization of smart student assessment quality in era 4.0. IJATCSE, 9(1.2), 257–265. https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/3891.22020]
56. Ramdana, M., Che-Ani, A. I., Mokhtar, M. A., & Salleh, E. (2021). The influence of green building design factors on university campus sustainability: A review. Buildings, 11(1), 1–26. From Hani Al-Dmour ,2023 ,Green-Smart University Campuses: The Mediating Role of Student Engagement in Enhancing Corporate Image,Sage, https://doi.org/10.1177/21582440231219591
57. Roy, R., Bhakta, D., & Roy, S. (2023). Applications and types of smart materials. Modeling, Characterization, and Processing of Smart Material, https://doi.org/10.4018/978-1-6684-9224-6.ch013
58. Rosak-Szyrocka, J. (2024). The era of digitalization in education: Where do universities 4.0 go? Management Systems in Production Engineering, 32(1), 54–66.
https://DOI:10.2478/mspe-2024-0006
59. Salehzadeh, R.,etal., (2023). Educating the workforce of the 21st century through smart manufacturing systems in the classrooms. 2023 Annual Conference & Exposition, Baltimore Convention, MD, June 25–26, 2023. https://doi.org/10.18260/1-2--43222
60. Salvioni, D. M., Franzoni, S., & Cassano, R. (2017). Sustainability in the higher education system: An opportunity to improve quality and image. Sustainability, 9, 914. https://doi.org/10.3390/su9060914
61. Sawaneh, I. A., & Kamara, F. K. (2019). An effective employee retention policies as a way to boost organizational performance. Journal of Human Resource Management, 7, 41–48.
https://doi.org/10.11648/j.jhrm.20190702.12)
62. Shaturaev, J. (2022). Economies and management as a result of the fourth industrial revolution: An education perspective. Indonesian Journal of Educational Research and Technology, 3(1), 51–58. https://doi.org/10.17509/ijert.v3i1.45652
63. Simpson, G., & Durkheim, E. (2015). On strategic leadership: An interview with David H. Petraeus. Parameters, 45(4). http://doi:10.55540/0031-1723.2988 .
64. Stukalo, N., & Lytvyn, M. (2021). Towards sustainable development through higher education quality assurance. Education Sciences, 11, 664. [https://doi.org/10.3390/educsci11110664]
https://doi.org/10.3390/educsci11110664)
65. Su, H., Linderman, K., Schroeder, R., & Van de Ven, A. (2014). A comparative case study of sustaining quality as a competitive advantage. Journal of Operations Management, 32(7), 429–445.
https://doi.org/10.1016/j.jom.2014.09.003
66. Susmita, K. (2013). INTRODUCTION, CLASSIFICATION AND APPLICATIONS OF SMART MATERIALS: AN OVERVIEW Journal of Applied Sciences, 10(8), 876–880.
https://doi.org/10.3844/ajassp.2013.876.880
67. Ülker, N. (2023). Total quality management in the context of University 4.0: New game new rules. Frontiers in Education, 8, 1146965. [https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1146965].
68. Varra, L., & Timolo, M. (2017). Sustainable leadership practices according to international standards of corporate social responsibility. Electronic Journal of Management, 3, 1–24.
https://www.impresaprogetto.it/essays/2017-3/varra-timolo?utm_source=chatgpt.com
69. Wang, S., Wang, X., & Zhang, J. (2021). A review of flexible processes and operations. Production and Operations Management, 30(6), 1804–1824. https://doi.org/10.1111/poms.13101
70. Wilkins, S., & Huisman, J. (2015). Factors affecting university image formation among prospective higher education students: The case of international branch campuses. Studies in Higher Education, 40(7), 1256–1272.
https://doi.org/10.1080/03075079.2014.881347
71. Wu, S. M., & Kegg, D. (2020). Intelligent maintenance systems and predictive manufacturing.ConferencePaper,June2020. https://doi.org/10.1115/1.4047856
72. XiongY. C.ZhangC. L.QiH. (2023). A quantitative study on the transformation policy of Chinese resource cities based on tool-goal-effectiveness. Arid Zone Resour. Environ.37, 9.
https://DOI:10.13448/j.cnki.jalre.2023.156
73. Yu, P., Wei, H., Zhu, X., & Liu, H. (2021). Exploration and practice of smart classrooms in colleges and universities. 6th International Conference on Modern Management and Education Technology. DOI 10.2991/assehr.k.211011.077
74. Zhuang, R., Liu, D., Sampson, D., Mandic, D., Zou, S., Huang, Y., & Huang, R. (Eds.) (2023). Smart education in China and Central & Eastern European countries. Lecture Notes in Educational Technology, Springer, Singapore, 335. 981-19-7319-2 (eBook) https://doi.org/10.1007/978-981-19-7319-2