

الأنظمة الذَّكية مفهومٌ أوسعٌ لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجال التعليم

*Intelligent systems are a broader concept
of artificial intelligence applications in the field of education*

ط.د. عبد المجيد بوكاري

مخبر علم تعليم اللغة العربية، المدرسة العليا للأساتذة، الشَّيخ مبارك بن محمد الميلي الجزائري، بوزريعة، (الجزائر)

abdelmadjid.boukari@ensb.dz

د. مسعود داود

جامعة الجزائر (2)، أبو القاسم سعد الله، (الجزائر)

messaoud.daoud@univ-alger2.dz

تاريخ النشر: 2024/09/30

تاريخ القبول: 2024/08/07

تاريخ الإرسال: 2024/05/30

المؤلف المراسل: عبد المجيد بوكاري، abdelmadjid.boukari@ensb.dzالملخص:

سعت هذه الدراسة إلى التعرف على ماهية الأنظمة الذَّكية وأهميتها في مجال التعليم، وتحديد خصائص التعليم الذَّكي، وتوضيح أهمية توظيف تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي في الارتقاء بالعملية التعليمية التَّعلمية، في ظل تنافس النظم التَّعليمية والسياسات التربوية في مختلف دول العالم وسعيها إلى تبني منجزات الذكاء الاصطناعي في بناء تجارب تعليمية فريدة، تتجاوز حدود الزَّمان والمكان، وتوفّر تعليمًا جيدًا وشاملاً ومنصفاً للجميع مدى الحياة.

كما جاءت هذه الدراسة للكشف عن مزايا الذكاء الاصطناعي، وكيفية استخدامه إجرائيا في مجال التَّعليم لتطوير عمليات التَّعليم والتَّعلم، وتوفير تجارب مخصَّصة للمتعلمين، تتناسب مع قدراتهم الإدراكية والوجدانية، وتسهم في تمكين المعلمين، وزيادة كفاءاتهم، وتحسين استراتيجيات التَّعليم الخاصة بهم.

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي في جمع وتحليل ما تعلق بأدبيات الدراسة، وقد خلصت هذه الدراسة إلى أهمية تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي من خلال خصائصه، ونظمه الذَّكية في مجال التَّعليم، مع ضرورة استثمار منجزاته في تطوير أساليب التَّعليم واستراتيجياته، لمواكبة التَّقدم العلمي والتكنولوجي، وتحقيق الممارسة الفعلية للفكر التربوي في الواقع، والمشاركة في دعم أهداف التنمية المستدامة للدول.

الكلمات المفتاحية: الأنظمة الذَّكية، الذكاء الاصطناعي، التَّعليم، التَّعلم، البيئات الذَّكية.

Abstract:

This study sought to identify the nature of intelligent systems and their importance in the field of education, to identify the characteristics of intelligent education, and to clarify the importance of using artificial intelligence technology to advance the teaching and learning process, in light of the competition of educational systems and educational policies in various countries around the world and their efforts to adopt the achievements of artificial intelligence in building unique educational experiences that transcend the boundaries of time and space and provide quality, comprehensive and equitable education for all throughout life.

This study revealed the benefits of artificial intelligence and how to use it procedurally in the field of education to develop teaching and learning processes and provide personalized experiences to learners, commensurate with their cognitive and emotional abilities, and contribute to empowering teachers, increasing their skills and improving their teaching strategies.

The study relied on the descriptive analytical approach to collect and analyze what is related to the literature of the study.

This study concluded the importance of artificial intelligence technology through its characteristics and intelligent systems in the field of education, with the need to invest its achievements in the development of teaching methods and strategies, to keep pace with scientific and technological progress, and realize the real practice of educational thinking in reality, and participate in supporting the sustainable development goals of countries.

Keywords:

intelligent systems, artificial intelligence, education, learning, smart data.

1. مقدمة:

يشهد العالم اليوم تحولاً واضحاً، نحو توظيف تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي في مجالات الحياة المختلفة، لما توفره من خصائص ومزايا ساعدت على زيادة الإنتاجية والكفاءة في الأداء. وفي ظلّ هذا التّنامي المتسارع لهذه التّكنولوجيا المتطوّرة، الّتي أثبتت كفاءتها ونجاعة تطبيقاتها في مختلف العلوم، وتطوير الصّناعات، وتحسين الخدمات، تسارع المنظمات الخاصة والهيئات الحكومية حول العالم إلى الاستفادة من مزايا الذكاء الاصطناعي، واستخدام تطبيقاته، وأنظّمته الذّكية في مجال التّعليم، من أجل تحسين تجربة التّعلّم، وإحداث تحوّلات في التّعليم، تستوعب الواقع، وتواكب التّقدّم العلميّ والتّكنولوجي، وتسهم في تحقيق أهداف التّنمية للدّول.

ومما يؤكد هذا الاهتمام بتوظيف الذكاء الاصطناعي في التّعليم كثرة الفعاليات والبرامج العلمية والمؤتمرات الدولية والمحلية في هذا الشأن. منها:

- المؤتمر الدولي حول "الذكاء الاصطناعي والتّعليم" الذي عقد في "بكين" خلال الفترة من 16 إلى 18، ماي، 2019 والذي انتهى بالتأكيد على النهج الإنساني في نشر تقنيات الذكاء الاصطناعي في التّعليم لزيادة الذكاء البشري وحماية حقوق الإنسان، وتعزيز التنمية المستدامة من خلال التعاون الفعال بين الإنسان والآلة في الحياة والتّعلّم والعمل. مع تبني خطط لاستخدام الذكاء الاصطناعي لإدارة التّعليم والتّعلّم والتّقييم تشمل مجالات؛ الذكاء الاصطناعي لإدارة التّعليم وتقديمه، والذكاء الاصطناعي لتمكين المعلمين، والذكاء الاصطناعي لتقييم التّعلّم والتّعليم، وتنمية القيم والمهارات اللازمة للحياة والعمل، والذكاء

الاصطناعي لتقديم فرص التعلم مدى الحياة للجميع. كما أوصى بتشجيع الاستخدام المنصف، والشامل، والأخلاقي للذكاء الاصطناعي في التعليم.¹

- الملتقى الدولي حول "توظيف الذكاء الاصطناعي في بناء المناهج التعليمية" الذي عقد بـ: "الجزائر" يومي 15-16 ماي، 2024. والذي أفضى إلى ضرورة تبني وعي رقمي، كفيل ببناء مناهج تعليمية عصرية توظف الذكاء الاصطناعي، وتفيد من خصائصه لتحسين جودة التعليم والتعلم. مع مراعاة أخلاقيات استخدامه ضمانا لسلامة المستخدمين، وحماية خصوصياتهم، مع الحرص على ضرورة تكوين الموارد البشرية من المعلمين والمتعلمين والإداريين في مجال الذكاء الاصطناعي، وتحسين معارفهم حول مستجدات تكنولوجيا التعليم.²

تتمحور مشكلة الدراسة حول ظهور بوادر أزمة عالمية على مستوى السياسات التربوية والخطط التعليمية التقليدية، وتتجلى هذه الأزمة في عدم توافق مخرجات التعليم التقليدي مع سوق العمل التي باتت تعتمد بشكل كبير على تكنولوجيا المعلومات والمعرفة، الأمر الذي يستوجب تدخل صانعي القرار حول العالم لوضع خطط تعليمية مستقبلية تشارك مخرجاتها في تلبية متطلبات سوق العمل، وتكون قادرة على مواجهة تحديات المجتمعات الرقمية التي تتجه بخطى سريعة نحو استثمار المعرفة وتوظيفها في خدمة الإنسانية، وتحقيق التنمية الشاملة والمستدامة للأفراد والمجتمعات. وهذا ما نهدف إلى توضيحه بالإجابة عن الإشكالية الآتية: كيف يمكن توظيف نظم الذكاء الاصطناعي في تحسين مستقبل التعليم، وتطوير مخرجات التعلم؟ في ضوء جملة من التساؤلات، يمكن صياغتها كالاتي:

- ماهي الأنظمة الذكية؟
- كيف تعمل الأنظمة الذكية؟ وكيف تُوظف تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي في تطوير عمليات التعلم واستراتيجياته، وأنماطه؟
- هل يمكن استثمار هذه التكنولوجيا في التعليم، بشكل يضمن الوصول المتساوي إليها لجميع المتعلمين في أنحاء العالم؟

وفي ضوء ما سبق ذكره، جاءت هذه الدراسة للتعرف على خصائص نظم التعليم الذكية، المدعومة بخوارزميات الذكاء الاصطناعي، وتوضيح أهمية توظيفها في العملية التعليمية التعلمية، وبيان كيفية عملها.

اعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي في جمع أدبيات الدراسة، وتحليلها، وبيان كيفية عمل أنظمة التعليم الذكية. واعتمدنا في ذلك على المسح النظري لمفردات الدراسة وأدبياتها، القائم على وصف هذه الأنظمة الذكية، وصفا يوصل إلى استنتاجات تسهم في فهم واقع توظيف الذكاء الاصطناعي في التعليم، وتساعد على تصور توصيات من شأنها تطوير التعليم واستراتيجياته مستقبلا، بالاعتماد على منجزات الذكاء الاصطناعي.

2. الأنظمة الذكية (Intelligent Systems)

تشير فكرة الأنظمة الذكية إلى إنتاج أنظمة تؤدي الوظيفة العضلية، والعصبية في النظام المنطقي البشري، من خلال محاكاة قدراته التكيفية، وتصميمه المتكامل. وتعتمد هذه الأنظمة الحديثة على مواد ذكية، مزودة بأجهزة استشعار، ومشغلات مدمجة أو متصلة بالنظام، تمكن النظام الذكي من وصف الموقف وتحليله، بالاعتماد على قدرات التعرف والتمييز، واتخاذ القرار، بناء على البيانات المتاحة، بأسلوب تنبؤي أو تكيفي، وبالتالي تنفيذ إجراءات، وردود فعل ذكية³.

فهي تمتلك قدرات تحليلية، ومعرفية تمكنها من إدراك بيئتها المحيطة بها، والتعلم الذاتي من التجارب السابقة، تماما مثلما يفعل البشر. ما يجعلها قادرة على أداء المهام التي تتطلب ذكاء بشريا بأسلوب أكثر كفاءة وإنتاجية.

وتعتمد الأنظمة الذكية اليوم على دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI)، والتعلم الآلي (ML)، والتعلم العميق (DL)، وإنترنت الأشياء (IoT)، لتحسين كفاءتها، وتعزيز تجربة المستخدم، وأتمتة المهام، مستخدمة قدرتها على التحليل، والتنبؤ، والتعلم الذاتي، لاتخاذ القرارات، وحل المشكلات، وتقديم توصيات مخصصة بشكل ذاتي وذكي.

1.2 مزايا الأنظمة الذكية.

تتمتع الأنظمة الذكية بمزايا مكنتها من فرض وجودها في مجالات الحياة المعاصرة،

منها:

- ✓ القدرة على التّعلّم الآلي، واكتساب المعرفة من التجارب والخبرات السابقة، وتوظيفها في مواقف جديدة، والتّكيف مع البيانات المتغيرة، يمكنها من تحسين أدائها بشكل مستمرّ.
- ✓ القدرة على التّفكير، والإدراك الحسيّ، والاستنتاج، يجعلها أكثر قدرة على التّخطيط، واتّخاذ القرار السليم في بيئتها.
- ✓ الكفاءة والإنتاجية، من خلال توفير الجهد والوقت في تحليل البيانات، واتّخاذ القرار السليم، وأتمتة المهام، ما يجعلها أكثر كفاءة وإنتاجية مقارنة مع الإنسان.
- ✓ التّخصيص، وتلبية الاحتياجات الفردية، فهي قادرة على التّمييز بين الأنماط المختلفة، وفهم التّفضيلات الفردية، وتكييف التّجارب.
- ✓ القدرة على اتّخاذ القرارات السليمة بناء على التجارب السابقة.
- ✓ التنبؤ: باستخدام الحوسبة التنبؤية للذكاء الاصطناعي، تستطيع الأنظمة الذكية التنبؤ بالنتائج المستقبلية، ما يمكنها من تقليل نسب الفشل، من خلال تقديم التّغذية الراجعة، والتّكيف مع المشكلات، واقتراح الحلول والبدائل وإحداث التّحسينات مستقبلاً.

3. استثمار الأنظمة الذكية في مجال التّعليم :

يسعى الذّكاء الاصطناعيّ إلى إكساب الأنظمة الذكية، والحاسبات الآلية صفة الذّكاء، والقدرة على القيام بأعمال من فعل الإنسان، كالنفكير، والتّعلّم التلقائيّ، واتّخاذ القرار انطلاقاً من التّجارب السابقة والاستفادة من الأخطاء، والقدرة على تحليل البيانات، والتّكيف مع المستجدات والمتغيرات، والتّعرف على أوجه التّشابه والاختلاف بين المواقف والأشكال.

وهذا ما يجعله علماً يهدف إلى بناء تطبيقات قادرة على أداء سلوكيات توصف بالذكاء عند الإنسان، وصياغة أنظمة حاسوبية تحاكي الذّكاء البشري في أداء المهمات والأعمال.

1.3 نظم التدريس الذكية: (Intelligent Tutoring Systems)

قد تكون نظم التدريس الذكية من أكثر تجليات الذكاء الاصطناعي حضوراً في مجال التعليم، والتي تكشف عن تحول أنظمة التعليم العالمية نحو تجارب تعليمية شخصية ومخصصة، تسهم في تحسين عملية التعليم، وتعزيز فعالية التعلم.

وتعرّف نظم التدريس الذكية على أنها بيئات تعليمية محوسبة تقوم على نماذج حسابية مستوحاة من علوم مختلفة، كالرياضيات، والعلوم المعرفية، واللغويات الحاسوبية، والذكاء الاصطناعي، وعلوم التعلم⁴.

حيث تقوم نظم التدريس الذكية بتوظيف أساليب الذكاء الاصطناعي، ونماذج محوسبة لمختلف العلوم، لجعلها قادرة على اتخاذ القرارات السليمة حول محتوى التعلم الذي تقدمه للمتعلمين، وتقديم أنشطة تعلم أكثر تطابقاً مع احتياجاتهم المعرفية، وتوفير تغذية راجعة تكيفية، وفورية من طرف أعضاء هيئة التدريس، يمكنها أن تحسّن أداء المتعلمين، وتساعدهم على تطوير قدراتهم ومهاراتهم، واكتساب خبرات تعليمية متقدمة.

أي أنها تستخدم تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي لبناء، وتطوير برامج تعليمية قادرة على محاكاة المعلم البشري في تفاعله مع المتعلمين.

وتوفّر نظم التدريس الذكية بيئة تفاعلية، تتيح للمتعلمين تعليماً يلبي احتياجاتهم، ويتوافق مع ميولهم، ويناسب قدراتهم وتفضيلاتهم، وتزودهم بالأدوات الضرورية لتصحيح مسارهم التعليمي. وحتى يحقق ذلك كلّ، يعتمد التدريس الذكي، على استخدام نماذج مهمة، هي⁵:

- **نموذج المتعلم (The Student Model)**. وهو بمثابة الملف التعريفي للمتعلّم، فهو يؤكد الحالات المعرفية والعاطفية للمتعلّم، إذ يقوم بتحديد سمات المتعلم وتوجهاته، والفروقات المعرفية والذكائية لديه، ويستطيع اكتشاف انحراف المتعلم عن أهداف التعلم المحددة مسبقاً في أثناء تقدم عملية التعلم⁶.

- **نموذج واجهة المستخدم (User Interface Model)**. هو واجهة تفاعلية، تمكّن المتعلم من التّحاور مع النظام باللغة الطّبيعية للمتعلّم، والتّفاعل مع النّماذج الأخرى للنظام الذكي بواسطة الأساليب والوسائل التّفاعلية الحاسوبية، مثل العروض التّقديمية، والوسائط المتعددة والأشكال، والأصوات، والنّصوص، وغيرها⁷.

• **نموذج المجال التعليمي (The Domain Model).** ويشتمل على موديلات التدريس الضرورية، والوظائف الحاسوبية، فهو بمثابة نظام خبير داخل النظام التعليمي الذكي. ويعدّ مصدرا للمعرفة المتخصصة، ومعيّارا لتقييم أداء المتعلّم، وتشخيص الأخطاء⁸.

• **نموذج التدريس: (The Tutoring Model).** وهو بمثابة الوحدة التربوية، يتضمن استراتيجيات التدريس المناسبة المرتبطة بالمحتوى. ينظم هذا النموذج التفاعلات التعليمية للمتعلّم، ويتتبع تقدّمه المعرفي، عن طريق بناء ملف تعريف لنقاط القوة والضعف⁹.

من خلال ما تقدّم يمكننا تعريف نظم التدريس الذكية على أنها برامج تعليمية ذكية تستخدم أساليب الذكاء الاصطناعي لتقديم تجربة تعليمية جديدة، ومتطورة تراعي الجوانب الحسية والوجدانية للمتعلّم، وتوفّر له بيئة تعلم غير محدودة، ومحفّزة، تتصف بالمرونة، وحرية الاختيار، ومراعاة الفروق الفردية والأنماط التعليمية المختلفة.

2.3 بيئات التعلّم التكيفي: (Adaptive learning Environments)

يتمركز التعلّم في المنظومات التربوية الحديثة حول المتعلّم، ويحاول التعرّف على قدراته الذهنية والمعرفية، وتحديد أنماطه التعليمية، من أجل توفير تعليم يتلاءم مع احتياجاته وأهدافه، وتفضيلاته. وهذا ما تحاول تحقيقه تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي من خلال بيئات تعلّم تكيفي، تقدّم تجارب تعليمية مخصّصة بناء على تقييمات مستمرة لأداء المتعلمين واحتياجاتهم.

تعرف بيئات التعلّم التكيفي على أنها نظام تعلّم ذكيّ، تقوم على تخصيص التعلّم من خلال تنويع، وإعادة تعديل عرض المحتوى بداخلها وفقاً لنمط كلّ متعلّم، وقدراته الذهنية¹⁰. فبيئات التعلّم التكيفي الذكية قادرة على تغيير نفسها وشكلها، وفقاً لما يقدّمه المتعلّم لها من بيانات، وما تستنتجه تلك البيئات من معرفة سابقة حول المتعلّم وطريقة تعلّمه، مما يجعلها قادرة على تحقيق نتائج أفضل. وتنطلق في عملها من:

- اختبار المتعلّم أولاً لمعرفة نمط تعلّمه واحتياجاته وأهدافه.
- تقديم المحتوى الذي يتناسب وأسلوب تعلمه.
- تتبع خطوات التعلّم لكل متعلّم، لتكوين أكبر قدر من البيانات عنه.

ويحدث التكيف في طريقة تقديم المحتوى للمتعلم في بيئة تعلم تكيفي، من خلال تقديم نفس المحتوى لمجموعة المتعلمين الذين تختلف أنماطهم التعليمية، لكن بطرق مختلفة تلبي احتياجات المتعلمين وتتناسب مع أهدافهم.

تعدّ بيانات التعلم التكيفي نمطا من أنماط التعلم الذكي، يتطلب استخدام أساليب الذكاء الاصطناعي التي تستطيع التنبؤ بسلوكيات المتعلم وتحليلها، ما يجعل عملية التعلم أكثر مرونة وديناميكية. إذ تقوم بيانات التعلم التكيفي على تخصيص التعلم المقدم للمتعلمين، مع تنويع عرض المحتوى وفقا لأساليب التعلم الخاصة بكل متعلم، ومراعاة اختلاف أنماط المتعلمين الذهنية، بحيث يتم تقديم مجموعة متنوعة من الأنشطة التكيفية تكون مناسبة لقدراتهم وتفضيلاتهم.

1.2.3 تحليل التعلم، والتوصيات: تتيح تكنولوجيا تحليل التعلم في بيئات التعلم التكيفي تتبع مسار المتعلمين، وجمع البيانات، وقياسها، وتحليلها اعتمادا على تفاعلات المتعلمين في بيئة التعلم التكيفي، ويتم ذلك باستخدام:

- البيانات الذكية، والبيانات التي يوفرها المتعلم.
 - نماذج تحليل التعلم، لاكتشاف المعلومات والروابط الاجتماعية، والعمل على التنبؤ، وتقديم التوصيات والتوجيهات بشأن العملية التعليمية.
- وترجع أهمية تحليلات التعلم إلى¹¹:
- التمييز بين أوضاع المتعلمين (مهّد بالفشل، ضعيف، جيد).
 - توفير الدعم المناسب للمتعلمين من طرف أعضاء هيئة التدريس، وتزويدهم بالأدوات الضرورية لتصحيح مسارهم.
 - الكشف المبكر عن مخاطر التعلم، وتقديم تقارير شاملة عن أداء المتعلمين ومستويات الخطر واستراتيجيات التدخل للتأثير على المخاطر.
 - اتخاذ القرار بناء على تقارير تحليلات التعلم لتطوير مؤشرات النجاح وزيادة الفعالية.

كما تساعد تحليلات التعلم على:

- شخصنة التعلم (individualized Learning)، يتيح التعليم التكيفي الذكي، التمرکز حول المتعلم، في تحديد أهداف التعلم التي تتوافق مع احتياجات المتعلمين، واهتماماتهم، ويقوم بتكوين شبكة من العلاقات مع الخبراء (معلمين آخرين - خبراء تخصص من خارج حدود الفصل الدراسي - مجموعات تعلم من خلال الأنترنت - منظمات تعليمية...) ¹²

- تفريد التعلم (personalized learning)، فالتعليم التكيفي نظام يهدف إلى تصميم المواد التعليمية لكل متعلم بطريقة تدعم فردية المتعلم، وتقديم المحتوى بطريقة تناسب احتياجات المتعلمين.

حيث يقوم النظام بتوجيه عمليات التعليم الى فرد محدد من مجموعة المتعلمين وفق سرعة تعلمه، ضمن الأهداف المشتركة للصف التعليمي. ما يمكن المعلمين من التخطيط للتعلم بشكل أفضل.

تقوم الأنظمة الذكية بعد قيامها بتحليل كميات كبيرة من البيانات حول سلوك المتعلمين، وتفضيلاتهم، واهتماماتهم، بإنشاء توصيات مخصصة. وتنطلق في عملها من:

- التعرف على النمط: بعد جمع المعلومات والبيانات، يتم تحليلها بواسطة أنظمة الذكاء الاصطناعي لمعرفة أنماط التعلم في سلوك المتعلمين والتمييز بينها.
 - التعلم المستمر: تساعد تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي نظام التوصيات على التعلم المستمر، والتكيف أثناء معالجته البيانات الكبيرة، مما يتيح له تقديم توصيات دقيقة، وذات صلة، بشكل متزايد مع مرور الوقت.
 - توليد التوصيات: بناء على الملف الشخصي للمتعلم وتفضيلاته، يقوم النظام بإنشاء توصيات مخصصة لكل متعلم، تتضمن اقتراح أنشطة مناسبة، أو محتوى مثل منشورات المدونة أو مقاطع الفيديو...
- حيث تساعد أنظمة التحليل والتوصية على بناء نماذج تعليمية قادرة على التنبؤ بنجاح المتعلم أو فشله، وتقديم التغذية الفورية والتوصيات الملائمة لتصحيح مساره التعليمي.

2.2.3 التعرف على أنماط التّعلّم: يساعد التّعرف على أنماط التّعلّم المفضلة لدى المتعلمين، والتميز بين سلوكياتهم المعرفية، النفسية، والوجدانية، التي يدركون بها بيئاتهم التّعليمية، اختيار الأساليب والأنشطة التكيفية المناسبة لتعلّمهم.¹³

ويمكّن صانعي القرار من تبني الاستراتيجيات التّعليمية المناسبة لأنماط التّعلّم السائدة في مجموعات التّعلّم.

يمكن استخدام أساليب التّعلّم العميق ونماذجه، في التّعرف على أنماط التّعلّم لدى المتعلمين، وتحليل حاجاتهم وميولهم، إذ تستطيع تطبيقات الذكاء الاصطناعي التّمييز بين أنماط المتعلمين، فتقترح التّعلّم المناسب لكل فرد من مجموعات التّعلّم. ويعد نموذج فيلدر وسيلفرمان من النّماذج العلمية التي تساعد على تحديد أسلوب المتعلم وتنميطه. ويتضمن نموذج فيلدر وسيلفرمان أربعة أبعاد ناتجة عن تحليلات التّعلّم، تمكّن هذه الأبعاد من تكييف أجزاء المحتوى وفق أسلوب التّعلّم، إذ لا يتم عرض وتنظيم أجزاء المحتوى التدريبي بشكل ثابت لجميع المتعلمين، وإنما تكيّف أجزاؤه، وترتب وفق أسلوب تعلمهم الخاص. فيما يلي عرض تفصيلي للأساليب الأربعة ثنائية القطب في نموذج فيلدر وسيلفرمان:

أبعاد النموذج	صفات المتعلمين	كيفية عرض وتنظيم المحتوى
الحسيّ. Sensing	يتصف الحسيون بـ: - الميل نحو التطبيق، وتعلّم الحقائق والإجراءات والمعلومات المشاهدة. - يركزون على الأنشطة التي تؤدي إلى نتائج علمية مرئية يمكن قياسها. - الاهتمام بالتفاصيل. - الميل إلى حلّ المشكلات بإجراءات محددة. - تفضيل المعارف الجديدة التي تربطهم بالعالم الحقيقي.	- تقديم الأمثلة أولاً، ثم يليها شرح المحتوى. - تقديم تمارين وأنشطة في بداية المحتوى.
الحدسيّ Intuitive	يتصف الحدسيون بـ: - الميل نحو الإبداع، وتعلّم النظريات والمعاني،	- تقديم الأنشطة والتمارين في نهاية المحتوى.

والمعلومات المجردة. - الميل نحو اكتشاف الاحتمالات والعلاقات الجديدة. - حل المشكلات بأساليب وإجراءات جديدة مبتكرة، مع السرعة في التنفيذ، وعدم الاهتمام بالتفاصيل.	- تقديم الأمثلة بعد شرح المحتوى.	
النشط. Active	- العمل الجماعي - الحصول على التعلّيمات الجديدة عن طريق إجراءات التجريب، والتّطبيق، والمناقشة، والشرح للآخرين، قبل التفكير فيها.	- تقديم الأمثلة أولاً، ثم يليها شرح المحتوى. - تقديم تمارين وأنشطة في بداية المحتوى.
التأملي Reflective	- التفكير في المعلومات الجديدة ومراجعتها وتحليلها بشكل فرديّ أولاً قبل التجريب أو التّطبيق، أو مناقشتها مع المجموعة.	- تقديم التمارين والأنشطة في نهاية المحتوى. - تقديم الأمثلة بعد شرح المحتوى، وقبل الاختبار النهائي.
البصريّ Visual	- تفضيل العروض البصرية للمعلومات، كالرسوم والصور، والرسوم البيانية و الخرائط والأفلام...	- تجمع له الآلة مجموعة من الصور، والمشاهد، والخرائط الذهنية، والرسوم والمخططات البيانية، والأفلام... - تلوين المفاهيم والمعلومات المهمة.
اللفظيّ verbal	- تفضيل الشّرح المكتوب والمنطوق. - الميل إلى رواية القصص، وإلقاء الخطابات.	- تجمع له الآلة أشكال الاستماع، مثل المحاضرات، الكتب المسموعة، ويفضل المتعلّمون السمعون رواية القصص وإلقاء الخطابات.
المتتابعيّ Sequential	- التّعلّم عن طريق خطوات تسلسلية دقيقة، يربط فيها هؤلاء المتعلمون كل خطوة بالخطوة السابقة ربطاً منطقياً متسلسلاً من خلال تجزئة المادة في صورة قطع صغيرة مترابطة، والنّقد في	- الإبحار الخطيّ في دراسة المحتوى.

	الفهم، والتّعلّم بشكل خطّيّ. أي اتّباع مسارات متدرجة في إيجاد الحلول.	
الشموليّ Global	- التّعلّم بتكوين صورة شاملة للموضوع أو الموقف من خلال قفزات شموليّة واسعة، دون النّظر إلى ترابط أجزاء المادة، لأنّ فهمهم للصورة الكلية يمكنهم من رؤية التّراپطات بين الأجزاء، وتقديم حلول إبداعية للمشكلات.	- تجمع الآلة وتقدّم له: مقدّمة قبل عرض المحتوى./ ملخصاً بعد المحتوى. - الاعتماد على الإبحار الهرميّ في دراسة المحتوى.

الجدول(1):

يوضّح الأساليب الأربعّة ثنائيّة القطب في نموذج فيلدر وسلفرمان.
المصدر: إعداد الباحث.

3.3 الاختبارات الإلكترونيّة القائمة على الذكاء الاصطناعيّ:

أتاحت أدوات الذّكاء الاصطناعيّ تجربة فريدة في إدارة الاختبارات الإلكترونيّة بفعاليّة، جعلتها تتفوق على الاختبارات الإلكترونيّة التّقليديّة، وتتميز عنها بما يلي:

- التّحكم في جهاز المتعلّم من بعد.
- التّحقّق من هويّة المتعلّم باستخدام القياسات الحيويّة.
- مراقبة المتعلّم أثناء الاختبار من بعد.
- الحدّ من عمليّة الغش في الاختبارات.
- حماية الاختبارات، ودرجات المتعلّمين الممتحّنين من الاختراق.

ويعتمد هذا النوع من الاختبارات على استخدام منصّات ذكيّة وآمنة (Browser Lock) Down، وهي متصفّحات مخصّصة تُستخدم لتأمين بيئّة الاختبار عبر الإنترنت في الفصول الدّراسيّة، لمنع عمليّات النّسخ واللصق والطباعة وتصوير الشّاشة، أو فتح أي برنامج أثناء الاختبار.

هذه الخصائص جعلت الاختبارات الإلكترونيّة المدعومة بالذكاء الاصطناعي أكثر تأميّناً، ونزاهة، وتتسم بالمصدّقية، لاعتمادها على القياسات الحيويّة، المدمجة مع تقنيّات الذّكاء الاصطناعيّ في مراقبة المتعلّم، والتّأكّد من عدم الغش.

1.3.3 القياسات الحيوية آلية متطورة لتأمين الاختبارات الإلكترونية.

يشير مفهوم القياسات الحيوية في إدارة الاختبارات الإلكترونية ومراقبتها إلى التعرف المؤتمت على المتعلمين اعتمادا على سماتهم البيولوجية والسلوكية مثل شبكية العين، والصوت، وبصمات الأصابع، والوجه. ما يجعلها قادرة على تأمين الاختبارات، ومعالجة ضعف التفسير الأمني في التعرف على المستخدم الحقيقي¹⁴.



الرسم (1) يوضح أنواع تقنيات القياسات الحيوية.

المصدر: أسماء، حسين محمد.

https://jesi.journals.ekb.eg/article_318972_bcb9905fb741b6818fd960dfaacad6a0.pdf

وتقوم القياسات الحيوية على مجموعة من التقنيات، منها¹⁵:

- تقنية التعرف على الوجه (Face Recognition): تستخدم الكاميرا لمراقبة المتعلم أثناء الاختبار، والتحقق من الهوية، عن طريق رسم خريطة لوجه المتعلم وحفظ المعلومات الأساسية حول محيط الوجه والمسافات بين مكوناته.
- تقنية التعرف على الصوت (Voice Recognition): هي معرف بيومتري، يتم استخدامه في تحليل الخصائص المميزة لصوت المتعلم، لإنشاء معرف خاص للمستخدم، يُمكن من التعرف على المتعلمين والتأكد من هويتهم. حيث تتم مطابقة عينة صوتية مسجلة مع صوت المستخدم، ويقوم برنامج القياسات الحيوية الصوتية بفحص السمات السلوكية، ومقارنتها بالعينة المخزنة في النظام للتعرف على أصوات المتعلمين.
- تقنية التعرف على بصمات الأصابع (Fingerprint Recognition): من أشكال القياسات الحيوية، التي يمتلكها الجميع، لكنها مميزة للفرد، فلا يمكن أن نجد شخصين لهما نفس بصمة الأصابع حتى عند التوائم.

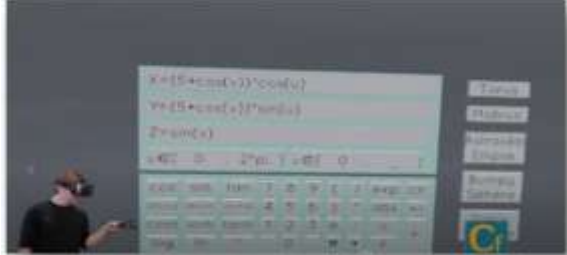
• تقنية التعرف على العين (Eye Recognition): يمكن اعتبارها من أكثر القياسات الحيوية تأميناً للاختبارات الإلكترونية، لأنه من الصعب محاكاة الأوعية الدموية لشبكية العين.

هذه الخصائص والتقنيات التي وفّرها الذكاء الاصطناعي للاختبارات الإلكترونية، يمكنها أن تشجع على استثمارها في العملية التعليمية التعلمية ضمن بيئات التعلم الذكية، من أجل تحقيق الدقة والموضوعية والعدالة في التقييم.

4.3 دمج تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي (A I) مع الواقع الافتراضي (V R) والواقع المعزز (A R) في التعليم.

على الرغم من الاستعمال الواسع لتقنيتي الواقع الافتراضي، والواقع المعزز في مختلف المجالات العلمية والاقتصادية، وحتى الترفيهية، لا يزال مفهوم التقنيتين قيد التطور لحدّثة التقنيتين نسبياً، ونظراً للاكتشافات العلمية المتواصلة في هذا المجال التي لا تزال قيد التطوير والاكتشاف¹⁶.

1.4.3 الواقع الافتراضي (Virtual Reality – VR): تقوم تكنولوجيا الواقع الافتراضي على إنشاء محيط مشابه للواقع في العالم الحقيقي، من خلال إظهار الأشياء الثابتة والمتحركة، وكأنها في عالمها الحقيقي، من حيث تجسيدها، وحركاتها، والإحساس بها¹⁷. ويعدّ تطبيق Calcflow من تطبيقات الواقع الافتراضي التعليمية الكثيرة.

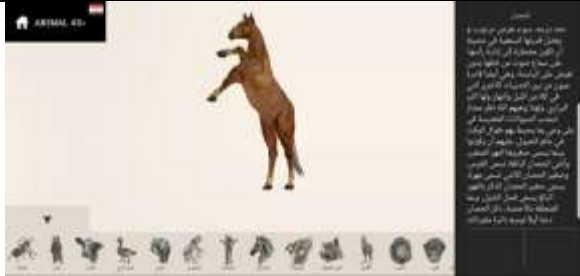
وصف التطبيق	صورة منه.
يساعد هذا التطبيق المتعلمين في مجال الرياضيات على ممارسة العمليات الرياضية وفهمها في عالم افتراضي ثلاثي الأبعاد يشبه العالم الحقيقي الذي يمارس فيه المتعلمون فهم، وحل المسائل الرياضية بشكل بصري.	

جدول (2): يقدّم وصفاً لتطبيق Calcflow.

المصدر: <https://imex.psu.edu/project/calcflow>

2.4.3 الواقع المعزز (Augmented Reality-AR):

تعمل هذه التقنية على تحويل الواقع في العالم الحقيقي إلى بيانات رقمية، وتركيبها، وتصويرها باستخدام طرق عرض رقمية تعكس الواقع الحقيقي للكائن الرقمي¹⁸. ويحدث التعزيز في هذه التقنية من خلال إضافة محتويات رقمية تتضمن ملفات فيديو وصوت أو رسوم وصور افتراضية ثلاثية الأبعاد على شاشة الأجهزة الذكية من أجل تزويد المتعلمين بالمعلومات في الوقت المناسب. وتنتشر اليوم تطبيقات الواقع المعزز التعليمية بكثرة منها تطبيق Animal 4D + .

وصف التطبيق	صورة منه
تطبيق متعدد اللغات يتيح للمستخدم مسح صور الحيوانات وتحويلها من رسم ثنائي الأبعاد إلى رسم متحرك ثلاثي الأبعاد، ويعرض كل ما تعلق بهذه الحيوانات (الاسم، الصوت، الصفات، طريقة العيش والتغذية...)	

جدول توضيحي رقم (3) لتطبيق Animal 4D + .

المصدر:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.OctagonStudio.Animal4DPlus&hl=ar>

3.4.3 قدرات ومزايا بيئة التعليم المدعومة بتكنولوجيا الواقع الافتراضي، والواقع المعزز.

يمكن لبيئة تعليم مدعومة بتكنولوجيا الواقع الافتراضي، والواقع المعزز أن تجارب تعليمية متخصصة وفريدة، وذلك لتمتعها بمزايا وقدرات تجعل منها استثمار ناجحاً في التعليم، ومنها¹⁹:

✓ محاكاة العوالم الحقيقية: يمكن استخدام الواقع الافتراضي لدعم الاستكشاف، وتجربة المفاهيم بطريقة تفاعلية. مثل محاكاة الأحداث التاريخية، والتجارب العلمية المخبرية، فهو يتجاوز حدود الزمان والمكان.

✓ القدرة على الوصول بالمتعلم إلى عوالم غير ممكنة في الواقع لصغر حجمها، أو كبرها، أو خطورتها. مثل الذرة والجزيئات، والكواكب والمحيطات، والزلازل والبراكين، والتفاعل معها بطريقة محسوسة.

✓ كما يوفر هذا الدمج التعرف على الكائنات، حيث يعمل الذكاء الاصطناعي على تمكين تطبيقات الواقع المعزز من التعرف على الكائنات في العالم الحقيقي، وتتبعها بطريقة مرنة، مما يعزز المزج بين العالمين الافتراضي والمادي. وتمتد هذه القدرة إلى تتبع المتعلمين، حيث تراقب خوارزميات الذكاء الاصطناعي حركات المستخدمين وإيماءاتهم ببراعة، وتستخدمها في التعلم الآلي، وتخصيص تجارب التعلم للمستخدمين.

✓ تجنب النفقات الضخمة، والجهد المادي لإنشاء الأنظمة، والمجسمات الحقيقية واستبدالها بعوالم افتراضية تحقق للمستخدم التفاعل المحسوس معها.

4. خاتمة:

في ضوء ما سبق يظهر جلياً أنّ منظومات التعليم حول العالم خاصة في الدول المتقدمة قد أفادت من تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي وأنظمتها الذكية في زيادة معدلات التعلم والارتقاء بجودة التعليم، وتخصيص تجارب التعلم. ويمكن تلخيص نتائج الدراسة فيما يلي:

1- تساعد تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي وأنظمتها الذكية في تخصيص التعلم حسب حاجات المتعلمين، وقدراتهم، وأهدافهم، وتشارك في إعدادهم لسوق العمل.

2- تعزز نظم التعليم الذكية، وبيئاته التكيفية خاصية التفاعل بين المتعلمين أنفسهم، وبين المتعلمين وأعضاء هيئة التدريس، فهي تشارك في تحقيق هدف من أهداف العملية التعليمية.

3- يمكن الاستفادة من تطبيقات الذكاء الاصطناعي في أتمتة العمليات البيداغوجية والإدارية، وعمليات التقييم، وتحليل أداء المتعلمين وتقديمهم، والتنبؤ بفشلهم، وتقديم تغذية راجعة فورية، وفي مراقبة الاختبارات وضمان مصداقيتها.

4- يمكن استثمار الذكاء الاصطناعي في بناء مناهج تعليمية تسهم في فهم الواقع ومواكبة العصر، وتشارك في التنمية.

5- يمكن استخدام قدرات الذكاء الاصطناعي في تجاوز الحدود الزمانية والمكانية لمحاكاة العوالم الحقيقية بطريقة افتراضية، تقلل من الإنفاق والجهد المادي.

6- لا يزال انتشار تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي، وأنظمتها الذكية، واستثمارها في مجال التعليم، يواجه تحديات كبيرة، تتعلق بما يلي:

- ارتفاع تكلفة توظيف تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي في مجال التعليم.
- المخاوف المتعلقة بالخصوصية والأمان.
- نقص المعلمين المدربين على استخدام هذه التكنولوجيا المتقدمة، والكفاءات المدربة على صيانتها.
- عدم القدرة على تحقيق الوصول المتساوي إلى هذه التكنولوجيا لجميع المتعلمين في أنحاء العالم.

أما مقترحات الدراسة، فيمكن تلخيصها فيما يلي:

1- ضرورة تبني واضعي السياسات التربوية والمناهج التعليمية تقنيات الذكاء الاصطناعي في السياقات التعليمية ابتداء من المراحل الابتدائية وصولاً إلى التعليم الجامعي وفق خطط مدروسة، وعقلانية في إطار أخلاقيات استعمال الذكاء الاصطناعي التي تقرها الهيئات الدولية والأممية.

2- ضرورة تدريب المعلمين في إطار الشراكة والتعاون الدوليين على استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في التعليم.

3- ضرورة وضع خطط احترازية لإدارة المخاطر المحتملة لاستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال التعليم، مثل الهجمات السيبرانية، وتوليد المحتوى الزائف والمضلل، وانتشار البرمجيات الخبيثة التي تمنع وصول المستخدمين الحقيقيين إلى بيانات التطبيقات بواسطة تشفير بياناتها الأساسية.

5. الهوامش:

¹ مجموعة من الباحثين: كتاب الملتقى الدولي الموسوم بـ: توظيف الذكاء الاصطناعي في بناء المناهج التعليمية، 2024. الجزائر، منشورات المجلس الأعلى للغة العربية، ص 543.

² مياو فينج، وآخرون: الذكاء الاصطناعي والتعليم، إرشادات لواضعي السياسات، 2021، ط1. باريس، اليونسكو، ص9-44.

³ Akhras Georges, (2000). « Smart Materials and Smart Systems for the Future ». Canadian Military Journal, IRPP, vol 1, n 3, p25.

⁴ Graesser, A. C., Conley, M. W., & Olney, A. (2012). « Intelligent tutoring systems ». In K. R. Harris, S. Graham, T. Urdan, A. G. Bus, S. Major, & H. L. Swanson (Eds.), APA educational psychology handbook, Vol 3. Application to learning and teaching, pp 451-473.

⁵ Mariam, W. Alawar, Samy S. Abu Naser, S. S, (2017). « CSS-Tutor: An intelligent tutoring system for CSS and HTML ». International Journal of Academic Research and Development, Faculty of Engineering & Information Technology, Al-Azhar University, Gaza, vol 2(1), p 94-98..

⁶ Ahmad Marouf, Mohammed K. Abu Yousef, Mohammed N. Mukhaimer, Samy S. Abu-Naser, (2018). « An Intelligent Tutoring System for Learning Introduction to Computer Science». International Journal of Academic Multidisciplinary Research (IJAMR), Vol 2 (2), p1.

⁷ Ibid, p1.

⁸ Ibid, p1.

⁹ Ibid, p1.

¹⁰ وفاء محمود، عبد الفتاح رجب، (2019). تطوير بيئات التعلم الإلكترونية التكيفية في ضوء تكنولوجيا تحليلات التعلم. المجلة العلمية المحكمة، الجمعية المصرية للكمبيوتر التعليمي، المجلد 7، العدد 1، ص57.

¹¹ خليفة، زينب محمد حسن، (2018). تكنولوجيا تحليلات التعليم، مجلة دراسات في التعليم الجامعي، جامعة عين شمس، كلية التربية، مركز تطوير التعليم الجامعي، العدد38، ص ص671-674.

¹² خليفة، زينب محمد حسن، (2018). شخصنة التعلم. مجلة دراسات في التعليم الجامعي، جامعة عين شمس، كلية التربية، مركز تطوير التعليم الجامعي، العدد39، ص ص 453-460.

¹³ Felder Richard, (1988). « Learning and Teaching Styles In Engineering Education ». Journal Of Engineering Education –washington-ER, American Society for Engineering Education, vol 78, n7, p 674.

¹⁴ Quang, Nhat Tran, Benjamin P. Turnbull, and Jiankun Hu, (2021). « Biometrics and Privacy-Preservation: How Do The They Evolve ? ». IEEE Open Journal Of The Computer Society. UNSW Canberra, The University of New South Wales, Canberra, ACT 2600, Australia, vol2, pp 179-191.

¹⁵ الدسوقي، فايزة، (2010). القياسات الحيوية وأمن المعلومات. ورقة عمل مقدمة إلى المؤتمر السادس: البيئة المعلومات الأمانة: المفاهيم، والتشريعات والتطبيقات، جمعية المكتبات والمعلومات السعودية ، 6-7 أفريل 2010، الرياض، ص15.

¹⁶ Sherman, william R. Craig, Alan M: Understanding Virtul Reality: Interface, Application, and Design, 2003, Edition 1, San Francisco, Morgan Kaufmann, p18.

¹⁷ محمد السيد، علي: تكنولوجيا التعليم والوسائل التعليمية، 2003، ط1، طنطا، دار الإسراء للطبع والنشر والتوزيع، ص35.

¹⁸ Khan, Mudassar Ali, Sabahat Israr, Abeer S Almogren, Ikram Ud Din, Ahmed Almogren & Joel J.P.C. Rodrigues, (2021). « Using Augmented Reality and Deep Learning to Enhance Taxila Museum Experience ». Journal Of Real-Time Image Processing, Springer-Verlag, Vol.18(2), 321-332.

¹⁹ بسيوني، عبد الحميد: تكنولوجيا وتطبيقات و مشروعات الواقع الافتراضي، 2015، ط1، القاهرة، دار النشر للجامعات، ص ص 28-32.

6. قائمة المراجع باللغة العربية:

1- بسيوني، عبد الحميد: تكنولوجيا وتطبيقات ومشروعات الواقع الافتراضي، 2015، ط1. القاهرة، دار النشر للجامعات.

2- مجموعة من الباحثين: كتاب الملتقى الدولي الموسوم بـ: توظيف الذكاء الاصطناعي في بناء المناهج التعليمية، 2024. الجزائر، منشورات المجلس الأعلى للغة العربية.

3- محمد السيد، علي: تكنولوجيا التعليم والوسائل التعليمية، 2003، ط1. طنطا، دار الإسراء للطبع والنشر والتوزيع.

4- مياو فينج، وآخرون: الذكاء الاصطناعي والتعليم، إرشادات لوضعي السياسات، 2021، ط1. باريس، اليونيسكو.

المجلات:

- 4- حسين محمد، أسماء، (2023). دور القياسات الحيوية في تحقيق الاتصال العلمي ودعم العملية التعليمية بأقسام المكتبات والمعلومات بالجامعات المصرية:دراسة تحليلية. المجلة المصرية لعلوم المعلومات، قسم المكتبات والمعلومات، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية، المجلد 10، العدد2. خليفة، زينب محمد حسن، (2018). شخصنة التعلم. مجلة دراسات في التعليم الجامعي، جامعة عين شمس، كلية التربية، مركز تطوير التعليم الجامعي، العدد39.
- 5- خليفة، زينب محمد حسن، (2018). تكنولوجيا تحليلات التعليم، مجلة دراسات في التعليم الجامعي، جامعة عين شمس، كلية التربية، مركز تطوير التعليم الجامعي، العدد38.
- 6- الدسوقي، فايزة، 2010. القياسات الحيوية وأمن المعلومات. ورقة عمل مقدمة إلى المؤتمر السادس: البيئة المعلومات الأمانة: المفاهيم، والتشريعات والتطبيقات، جمعية المكتبات والمعلومات السعودية، الرياض، 6-7 أفريل 2010، الرياض.
- 7- وفاء محمود، عبد الفتاح رجب، (2019). تطوير بيئات التعلم الإلكترونية التكيفية في ضوء تكنولوجيا تحليلات التعلم. المجلة العلمية المحكمة، الجمعية المصرية للكمبيوتر التعليمي، المجلد 7، العدد 1.

7. قائمة المراجع باللغة الأجنبية:

- 1- Ahmad Marouf, Mohammed K. Abu Yousef, Mohammed N. Mukhaimer, Samy S. Abu-Naser, (2018). « An Intelligent Tutoring System for Learning Introduction to Computer Science». International Journal of Academic Multidisciplinary Research (IJAMR), Vol 2 (2).
- 2- Akhras Georges, (2000). « Smart Materials and Smart Systems for the Future ». Canadian Military Journal, IRPP, vol 1, n 3.
- 3- Felder Richard, (1988). « Learning and Teaching Styles In Engineering Education ». Journal Of Engineering Education –washington-ER, American Society for Engineering Education, vol 78, n7.
- 4- Graesser, A. C., Conley, M. W., & Olney, A. (2012). « Intelligent tutoring systems ». In K. R. Harris, S. Graham, T. Urdan, A. G. Bus, S. Major, & H. L. Swanson (Eds.), APA educational psychology handbook, Vol 3. Application to learning and teaching.

5- Khan, Mudassar Ali, Sabahat Israr, Abeer S Almogren, Ikram Ud Din, Ahmed Almogren & Joel J.P.C. Rodrigues, (2021). « Using Augmented Reality and Deep Learning to Enhance Taxila Museum Experience ». Journal Of Real-Time Image Processing, Springer-Verlag, Vol.18(2).

6- Mariam, W. Alawar, Samy S. Abu Naser, S. S, (2017). « CSS-Tutor: An intelligent tutoring system for CSS and HTML ». International Journal of Academic Research and Development, Faculty of Engineering & Information Technology, Al-Azhar University, Gaza, vol 2(1)..

7- Quang, Nhat Tran, Benjamin P. Turnbull, and Jiankun Hu, (2021). « Biometrics and Privacy-Preservation: How Do The They Evolve ? ». IEEE Open Journal Of The Computer Society. UNSW Canberra, The University of New South Wales, Canberra, ACT 2600, Australia, vol2.

8- Sherman, william R. Craig, Alan M: Understanding Virtul Reality: Interface, Application, and Design,2003, , San Francisco, Morgan Kaufmann, Edition 1.

8. المواقع الإلكترونية:

-1-

https://jesi.journals.ekb.eg/article_318972_bcb9905fb741b6818fd960dfaacad6a0.pdf

-2- <https://imex.psu.edu/project/calcfLOW/>

-3-

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.OctagonStudio.Animal4DPlus&hl=ar>