" اتجاهات البحث العلمي في تكنولوجيا التعليم (٢٠٢٥ -٢٠٣٠)

Scientific Research Trends in (Educational Technology (2025-2030

إعداد

أ.د / خالد محمد فرجون

أســتاذ تكنولوجيا التعليم والمعلومات بجامعة حلوان (رئيس القسم ووكيل الكلية والعمادة سابقاً)

z.hazaimeh@inu.edu.jo

للمؤتمر العلمي الدولي السابع بدمياط: بعنوان "مستقبل الذكاء الاصطناعي في المؤسسات العلمية– التخطيط والصناعة والتطبيق وذلك يومي ١٣-١٤ اغسطس ٢٠٢٥

مجلة تكنولوجيا التعليم والتعلم الرقمي

المجلد (السادس)- العدد (العشرين) – مسلسل العدد (٢٠) - أغسطس ٢٠٢٥

ISSN-Print: 2785-9754 ISSN-online: 2785-9762

موقع المجلة عبر بنك المعرفة المصري

https://jetdl.journals.ekb.eg/

المستخلص

من المؤكد أن التكنولوجيا الرقمية أصبحت جزءًا لا يتجزأ من حياتنا اليومية، بل طريق جديد في مجال التربية لتُغير فكرنا البحثي. لقد تعددت الدراسات التي تناولت اتجاهات البحث العلمي في تكنولوجيا التعليم منها دراسة للباحث عام ٢٠١٧ بعنوان "بحوث تكنولوجيا التعليم بين التكرار والابهار، أكدت أن السبب الأول والحقيق لافتقاد قيمة العلم والبحث العلمي في مصر ليس الإنفاق الهزيل فحسب، لكن في عدم جاهزية الثروة البشرية، التي أودت بمصر في كثير من التخصصات العلمية الى التقهقر لمراكز متأخرة في القائمة العالمية لجودة التعليم والبحث العلمي، اعقبها دراسة أخرى عام ٢٠٢٣ بعنوان "خطوة نحو الاستثمار في بحوث تكنولوجيا التعليم" بهدف الإفادة منها لتمكين اقسام تكنولوجيا التعليم داخل الجامعات المصرية من تطوير نفسها من هيئة تدريس ومعاونين، كي يصبحون فيما بعد مصدر للثقة والأمل لتطوير التعليم. واليـوم ومع الطفرة الهائلة للذكاء الاصطناعي في كافة المجالات، والحاجة لاستغلاله في مجال التعليم الذي ما زال في بدايته، خاصة في الدول النامية، افصحت شركة"Gartner" في تقريرها السنوي نهاية ٢٠٢٤ عن التقنيات الناشئة، بمعلومات تصف وصول الذكاء الاصطناعي إلى السوق كتقنية واعدة في اغلب البلدان المتقدمة، إلا انه ما زال في بدايته في الدول النامية.لقد رجعت الـورقـة البـحـثـيـة الـحـالـيـة الى كثير من الدراسات والبحوث، التي كشفت عن أبحاث الذكاء الاصطناعي وكيف ركزت توصياتها على ضرورة النظر في تصميم البيئات التعلمية التكيفية، ودراسة متغيراتها البنائية، والاهتمام بالتعلم المخصص وربطه بنتائج تحليلات التعلم كسند أساسي للحكم على جودة هذه البيئات، بجانب الاهتمام بالاعتبارات الأخلاقية عند تصميم هذه البيئات، بل وأكدت أن الذكاء الاصطناعي قادم بلا جدال، وأن أحد الأسباب لانتشار أبحاثه في الآونة الحالية والقادمة، كونه مجال سريع التطور، وأن كثير من الشركات والجامعات في الولايات المتحدة والصين والمانيا تعمل على مشاريعه، وتحمل كثير من الاستثمارات عند توظيفه.

من خلال ما اسفرت عنه نتائج الدراسات السابقة وكذلك ما أشارت اليه "روبوتات الدردشةChatbots "، سعت ورقة البحثية الحالية في هدفها الاول إلى: تعريف الباحثين الجدد في السنوات الخمس القادمة بأبرز الاتجاهات الحالية والمستقبلية للبحث عن أنسب المتغيرات البنائية للذكاء الاصطناعي والنظم الالية في التعليم" عند تصميم البيئات التكيفية والتعلم المخصص، وعند استخدام مساعدي التعلم الافتراضيين، وتوظيف تحليلات التعلم التوليدي التكيفي للمحتوى، وكذلك الذكاء الاصطناعي الأخلاقي والعادل، وأنظمة التقييم التكيفي.

كما سعت الورقة الحالية في هدفها الثاني الى: التعريف بأكثر المتغيرات البنائية دعماً للاتجاهات الحديثة التي يمكن تناولها داخل الاستراتيجيات الحديثة المعتمدة على الذكاء الاصطناعي مثل: التعلم عن بعد والتعلم المختلط، تطوير منصات التعلم المرنة، تجارب التعلم الغامرة من خلال الواقع الافتراضي والواقع المعزز والميتافيرس، وتقنيات الألعاب التحفيزية وغيرها من الاستراتيجيات، وأخيرا التحديات التي قد تواجه البحث العلمي للذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في العملية التعليمية.

الكلمات المفتاحية : اتجاهات البحث العلمي ، تكنولوجيا التعليم .

اتجاهات البحث العلمي في تكنولوجيا التعليم (٢٠٢٥- ٢٠٣٠)

من المؤكد أن التقنية الرقمية أصبحت جزءًا لا يتجزأ من حياتنا اليومية، بل ومع مرور الوقت ستتوغل بسعتها الذكية، لتصبح طريق جديد في مجال التربية لتُغير فكرنا البحثي عن توظيف المعلومات، وكيفية تواصلنا مع بعضنا البعض، وربما للاطلاع على جوانبنا العاطفية بل وما يدور بداخلنا، مما سينعكس على اتجاهات البحث العلمي لاحقاً. نتيجةً لذلك، بدأ المشهد التعليمي يتغير أيضًا، إذ لم تقتصر هذه التغييرات على المناهج التعليمية فحسب، بل ازدادت في السنوات الأخيرة شعبية الوسائط التعليمية التفاعلية واتجاهات البحث نحوها، وبدا واضحاً في استخدم الطلاب للأجهزة اللوحية بدلًا من الاوعية الورقية، واستخدام المعلمون لمنصات تعليمية عبر الانترنت مثل Google Classroom و Edmodo و Power School و Moodle. ويُمكننا ملاحظة هذه التطورات الحديثة واخرها البحث عن توظيف الذكاء الاصطناعي AI، وتطبيقاته داخل وخارج البيئات التعليمية.

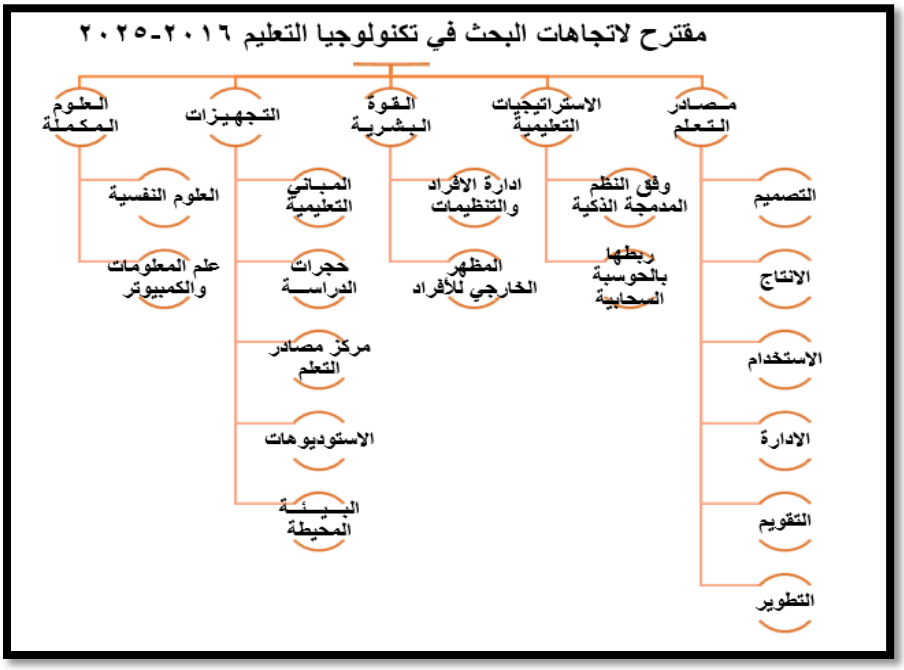
لقد تعددت الدراسات التي تناولت اتجاهات البحث العلمي في تكنولوجيا التعليم، منها ما تناوله الباحث الحالي عن دراسة بعنوان "بحوث تكنولوجيا التعليم بين التكرار والابهار (خالد فرجون، ٢٠١٧) إذ أكدت هذه الدراسة أن السبب الأول والحقيق لافتقاد قيمة العلم والبحث العلمي في مصر ليس الإنفاق الهزيل فحسب، ولكن الحقيقة تكمن في الثروة البشرية غير المجهزة التي أودت بمصر الى التقهقر الى مركز متأخر في القائمة العالمية لجودة التعليم والبحث العلمي، وهذا ما يبدوا واضحا في تكرار البحوث العلمية وبالتحديد في مجال تكنولوجيا التعليم، والذي انعكس على كثير من مؤسساتنا التعليمية حيث لا تحمل أغلب هذه البحوث بداخلها إلا قليل من الروابط المعرفية والتطبيقية والمستحدثة لقيمة العلم والبحث العلمي، بل واصبحت الحقيقة متروكة لاجتهادات فردية متغيرة دون أي معيار

علمي مقنن، قد لا يرتبط بإنفاق مالي أو مادي، بل يحتاج لقدوة وتفاني في حب العمل البحثي، بحيث يبتعد عن التكرار، ويسعى للوصول للابتكار والإبهار لتوظيف كل ما هو جديد وفعال في مؤسساتنا التعليمية.

لذا فإذا كنا بحاجة لترسيخ قيمة البحث العلمي ودعمه، وتطوير واقعنا التعليمي، لابد ان نرسخ هذا المعنى في نفوس شباب الباحثين، وخاصة في مرحلتي الماجستير والدكتوراه، حتى نزرع فيهم قيمة البحث العلمي الحقيق، للحد من حالة الفوضى العارمة، وبالتحديد عند التسجيل لبحوثهم في مجالنا.

لقد تطرق كثير من المتخصصين للبحث العلمي ومشكلاته في مصر، ولذا سعيت وقتها هذه الورقة لطرق الباب على واقع البحث العلمي في مجال تكنولوجيا التعليم، وبالتحديد للبحوث المقدمة من الدارسين في مرحلتي الماجستير والدكتوراه، اللذين توقف اغلبهم عند حد التقليد والتكرار، وربما ساعدهم في ذلك بعض المشرفين غير المتفرغين للبحث العلمي، إلا أن هذه الورقة البحثية لم تتوقف عند إظهار الفجوات البحثية، إلا انها اختُتمت باقتراح لسد الفجوات في المجالات المغفلة في البحث في تكنولوجيا التعليم بحيث تتوافق مع المستجدات الوافدة على المجال في السنوات القليلة القادمة في وقتها (٢٠١٦-٢٠٢٥)، حتى تصبح بحوث تكنولوجيا التعليم؛ بحوث مبهرة غير متكررة فتحقق أهدافها وتدعوا الجميع لتوظيفها في المؤسسات الحكومية والاهلية.

وجاء التصور وقتها في طرح خريطة بحثية في الفترة من ٢٠١٦-٢٠٢٥، بل وإخذ بها كثير من اقسام تكنولوجيا التعليم، ويوضح الشكل (١) خريطة البحث التي اقترحت في هذا الدراسة (خالد فرجون، ٢٠١٧):



شكل (١) مقترح لاتجاهات البحث العلمي في تكنولوجيا التعليم ٢٠١٦-٢٠٢٥

وبعد عدت سنوات وبالتحديد منذ عامين نشر الباحث مرة أخرى (خالد فرجون، ٢٠٢٣) دراسة بعنوان "خطوة نحو الاستثمار في بحوث تكنولوجيا التعليم" بهدف الإفادة من هذه البحوث الجديدة واستثمارها وتمكين اقسام تكنولوجيا التعليم داخل الجامعات المصرية من تطوير نفسها من هيئة التدريس ومعاونين، كي يصبحون فيما بعد مصدر للثقة والأمل لتطوير التخصص. وجاءت هذه الورقة البحثية استكمالا للورقة السابقة (خالد فرجون، ٢٠١٧) وأصبح شغلها الشاغل "كيفية الاستثمار في بحوث تكنولوجيا التعليم".

ومن الحلول المقترحة التي سعت اليها هذه الورقة؛ الاستفادة من هذه المعارف المهدرة والاستفادة من الخريطة البحثية المقترحة عام ٢٠١٧ للتطوير باستخدام نماذج إدارية حديثة تسهم في تحقيق المطالب المجتمعية المتنامية والمتغيرة كأنموذج Stewart لرأس المال الفكري(رأس المال الهيكلي، رأس المال البشري، رأس المال الزبائني) والذي يهدف لتوظيف عناصره للإفادة من هذه البحوث، ومعرفة متطلبات استثمارها، للوصول للمتطلبات المستقبلية لتكنولوجيا التعليم من أجل تحديد المتطلب الاستثماري طويل الاجل، خاصة في مرحلتي الماجستير والدكتوراه، بحيث توظف هذه النتائج في الفترة القادمة، وذلك تمهيدا لتطوير مهام ولوائح اقسام تكنولوجيا التعليم، وربطها باحتياجات سوق

العمل العالمي خاصة مع انشار أنظمة الذكاء الاصطناعي في كافة مجالات الحياه بما فيها مجالي التعليم والتدريب.

واستكمالا لم سبق من طرح ومع التطورات الأخيرة في توظيف الذكاء الاصطناعي في البحث العلمي في التعليم وبعد الرجوع للعديد من الدراسات والبحوث وأنظمة جمع المعلومات الحديثة من دراسات متاحة على شبكة المعلومات Internet، وعدد من روبوتات الدردشة، توصل الباحث لعدد من الدراسات منها ما قدمته شركة "جارتنر" (Gartner, 2024)، في تقريرها السنوي عن التقنيات الناشئة وتوظيفها في المجال التربوي، وعن وصول الذكاء الاصطناعي إلى السوق واعتباره تقنية واعدة. ووفقًا لهذا التقرير، القائل بأن "القدرة على استخدام الذكاء الاصطناعي لتحسين عملية اتخاذ القرار، وإعادة ابتكار نماذج الأعمال والنظم البيئية، وإعادة تصميم تجربة العملاء، سيُعزز من عوائد المبادرات الرقمية بداية من وقتنا الحالي ٢٠٢٥".

كما أظهر تقرير "جارتنر" أن ٥٩% من المؤسسات من المرجح أن تُطبق استراتيجيات الذكاء الاصطناعي قبل عام ٢٠٣٠، وأن مؤسسات أخرى قد أحرزت تقدمًا في اعتماد حلول الذكاء الاصطناعي، بما في ذلك المؤسسات التعليمية.

من ناحية أخرى، تجدر الإشارة إلى أن السبب الرئيس وراء رغبة هذه المؤسسات والاسواق ككل في استخدام الذكاء الاصطناعي في أعمالها هو مكاسبه المتنوعة، من خلال موارد بشرية أقل، ورواتب أقل. ويُعد هذا أحد المخاوف الرئيسية بشأن استخدام الذكاء الاصطناعي للعاملين، وخاصة في المجال التعليمي، حتى حذّرا مؤخرًا "ايلون ماسك واستيفن" William Hawking Stephen & Elon Musk من تهديدات هذا الذكاء كتقنية جديدة، ومع ذلك أشار بعض المتخصصين الاخرين "أن الذكاء الاصطناعي لا يُشكّل مصدر قلق كبير بالمعنى المنتشر، إذ لطالما أن الجزء الضروري من الدراسة الفعّالة هو التفاعل مع التفاعل البشري مع مراعاة الجوانب الأخلاقية والامنة (Akhmadieva, Roza Sh. & et. Al, 2024, p.1).

من هذا المنطلق لوحظ منذ سنوات عديدة تأثر قطاع التعليم بشكل كبير بالذكاء الاصطناعي، حيث أشار تقرير "نوانا" (Nwana H., 1990) وقتها عن كيفية تأثير الذكاء الاصطناعي على الأفراد والمجتمع، ويعتقد أن هذا التأثير قد زاد مع انتشار "تطبيقات الذكاء الاصطناعي التي تُستخدم على نطاق واسع من قِبَل المعلمين والمتعلمين في وقتنا الحالي، مع بعض الاختلاف بين رياض الأطفال

والمرحلة الثانوية والجامعات"، بما في ذلك أدوات وتقنيات كروبوتات التدريس الذكية، وأنظمة التدريس الذكي، وأنظمة التعلم التكيفي. كما يُمكننا ذكر تطبيقات الذكاء الاصطناعي مثل بناء المهارات التكيفية، والجدولة، والتعليم المهني، وغيرها الكثير (Akhmadieva, Roza Sh. & et. Al, 2024, p.3).

من هذا المنطلق أثارت أحدث التطورات التكنولوجية اهتمامًا كبيرًا لدى الباحثين لتوظيف الذكاء الاصطناعي في التعليم. بالتوازي مع ذلك، أعرب الباحثون عن قلقهم إزاء هذا الاستخدام وتطبيقاته في التعليم. ومع ذلك، ما زالت هناك فجوة بينتها البحوث بأن هناك نقص في الأبحاث التي تدرس بشكل شامل ومتكامل نحو اتجاهات استخدام الذكاء الاصطناعي في التعليم العالي. لذلك، فقد رجعت الورقة البحثية الحالية الى عدد من الدراسات أكثرها في السنوات الأخيرة منها: دراسة" روزا وزملاءها" (Roza Sh. Akhmadieva, & at al.,2024) حيث هدفت هذه الدراسة إلى تحليل وتقييم اتجاهات عدد من أبحاث الذكاء الاصطناعي في التعليم العالي في قاعدة بيانات SCOPUS، حيث أجريت تحليلًا ببليومتريًا لـ ٥٠٠ دراسة حول أبحاث الذكاء الاصطناعي في التعليم. كشفت نتائجنا أن استخدام الذكاء الاصطناعي في التعليم قد ازداد بشكل كبير منذ عام ٢٠١٧ (Chu. R. & at al., 2022). وعلى وجه الخصوص، لوحظت زيادة كبيرة بلغت ذروتها بعد عام ٢٠٢٢، كما وجدت الدراسة تفاعلًا محدودًا بين الباحثين الذين يدرسون متغيرات الذكاء الاصطناعي. علاوة على ذلك، تشير النتائج إلى أن معظم المؤسسات الأكثر تأثيرًا تقع في الدول المتقدمة كالولايات المتحدة الامريكية والصين وألمانيا.

كما أُجريت دراسات أخرى حول توظيف الذكاء الاصطناعي والتعليم العالي لفحص استخدامه في البحث التربوي العام، على سبيل المثال، دراسة أجراها "جو وزملاءه" (Guo et. al,2024) لتحليلًا ببليومتريًا على ٦٨٤٣ منشورًا في البحث التربوي العام. أشارت نتائجهم إلى أن الصين والولايات المتحدة وألمانيا والهند وإسبانيا كانت في طليعة الجهود البحثية، وأن أبحاث الذكاء الاصطناعي في التعليم تعطي الأولوية للتعليم العالي على التعليم من الروضة إلى الصف الثاني عشر. وكشف البحث عن ١٥ موضوعًا بحثياً، خاصتاً في مجالي الروبوتات التعليمية وتحليلات البيانات الضخمة. ووجدوا أن الذكاء الاصطناعي استُخدم في أبحاث مختلفة، ذات صلة بالتعلم المخصص والتكيفي، ومساعدي التعلم الافتراضيين، وفي تحليلات التعلم، وفي الذكاء التوليد التكيفي للمحتوى، وفق الذكاء الاصطناعي الأخلاقي والعادل، وفي أنظمة التقييم التكيفي، ولكن جاءت اغلبها بعمومية، إلا أن الكثير من متغيراته

البنائية ما زالت محل بحث، كما أن بناء البيئات التكيفية مصدر كبيير لاحتياجات البحث العلمي الان.

كما أجرى "براهاني وزملائه"(Prahani, B. K. & at. Al, 2022) بحثاً باستخدام تحليل ببليومتري على ٤٥٧ منشورًا حول اتجاهات البحث العلمي للذكاء الاصطناعي في التعليم العام، وأشارت نتائجه إلى أن تقديم هذه الأبحاث قد نما بسرعة في السنوات الخمس الماضية. وكانت المقالات ومصادر المجلات هي الوثائق الأكثر انتشارًا، وكان للصين أعلى معدل توزيع ومعها الولايات المتحدة الامريكية وألمانيا. وكشفت الدراسة أن أبحاث الذكاء الاصطناعي خلال العقد الماضي ركزت على التطبيقات الموجهة للطلاب، والتعليم الهندسي، والمناهج التربوية، حيث مكّن برنـامج Visualizing scientific landscapes (VOSviewer) الباحثين من فهم الهياكل الأساسية في الأدبيات بشكل أفضل " فان إيك ووالتمان"،(Van Eck, N. J., and Waltman, L. 2010) ، إذ تتيح تقنيات التصور المتنوعة لبرنامج VOSviewer للباحثين تحديد مجموعات بحثية حول موضوع معين وتتبع تطور القضايا أو الأسئلة بمرور الوقت.(Hatice Çifçi & et al., 2024) .

كما تناول بحث "لفلوريس فيلاسكيز وزملائه" (Flores-Velásquez & at.al, 2024) عدة دراسات فحصت قبول تقنيات الذكاء الاصطناعي في التعليم العالي. ومع ذلك، ركز بحثهم على قبول الطلاب لتقنيات الذكاء الاصطناعي، حيث راجعوا ٥٦ منشورًا من Scopus، وكشفت نتائجهم عن وجود العديد من البحوث في هذا الجانب إلا أن هناك حاجة لتناول العديد من المتغيرات لزيادة دور هذه التقنية في فاعلية البيئات التعليمية.

كما أجرى "بوند وزملائه" (Bond, M. & at. Al, 2024) دراسة بعدية ومراجعة منهجية للتحقيق في الدراسات حول الذكاء الاصطناعي في التعليم العالي، حيث قيموا المقالات بين عام ٢٠١٨ ويوليو ٢٠٢٣. وقد كشفت نتائج الدراسة أن معظم المراجعات فحصت الذكاء الاصطناعي على نطاق واسع ٤٧% منهم ٢٨،٨% ركزت على تحديد الملفات الشخصية والتنبؤ. ومع ذلك، أشارت النتائج الرئيسية إلى أن الأنظمة التكيفية والتخصيص هما أكثر الأساليب استخدامًا في التعليم العالي، وأن هناك حاجة لإعادة دراسة المتغيرات البنائية داخل البيئات التكيفية والتعلم المخصص والاهتمام بنتائج تحليلات التعلم بجانب الاعتبارات الأخلاقية.

كما اشارت نتائج دراسات عديدة إلى أن الذكاء الاصطناعي كان أحد الموضوعات الساخنة في البحث التربوي وأن أبحاثه أظهرت زيادة في التعليم العالي. ويعد أحد الأسباب لانتشار أبحاث الذكاء الاصطناعي لكونه مجال سريع التطور يمكنه تحسين جودة التعلم والتدريس على جميع المستويات، ومن هذه الدراسات: (Akhmadieva et al., 2023؛ Bond et al., 2023. ؛ Shamkuwar et al., ؛ Prahani et al., 2022. ؛2024 ،López-Chila et al., 2024. 2023، 2023، ويمكن تفسير هذه النتيجة لعدة عوامل: **العامل الأول** هو أن الشركات والجامعات تعمل على مشاريع الذكاء الاصطناعي المهمة، وقد تم تنفيذ استثمارات كبيرة في تطوير الذكاء الاصطناعي، كما يتم توجيه أموال الأبحاث الجامعية الكبيرة هذه إلى تطوير الذكاء الاصطناعي نظرًا لإمكاناته لتحويل أبعاد مختلفة من التعليم والحاجة إلى دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في التعليم العالي لتحسين النتائج التعليمية والكفاءة المؤسسية الشاملة. **العامل الثاني** هو أن دوافع مؤسسات التعليم العالي للاستثمار في الذكاء الاصطناعي إمكانية تحسين تجارب التدريس والتعلم. إذ يمكن لتطبيقات الذكاء الاصطناعي تخصيص التعليم من خلال تحليل كميات كبيرة من بيانات الطلاب لتخصيص عملية التعلم (Frontiers in Education, 2024) .

وقد اتفق ذلك مع نتائج ما وصلت اليه الدراسات سالفة الذكر، وما أشار اليه "ربوت الدردشة GPT" عند الرجوع اليه في العاشر من يوليو ٢٠٢٥، عن اتجاهات البحث العلمي في استخدام الذكاء الاصطناعي في التعليم، إذ أشار بصورة عامة أن تقنيات الذكاء الاصطناعي تطورت تطورًا كبيرًا في مجال التعليم العالي، حيث احدثت تحولًا ملحوظاً في جوانب متعددة من التعليم والتعلم والإدارة. ومن أبرز الاتجاهات التي أشار اليها (OpenAI., 2025) مستندا على العديد من الدراسات، **أن هناك حاجة للبحث العلمي في استخدام الذكاء الاصطناعي في التعليم العالي وخاصة في المجالات التالية:**

١. **التعلم المخصص** :إذ يجب أن يُستخدم الذكاء الاصطناعي لتقديم تجارب تعليمية مخصصة من خلال تحليل بيانات الطلاب وسلوكياتهم لتكييف المحتوى وسرعة التعلم وفقًا لاحتياجات كل طالب.

٢. **المساعدات الافتراضية والدردشة الآلية** :أن تعتمد العديد من المؤسسات على روبوتات الدردشة والمساعدات الافتراضية المدعومة بالذكاء الاصطناعي للقيام بالمهام الإدارية، وتقديم الدعم للطلاب، والإجابة عن الاستفسارات، وتوجيههم في اختيار المقررات والخدمات الجامعية.

٣. **التحليلات التنبؤية :**تقوم خوارزميات الذكاء الاصطناعي بتحليل البيانات التاريخية للتنبؤ بأداء الطلاب، وتحديد أولئك المعرضين لخطر الفشل، واقتراح تدخلات مناسبة لتحسين معدلات النجاح والاستبقاء.

٤. **التصحيح التلقائي والتغذية الراجعة :**تساعد أدوات الذكاء الاصطناعي في تصحيح الاختبارات، خاصة متعددة الخيارات، وتقديم ملاحظات فورية، مما يتيح للمعلمين مزيدًا من الوقت للتفاعل الفردي مع الطلاب.

٥. **منصات التعلم التكيفي:** تقوم هذه المنصات بتعديل المحتوى تلقائيًا بناءً على تفاعل الطلاب في الوقت الفعلي، مما يسهم في تعزيز المشاركة وتحقيق نتائج تعليمية أفضل.

٦. **اتخاذ القرار القائم على البيانات:** تُمكن تقنيات الذكاء الاصطناعي المؤسسات من تحليل كميات ضخمة من البيانات لاتخاذ قرارات استراتيجية دقيقة بشأن توزيع الموارد، وتطوير المناهج، والتخطيط المؤسسي.

٧. **دعم البحث العلمي:** يُستخدم الذكاء الاصطناعي في دعم البحث من خلال تحليل كميات ضخمة من البيانات، واكتشاف الأنماط، وتوليد رؤى جديدة في مختلف التخصصات، من الطب إلى العلوم الاجتماعية.

٨. **الاعتبارات الأخلاقية:** يزداد الاهتمام بالجوانب الأخلاقية مع تزايد استخدام الذكاء الاصطناعي، مثل حماية الخصوصية، والانحياز في الخوارزميات، وضمان الشفافية في اتخاذ القرارات المدعومة بالذكاء الاصطناعي.

٩. **تطوير المهارات:** تسعى الجامعات إلى إدراج مهارات الذكاء الاصطناعي ضمن المناهج الدراسية، لإعداد الطلاب لسوق عمل يعتمد بشكل متزايد على هذه التقنيات.

١٠. **تعزيز التعلم عن بعد:** لعب الذكاء الاصطناعي دورًا مهمًا في تحسين تجربة التعليم عن بعد، خاصة خلال الأزمات العالمية مثل جائحة كوفيد-١٩، من خلال التقييمات الإلكترونية، والمختبرات الافتراضية، والمراقبة عن بعد.

من خلال ما اسفرت عنه نتائج الدراسات السابقة وما أشار اليه "ربوت الدردشة Chat GPT (OpenAI., 2025)يعكس بوضوح تنامي اعتماد التعليم العام والعالي على الذكاء الاصطناعي بهدف تحسين الكفاءة، وتعزيز النتائج التعليمية، وتطوير تجربة التعلم داخل القاعات الدراسية وخارجها، ومن هنا فإن الورقة الحالية تهدُف الى توجيه الباحثين نحو اتجاهات البحث العلمي في السنوات الخمس القادمة من خلال:

١- البحث عن أنسب المتغيرات البنائية للذكاء الاصطناعي والنظم الالية في التعليم" عند تصميم البيئات التكيفية.

٢- البحث عن أكثر المتغيرات البنائية دعماً للاتجاهات الحديثة التي يمكن تناولها داخل الاستراتيجيات الحديثة المعتمدة على الذكاء الاصطناعي كالتعلم عن بعد والتعلم المختلط، وغيرها.

انطلاقا مما سبق وبعد الرجوع لعدد من الدراسات والبحوث سالفة الذكر وعدد من روبوتات الدردشة، فإن اتجاهات البحث العلمي في تكنولوجيا التعليم اخذت عدة مسارات، مدفوعة بالتقدم التكنولوجي المتسارع والحاجة الملحة لتكييف العملية التعليمية مع متطلبات العصر. وفيما يلي أبرز هذه الاتجاهات الحالية والمستقبلية ومتغيراتها البنائية التي بحاجة للبحث في مرحلتي الماجستير والدكتوراه، وكذلك مراحل الترقي، وذلك لدعم البيئات التعليمية الالكترونية في الآونة القادمة:

أولا: المتغيرات البنائية لاستخدام الذكاء الاصطناعي والنظم الالية في التعليم عند تصميم البيئات التكيفية:

١- التعلم المخصص والتكيفي Personalized and adaptive learning.

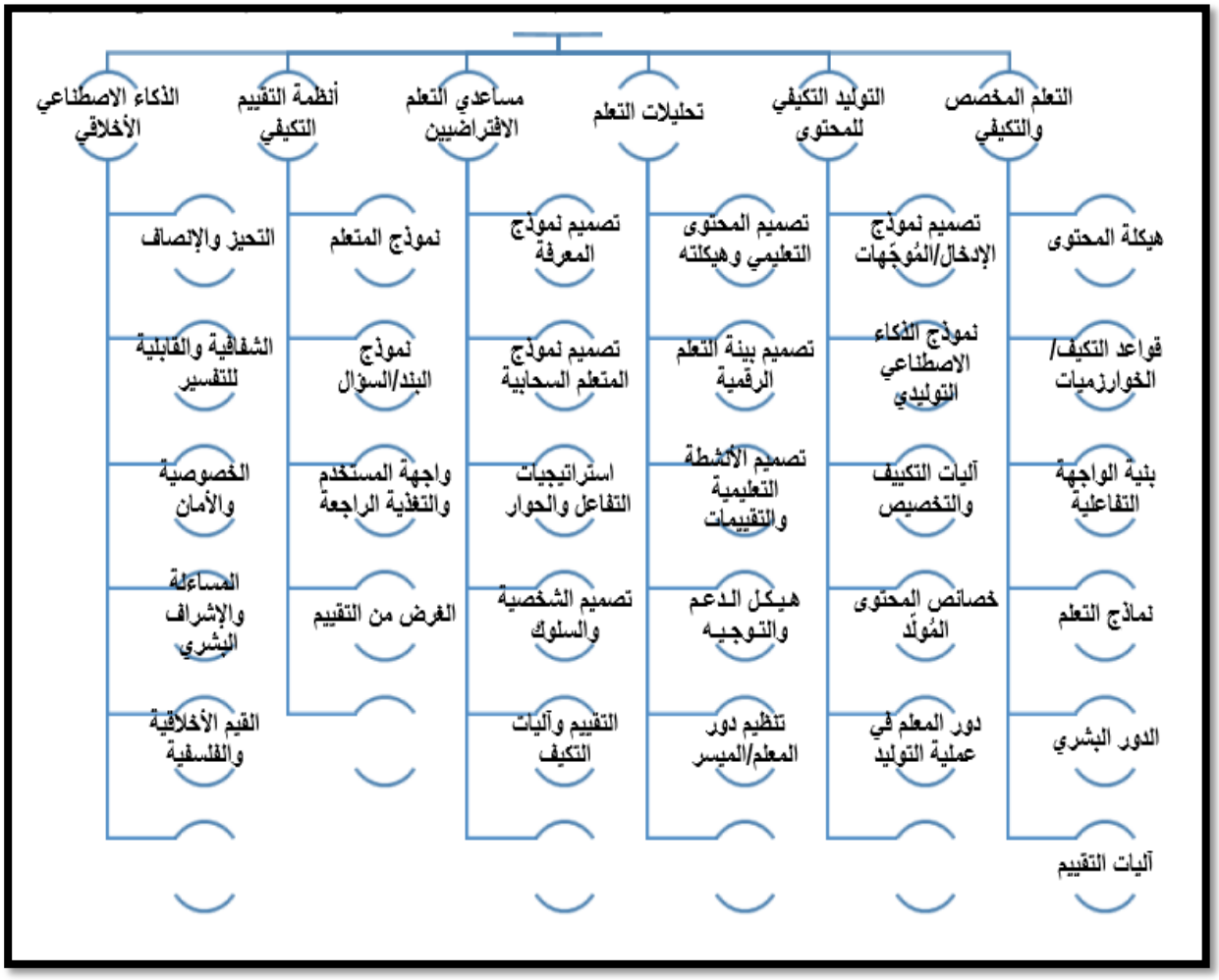
٢- مساعدي التعلم الافتراضيين AI Tutors .

٣- تحليلات التعلم Learning Analytics .

٤- التوليد التكيفي للمحتوى Adaptive content generation.

٥- الذكاء الاصطناعي الأخلاقي والعادل Ethical and fair artificial intelligence.

٦- أنظمة التقييم التكيفي Adaptive Testing systems .



شكل (٢) **الاتجاهات المستقبلية للبحث في استخدام الذكاء الاصطناعي والنظم الالية في البيئات التكيفية**

١- المتغيرات البنائية للبحث العلمي في التعلم المخصص والتكيفي:

يعني استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات المتعلمين وتقديم محتوى تعليمي وذات مسارات تعلم مخصصة تتناسب مع قدراتهم واحتياجاتهم الفردية، ولذا يمكن تناول العديد من المتغيرات البنائية Structural Variables عند تصميم وتطبيق أنظمة التعلم المخصص والتكيفي، بكيفية بناء وتشكيل بيئة التعلم، وتؤثر بشكل مباشر على فعالية التخصيص والتكيف، وهنا يمكن للباحث الجاد

تجهيزها والتلاعب بمتغيراتها وأن تكون ذات صلة بالمتغيرات التابعة وقياس تأثيرها على نتائج التعلم. ومن أبرز هذه المتغيرات:

- **هيكلة المحتوى التعليمي Content Structure:**

- **الأنماط المختلفة للمحتوى Content Modalities:** يتناول هذا المتغير التجريبي أشكال متنوعة للمحتوى من النصوص، الصور، الفيديوهات، الرسومات المتحركة، الرسومات البيانية، المحاكاة، الصوتيات، مع اختلاف انماطهم ومستوياتهم وهنا على مصمم البيئات التكيفية أن يقدم أنماطًا مختلفة من هذه الاشكال المتنوعة واضع في اعتباره ربط هذه المتغيرات البنائية بتحليلات التعلم وما تحمله داخلها من تفضيلات المتعلم أو احتياجاته، التي يجب ان توفرها البيئة التعلمية، بحيث نصل في البحث العلمي قبل بناء هذه البيئة لانسب الأنماط وذلك من خلال ربطها بنتائج الاختبارات والمقاييس بما يعطي الامكانية للباحثين في هذه البيئة التعليمية بإدخال نتائج تفاعل هذه المتغيرات البنائية وتحديد انسبها في البيئات التكيفية، وبتوفير أنماط مختلفة لأشكال المحتوى، مما يتيح الفرصة ويسهل تكيفها مع مختلف أنماط المتعلمين المترددين، ويسهل عليهم التنقل، والتوليد بين العناصر المتعددة للمحتوى حسب طبيعة المحتوى واهدافه.

- **التجزئة Granularity:** يتناول هذا المتغير التجريبي مدى صغر أو كبر الوحدات التعليمية Educational modules، فمثلا: يتم تقسيم المحتوى إلى أجزاء صغيرة جدًا مثل مفاهيم فردية أو جمل ، أو إلى وحدات أكبر كالفصول أو والوحدات الدراسية، وربط ذلك بنتائج التعلم المخصص المستخلص من تحليلات التعلم والذي قد يستفيد من التجزئة العالية لتسهيل إعادة التركيب والتكيف، وهذا قد يكون محل بحث لتجزئة محتوى الوحدات عند ربطها بمتغيرات أخرى منبثقة من تحليلات التعلم، وتحديد التصميم الأنسب لكل فئة من المتعلمين عند تواجده داخل البيئة التعلمية التكيفية، مما يسهل تمتعهم بعناصر هذه البيئة، ويجعل التكيف حقيق وفعال وممتع دون وجود قوالب جامدة كما كان الحال في البيئات الرقمية التقليدية.

- **الترابط Interconnections/Dependencies:** يرتبط هذا المتغير بكيفية ربط الأجزاء المختلفة من المحتوى ببعضها البعض، وبمدى التسلسل (إلزامي، أو علاقات متوازية، أو

متطلبات مسبقة) مع تحديد هذه الترابطات لإنشاء مسارات تعلم منطقية، وقد يكون التلاعب بالترابط من خلال نمط العلاقات (المنطقية/ الزمنية / المتكاملة).. وهكذا

- **قواعد التكيف/الخوارزميات Adaptation Rules/Algorithms:**

- **معايير التكيف Adaptation Criteria**: ترتبط المتغيرات التجريبية بمعايير التكييف التي تستند إليها عملية التكيف ذاتها، مثل ضعف/ قوة المتعلم في موضوع تعليمي محدد، والتي يمكن الوقوف عليها من خلال تحليلات التعلم سواء بالاختبارات أو المقاييس النفسية، ومن ثم توفير مواد دعم إضافية له تتزايد وفق رغبته حتى يحدث التعلم التكيفي داخل هذه البيئة بصورة متكاملة تربط عناصر المحتوى بالمعايير من جهة وتحليلات المتعلمين من جهة اخرى، وهنا يجب على الباحث أو مصمم البيئة الاهتمام بالمعايير اللازمة لإحداث التكيف، وتجريبها على فئات مختلفة سواء عناصر المحتوى وربطها مع مستويات متعددة من المتعلمين وفق قدراتهم المعرفية واستعداداتهم وما الى ذلك.

- **استراتيجيات التكّيف Adaptation Strategies**: يجب أن تتاح هذه الاستراتيجيات داخل البيئة التعلمية؛ الإجراءات التي يتخذها النظام للتكيف، ومن ثم تصبح كمتغيرات يمكن أن يتنقل منه خلالها الباحث الى أفضل الاستراتيجيات وفق طبيعة المتعلم وميوله واتجاهاته وقدراته العقلية وتفضيلاته ومنها:

  - **تغيير مستوى الصعوبة:** يعتمد هذا المتغير على زيادة أو تقليل تعقيد المهام، بحيث يطرح الباحث درجات التعقيد بحيث تتح الفرصة للمتعلم لاختيار انسبها ويترك له الوقت لتحقيق أهدافه ويقاس اقل وقت للاجتياز، مع ربط ذلك بتحليلات التعلم الخاصة بالمتعلم ومدى تقدمه في هذا الوقت ومدى ارتباط تقدمة بالجديد من التخصص لتطوير تحقيق أهدافه التعليمية اثناء عملية التعلم.

  - **تغيير طريقة عرض نمط المحتوى:** قد يشتمل تغير استراتيجية التكيف التلاعب بمتغيرات ذات صلة بالتحول من نص إلى كلام مسموع أو إلى صور أو الى فيديو أو العكس، ويرتبط هذا المتغير بتحديث حرية المتعلم للتنقل من نمط لأخر وهذا يرتبط بالتلاعب في متغيرات ذات صلة بسرعته في التنقل أو في تلقي المعلومات ودقتها

وتفسيرها وجاهزيتها للانتقال الى جزء أكثر ترقي للمحتوى، وربط كل ذلك بتحليلات التعلم السابقة وسرعته ودقته في تحقيق الأهداف وتطويره بالمقارنة بمتعلمين اخرين.

- **تقديم محتوى مختلف:** قد يرتبط التلاعب أو الإتاحة لوجود استراتيجيات متعددة للتكيف في عرض محتوى بديل أو إضافي داخل البيئة التكيفية، بحيث تتاح الفرصة للمتعلم للاختيار بين المحتويات المختلفة وعلى الباحث أن يعتبر عنصر الوقت أو السرعة وتنوع شكل المحتوى (نصي /صور / فيديو) أو التوليد بينهم طرق يمكن المقارنة بينها للوصول لأنسب محتوى داخل هذه البيئة عند تحقيق للمتعلم أهدافه في أسرع وقت واقل تكلفة ودقة.

- **تغيير مسار التعلم:** قد يطرح الباحث عدة مسارات لتوجيه المتعلم لمسار جديد، وقد يكون هذا المسار مليء بالعقبات أو بما اقل عقبات وعلى المتعلم في ضوء خبراته أن يسير وفق سرعته، ويتحدد القياس المناسب في زمن ودقة المتعلم لتحقيق أهدافه التعليمية.

- **تقديم تلميحات أو ملاحظات:** ترتبط المتغيرات البحثية في هذا الجانب بتوفير دعم إضافي أو توجيه باستخدام أنماط متعددة من التلميحات أو الملاحظات، وعلى الباحث أن يقيس مدى معدل سرعة المتعلم في تحقيق اهداف التعلم ورباطها بالتطوير المستمر، ومع التلاعب بالمتغيرات ذات الصلة بنمط تقديم التلميحات أو الملاحظات للوصول إلى انسبها حتى لا تتوفر الكثير من التلميحات أو الملاحظات الي ربما كثرتها تكون سبب في تعطيل المتعلم عن تحقيق أهدافه، ويصبح الوصول الى التكّيف بين عناصر البيئة طريق اصعب من الوصول للتكيف ذاته عند ترشيح افضل هذه التلميحات أو الملاحظات.

- **تغيير وتيرة التعلم:** تسريع أو إبطاء عرض المحتوى، ويرتبط هذا المتغير بطرح أكثر من مستوى لعرض المحتوى، وعلى المتعلم أن يختار فيما بينها ويصبح القياس بمعدل السرعة في التعلم ومدى تطور المتعلم في تحقيق أهدافه واقترانها تطويره المستمر داخل البيئة التعليمية، ولا شك أن تنوع الاستراتيجيات واختيار انسبها له علاقة بوتيرة

التعلم ومن ثم فالوصول الى اقل عدد من سبق الاتاحة ييسر على المتعلمين تحقيق التكيف في اقل وقت ممكن.

- **قواعد العمل If-Then Rules:** يرتبط هذا المتغير ببناء قواعد منطقية تحدد متى وكيف يتم التكيف بناءً على بيانات نموذج المتعلم وأداءه، المعتمد على تحليلات التعلم، وعلى المصمم أن يتيح للمتعلم داخل هذه البيئة التعليمية أكثر من نمط للتكيف، ويوفر له كيفية حدوثه من خلال أنماط متعددة وكلما انخفضت هذه الأنماط بعد الوصول لأفضلها من خلال التجريب ومن خلال ربطها بتحليلات التعلم، حصل الباحث أو المصمم على انسب القواعد، وعلى المتعلم أن يوظف هذه القواعد المقننة، وفق سرعته ودقته في تحقيقها.
- **خوارزميات التعلم الآلي Machine Learning Algorithms:** استخدام خوارزميات مثل التعلم المعزز Reinforcement Learning أو الشبكات العصبية Neural Networks لتحديد أفضل مسار تكيفي بناءً على أنماط البيانات الواردة من تحليلات التعلم الرقمية وربما الذكية باستخدام الحساسات، وهنا يتلاعب الباحث بأنماط التعلم المعزز وغيرها من المتغيرات التي إذا استند على أحدها المتعلم وحقق اهداف التعلم في وقت اقل من غيره وبدقة اعلى حقق أهدافه التعليمية.

- **بنية الواجهة التفاعلية Interface Structure:**

- **التصميم المرن Flexible Design:** تتحدد المتغيرات البنائية لهذه الواجهة داخل البيئة التعليمية في إتاحة الفرصة للمتعلم بتخصيص جوانب معينة مرتبطة بمرونة التصميم مثل حجم الخط، الألوان، تخطيط الشاشة، العرض ثنائي /ثلاثي الابعاد، التحول من لفظي الى صور الى فيديو ويتم الحكم على مدى التكيف في مروة هذا التصميم ومعدل تحقيق المتعلم لأهدافه التعليمية، وكلما وصل الباحثون لأفضل العناصر لتحقيق التصميم المرن للعديد من المتعلمين قلل الوقت والجهد والتكلفة في تحقيق واجهات البيئات التكيفية.
- **لوحات المعلومات التكيفية Adaptive Dashboards:** يرتبط هذا المتغير بمدى ما تقدمه لوحات المعلومات للمتعلم بحيث تتنوع عناصرها لدرجة تصل أن هذه العناصر والانماط يمكن أن تتكيف مع مختلف المتعلمين المترددين على هذه البيئات، ولكن كلما أجريت البحوث للوصول لأفضل هذه اللوحات كان الامر اكثر سهولة لتحقيق التكيف من هذه العناصر،

بحيث تصبح عدد العناصر لهذه اللوحات اقل مما يسهل التكييف، وقد يتناول الباحث عدد من المتغيرات ذات الصلة بأنسب توقيت للعرض وعلاقة ذلك بتحكم المتعلم أو تحكم البرنامج ذاته، وربط ذلك بطبيعة الهدف التعليمي ومستواه المعرفي، مما يجعل الامر أكثر دقه وسهولة على المتعلم عند الدخول على لوحات المعلومات.

- **التنقل Navigation:** يرتبط هذا المتغير بمدى اتاحة النظام للبيئة التكيفية لخيارات ترتبط بمستوى مرونة التنقل في البيئة لتكيفية، وغالبا ما يطرح الباحث عدد من الاختبارات الذكية التي يحدد من خلالها توجيه المسار المناسب، ولا يحدث التنقل وفق معايير مقننة دون الرجوع لبحوث تجريبية ومتغيرات منتقاة وفق نتائج هذه البحوث.

- **نماذج المتعلم Learner Models:**

- **المعرفة السابقة Prior Knowledge:** يرتبط هذا المتغير بالمعرفة السابقة المستند عليها نماذج المتعلم وخاصة للمتعلمين المترددين على البيئة التعليمية، حيث توفر هذه المعرفة الطريق الأمثل للحكم على دقة المعلومات والمهارات التي يمتلكها المتعلم بالفعل، وغالبا ما يمكن جمع هذه المعلومات من خلال تحليلات لتعلم الواردة من المقاييس والاختبارات الذكية، خاصة ذات صلة بتحديد المستوى، أو الاستبيانات، أو تحليل التفاعلات السابقة، أو من خلال أنماط قياس ذكية مثل تقنية BCI وتقنية E.tattoo.

- **أسلوب التعلم Learning Styles وتفضيلات المتعلم Personal Preferences:** يرتبط هذا المتغير بأسلوب التعلم وتفضيلاته إذ يعد حجر الزاوية في دعم البيئات التكيفية، إذ بفضل تحليلات التعلم؛ يمكن تحديد أي من المتعلمين يناسبه اسلوب التعلم البصري/ السمعي/ الحركي، أو القراءة/الكتابة. وهذا المتغير يمكن دراسته من خلال توفير انسب اسلوب داخل بيئة التعلم، وقياس مدى تفضيل المتعلم لإحداها من خلال اختبارات ومقايس داخل البيئة تستخدم اثناء عملية التعلم وتحدد له مسار التعلم في الفترة القادمة اثناء تعلمه. كما يمثل أيضا جانب التفضيلات المتعلم عنصر هام مثل تفضيل نوع معين من الأنشطة حل المشكلات، المشاريع، المحاضرات، أو بيئة التعلم فردي، جماعي، أو سرعة التعلم. بحيث تتاح أفضلها وفق البحوث التجريبية داخل البيئة التعليمية ومن خلال هذه التحليلات لمعرفة تفضيل التعلم لاي منها وفق طبيعة الموضوع التعليمي وأهدافه.

- **الأهداف التعليمية Learning Goals:** يرتبط هذا المتغير بتنوع الأهداف التعليمية واختلاف عناصر المحتوى، إذ تقف البيئات التكيفية في حيره أحيانا رغم قدراتها العالية، فعند اختلاف الأهداف التعليمية في ذات الموضوع التعليمي، تختلف عناصر المحتوى من لغة لفظية وصور وفيديوهات ودرجات التعقيد داخلها، ولذا يجب من خلال تحليلات التعلم الوقوف على الهدف المحدد المطلوب تحقيقه. كما يجب أن تكون هذه الأهداف محددة مسبقًا وقابلة للتعديل من قبل المتعلم ووفق تحليلات التعلم دون الخروج عن إطارها العام، بحيث يتاح للمتعلمين إمكانية التعديل في الأهداف ومن ثم يقيس الباحث لتحليلات التعلم مدى قربه أو بعد تعديل هذه الفئة من المتعلمين عن الأهداف الاصلية من جهة، ومدى ارتباط هذا التعديل وفق ما طرئ من مستحدثات على هذه الأهداف في مجالهم التعليمي من جهة أخرى، وهنا يجب على الباحث تناول المتغيرات البنائية ذات الصلة بكل ما سبق.
- **الدوافع Motivation:** يرتبط هذا المتغير بمستوى اهتمام المتعلم بالمادة الدراسية، ورغبته في إكمال المهام، واستعداده للمثابرة، وهذا يرتبط بدوافعه والتي يمكن قياسها من خلال العديد من المقاييس المتوفرة داخل البيئة التعليمية، ومع تنوع هذه الدوافع، تتنوع درجة تكيف المحتوى مع دوافع المتعلم، ومن ثم يجب تناول المتغيرات ذات الصلة للوصول الى انسب تكييف يسهل على هذه العناصر في اقل وقت التكييف مع متطلبات ودوافع كل متعلم.
- **الحالة العاطفية Emotional State:** من المتغيرات الحديثة والتي ستبرز بوضوح عند انتشار الذكاء العام الاصطناعي AGI، خاصة من ورود العديد من المعلومات عن توظيف خلايا القلب بالتكامل مع المراكز الحسية المتصلة بالمخ، يمكن أن تؤثر الحالة العاطفية للمتعلم مثل الإحباط، الملل، الانخراط على أدائه، ويمكن لأنظمة التكيف أن تستجيب لذلك، عندما تجمع معلومات من خلال تحليلات التعلم ذات الصلة بالجانب العاطفي.

- **الدور البشري Human Role:**

- **دور المعلم Instructor Role:** تمثل المتغيرات ذات الصلة بالمعلم دور هام في عملية التكيف، خاصة ذات الصلة بتعديله لمسارات التعلم، أو تقديم دعم إضافي، وكيف يتم هذا التدخل ... من خلال وجود الوكيل Avatar للمعلم، وما هي صفات هذا الوكيل للمعلم من حيث تصميمه الشكلي والوانه وطبيعة حركاته وسرعته وصفاته الوجدانية، وما هي مواصفاته

الذكية، وكل هذه المتغيرات وغيرها والتلاعب بها؛ تمثل حجر الاساس لإحداث الدور البشري ودوره عند تكيف المتعلم داخل البيئة، وهذه المتغيرات البنائية تطرح اعداد لا حصر لها لتوليد الكثير من البحوث.

- **تعاون الأقران Peer Collaboration:** يتناول هذا المتغير الفرص المتاحة من النظام لتحقيق التعلم التعاوني التكيفي بين الأقران، وهل يمكن أن يكون هذا التعاون تكيفيًا ويكون المتغير مرتبط مثلا بنمط تشكيل مجموعات بناءً على نقاط القوة والضعف/ أو غيره من كيفية تشكيل هذه المجموعات، ويصبح دور الباحث التلاعب بهذه المتغيرات معتمدا في ذلك على تحليلات التعلم وفق الاختبارات وجمع المعلومات عن المتعلمين.

- **آليات التقييم Assessment Mechanisms:**

- **أنواع التقييم Assessment Types:** ترتبط المتغيرات البحثية بنمط التقييمات التي يستخدمها الباحث (تشخيصية، تكوينية، أو ختامية أم الثلاثة معاً)، ومع توفير القياس المناسب من خلال تحليلات التعلم الذكية يتم توجيه المتعلم للمسار المناسب داخل البيئة التعليمية، ويتم القياس والحكم على تحقيق التكيف من خلال مدى استخدام المتعلم في معدل تحقيق المتعلم لأهدافه من هذه البيئة، وهنا يهتم الباحث بالوصول انسب هذه الاليات وتقليلها لسهولة توظيفها دون زيادة في الوقت.

- **تكرار التقييم Assessment Frequency:** يرتبط هذا المتغير بنوع التقييم وعدد مرات تكراره وانعكاس ذلك على مدى تكيفه مع البيئة التعلمية وربط ذلك بمعدل تحقيقه للأهداف التعليمية، ولذا فهذا التكرار يتطلب البحث في انسب أنواع التقييم وانسب عدد المرات حتى لا يحدث ضيق أو ملل من المتعلم للحكم على تحقيقه للأهداف.

- **التقييم التكيفي Adaptive Testing:** يرتبط هذا المتغير بمدى تغير صعوبة الأسئلة بناءً على أداء المتعلم ويقاس ذلك باستجابة في تحقيق اهداف التعلم بمعدل عالي أو منخفض، وهذا يتحقق من خلال استخدام تحليلات التعلم المناسبة والدقيقة والسريعة والتي تحتوي على عناصر تتفق مع المتعلم.

- **تغذية راجعة فورية Instant Feedback:** ترتبط المتغيرات هنا بنمط التغذية الراجعة فورية/ أو غير ذلك، ومدى ارتباط ذلك بتحقيق أهدافه، كما يرتبط بتنوع انماط التغذية الراجعة والتي يجب أن تكون بسيطة وسريعة وتتفق مع المتعلم من جهة ومع اهداف التعلم وهذا يتوفر من خلال البحث التجريب لتوفير نتائج من خلال تحليلات التعلم.

٢- المتغيرات البنائية للبحث العلمي في مساعدي التعلم الافتراضيين Virtual Learning Assistants

يمثل تطوير الروبوتات والمساعدين الصوتيين الذين يدعمون المتعلمين؛ دوراً أساساً في اتجاهات البحث العلمي في تكنولوجيا التعليم، وتوجد عدة متغيرات بنائية يمكن تناولها في البحث العلمي لتحديد فعاليتها وتأثيرها على عملية التعلم. هذه المتغيرات تتعلق بكيفية تصميم وبناء المساعدين الافتراضيين عند تقديم الدعم التعليمي والإجابة على الاستفسارات:

- **تصميم نموذج المعرفة Knowledge Model Design**

يتعلق هذا المتغير بمعدل التخزين وكيفية تمثيل وتخزين المعلومات التي يمتلكها المساعد الافتراضي عند تقدمه للدعم التعليمي للمتعلم داخل البيئة التعلمية:

- **بنية المعرفة Ontology:** يرتبط هذا المتغير بكيفية تنظيم المعرفة وتصنيفها داخل المساعد، بحيث يتناول الباحث المتغيرات ذات الصلة بالمقارنة بين الهيكلية الهرمية، والشبكة الدلالية، أو قاعدة البيانات العلائقية، ويدرس العلاقة بين كل نمط وقدرة المساعد على فهم العلاقات بين المفاهيم وتقديم إجابات متكاملة بسرعة ودقة.
- **التحديث المستمر للمعرفة:** يرتبط هذا المتغير بكيفية قياس معدل سرعة المساعد في تحديث معرفته تلقائيًا من مصادر جديدة مثل الإنترنت أو قواعد بيانات متخصصة، كما يربط ذلك باحتياجات المتعلم من خلال الرجوع لتحليلات التعلم، وبنمط التحديث (يدوي / تلقائي).
- **اتساع المعرفة وعمقها:**
  - **الاتساع:** يرتبط بنطاق طرق التدريس التي يمكن أن يسعها المساعد الافتراضي ومدى توافرها وفق طبيعة المتعلم واستعداداته، ومصادر التعلم التي يمكن أن يوفرها المساعد لتحقيق اهداف التعلم، كما يرتبط ايضاً بالموضوعات التي يمكن للمساعد تغطيتها،

وهذا يعطي الفرصة للمتعلم للربط بين الموضوعات التعليمية المتعددة والمتكاملة لتحقيق الغاية من التعلم، بحيث يتمكن من ربط موضوع تعليمية معين مع موضوع تعليمي في مقرر أخر، ولكن على صلة وتكامل بالموضوع الاول.

- **العمق:** يرتبط هذا الجانب بإمكانية المساعد الافتراضي في تغطيته للمفاهيم الأساسية من جهة، وخوضه في التفاصيل الدقيقة والمعقدة ودرجاتها ومدى تكيفها مع المتعلمين من جهة أخرى، ولا شك أن دور الباحث هو التلاعب بدرجة التفاصيل وتعقيداتها وتوفير انسبها بناء على تحليلات التعلم الواردة من المقاييس والاختبارات قبل واثناء عملية التعلم.

- **تصميم نموذج المتعلم Learner Model Design**

يركز هذا المتغير بكيفية جمع المساعد الافتراضي معلومات عن المتعلم تتصل بمعرفته السابقة حول موضوع التعلم وانسب أنماط التعلم المحببة له والتي تحقق نتائج إيجابية وحالته العاطفية عند الدخول على البيئة واثناء وجوده، بحيث يحقق عملية التكييف عند تحقيق استجابته المختلفة:

- **متغيرات المتعلم المُقاسة:** يرتبط هذا المتغير بالبيانات التي يجمعها المساعد عن المتعلم من خلال تحليلات التعلم.

- **أنماط التعلم المفضلة:** حيث يطرح الباحث عدد من أنماط التعلم، ومن خلال تحليلات التعلم يصل لطرحها من خلال المساعد، فيقل الوقت الذي يسعى فيه المتعلم للاختيار لكيفية تعلمه ما بين ما هو بصري، سمعي، عملي، فتقصر فترة الاختيار لزيادة البيانات عن تفضيلات التعلم السابقة.

- **المعرفة السابقة ونقاط الضعف/القوة:** تتحدد في توفير المساعد لعدد من المفاهيم السابقة التي يتقنها المتعلم، وأن يوفر لها نموذج التعلم عدد من الوسائط المناسبة وهذا يتيح للباحث تناول معالجات تجريبية لأفضلها، كما يوفر نموذج التعلم عدد من أنماط الدعم وما يطرا عليها من إضافات، التي تختلف حسب موضوع التعلم وأهدافه.

- **الحالة العاطفية أو مستوى الإحباط:** تتحدد المتغيرات ذات الصلة بالحالة العاطفية في طرح عدد من الحساسات وربما الاختبارات والمقاييس ذات الصلة بقياس الجوانب

العاطفية ومستوى الإحباط، وخاصة بعد الدعوى لقياس الجانب العاطفي من خلال ذاكرة القلب المزمع انتشارها بعد انشار الذكاء العام الاصطناعي.

- **آلية تحديث النموذج:** يرتبط هذا المتغير بدور المساعد وتعدد انماطه في تحديث فهمه للمتعلم باستمرار بناءً على تفاعلاته وإجاباته، مما يجعل الباحث بتلاعب بالمتغيرات ذات الصلة بمواصفات المساعد وشكله ومتغيراته البنائية.

- **استراتيجيات التفاعل والحوار Interaction and Dialogue Strategies**

تتناول هذه المتغيرات كيفية تواصل المساعد الافتراضي مع المتعلم:

- **طبيعة التفاعل:**
  - **مستوى المساعدة Scaffolding Level:** يرتبط المتغير بنمط تقديم المساعد للإجابة مباشرة/ خطوة خطوة بنفسه.
  - **المبادرة Initiative:** يرتبط هذا المتغير بدور المساعد في تقديم نمط الإجابة عن استفسارات المتعلم استباقي/ عند الطلب، وبنمط بالتلميحات (مباشرة/ غير مباشرة).
  - **تغذية راجعة فورية ومخصصة:** يرتبط هذا المتغير بكيفية تقديم المساعد للتغذية راجعة على إجابات المتعلم، ونمط تصميمها (عامة /مصممة خصيصًا لأخطائه).
- **شكل التواصل Modality:** يرتبط هذا المتغير بنمط التواصل صوتي / نصي / الجمع بينهم وما مدى جودة التعرف على الكلام ASR، وتوليد الكلام TTS، وكذلك زمن التواصل (متزامن/ بعد الاستجابة)، سرعة التواصل، ومقدم التواصل (رجل / امرأة/ طفل/ شخصية معروفة).
- **التعامل بغموض وسوء فهم:** يرتبط هذا المتغير بكيفية تعامل المساعد مع استفسار المتعلم أو عندما يكون الاستفسار غامضًا، وهنا يتلاعب الباحث بجمع البيانات من خلال تحليلات التعلم عن المتعلم لتوفير انسب نمط للمساعد ليسر على المتعلم ابداء الراي في موضوع محدد يسهل رد المساعد عليه.

- **تصميم الشخصية والسلوك Persona and Behavior Design**

يركز هذا المتغير على الجوانب غير المعرفية للمساعد الافتراضي التي تؤثر على تجربة المتعلم:

- **مظهر الشخصية Visual/Auditory Representation**: يرتبط هذا المتغير بالتلاعب بمظهر المساعد (بصري روبوت، شخصية كرتونية أو صوتي مميز لشخصية معروفة، أو الجمع بينهم)، وكذلك يرتبط المتغير بعلاقة نمط الشخصية بتكيف المتعلم مع البيئة، ومدى تأثيرها على قبول المتعلم وتفاعله مع البيئة التكيفية، مما يقلل وقت تفاعل المتعلم مع شخصية المساعد، فيسهل على المتعلم تحقيق أهدافه بسرعة.
- **سمات الشخصية Personality Traits**: يرتبط هذا المتغير بسمات شخصية محددة للمساعد (ودود/رسمي، مرح) ويتحدد دور الباحث في طرح عدد من هذه الأنماط ويربطها بمتغيرات تابعة مثل الدافعية والانخراط في التعلم وغيرها.
- **الذكاء الاجتماعي والعاطفي Social and Emotional Intelligence**: يرتبط المتغير بتعدد أنماط المساعد واشكاله ما بين (جاد/ فكاهي/ متهور/ متأني/ تحليلي/ كلي) وانعكاس ذلك على تعزيز التفاعل الإيجابي عند تحقيق المتعلم لأهدافه اثناء وجوده في البيئة التعليمية.

- **التقييم وآليات التكيف Assessment and Adaptation Mechanisms**

تتعلق هذه المتغيرات بكيفية قياس أداء المتعلم وتكييف الدعم بناءً عليه:

- **أدوات التقييم المدمجة**: يرتبط هذا المتغير بنمط الأدوات الواردة مع المساعد (ذاتية/ اختبارات قصيرة وغيرها).
- **خوارزميات التكيف**: يرتبط هذا المتغير بقدرة المساعد على تغيير استراتيجيته في تقديم الدعم بناءً على أداء المتعلم في التقييمات أو تفاعلاته، مثلاً، إذا كان المتعلم يواجه صعوبة في مفهوم معين، هل يقدم المساعد موارد إضافية أو يغير أسلوب الشرح؟ ام يرجأ دعمه عند طلب المتعلم، وهنا يتلاعب الباحث بنمط الدعم ووقته.

٣- المتغيرات البنائية للبحث العلمي في تحليلات التعلم Learning Analytics

تهدف تحليلات التعلم إلى تحسين عمليات التعلم والتدريس، لذا فإن "المتغيرات البنائية" تشير إلى العناصر الهيكلية أو التصميمية في البيئة التعليمية أو نظام التعلم الذي يُنتج بيانات يمكن تحليلها،

أو التي يتم التلاعب بها لدراسة تأثيرها على نواتج التعلم. هذه المتغيرات توفر الإطار الذي يتم من خلاله جمع البيانات وتفسيرها لاتخاذ قرارات تعليمية مستنيرة، ويعد دور الذكاء الاصطناعي هو تحليل كميات كبيرة من بيانات التعلم لفهم سلوكيات المتعلمين وتحسين عمليات التعلم والتدريس.

وفيما يلي أبرز المتغيرات البنائية التي يمكن تناولها في سياق تحليل بيانات التعلم من خلال الذكاء الاصطناعي:

- **تصميم المحتوى التعليمي وهيكلته Structure & Content Design**

تركز هذه المتغيرات على كيفية بناء المحتوى التعليمي وتقديمه:

- **التجزئة Granularity:** يهتم هذا المتغير بتقسيم المحتوى إلى وحدات صغيرة ومستقلة مثل نصوص/ محتوى سمعي/ مقاطع فيديو قصيرة، أسئلة فردية، أو إلى وحدات كبيرة فصول، وحدات دراسية، وكذلك تحليل البيانات بهدف الكشف عند أي مستوى من التجزئة يؤدي هذا التقسيم لأفضل تفاعل بين المتعلمين وعناصر هذا المحتوى مما ينعكس على تحقيق الأهداف التعليمية.

- **الترابط والتسلسل Sequence & Interconnectivity:** يرتبط هذا المتغير بكيفية إحداث التربط بين أجزاء المحتوى، وكذلك تحديد انسب مسار تعليمي، وهنا يتلاعب الباحث بأنماط المسار خطي/ متعدد...، بحيث يوفر للمتعلم أكثر من اختيار يحمل كل منه مواصفات يوفرها النظام بناء على تحليلات التعلم، والتي تتجدد بصفة مستمرة بناء على احتياجات المتعلم.

- **أنماط المحتوى Content Modalities:** يرتبط هذا المتغير بنمط المحتوى (نصي/ مرئي/ فيديوهات/ رسوم بيانية/ سمعي، أو تفاعلي/محاكاة/ أنشطة)، ويرتبط اختيار أفضل أنماط المحتوى وفق تحليلات التعلم المتجددة بصفة مستمرة، مما يجعل المتعلم في حالة نشاط ومتعة مستمرة.

- **جودة المحتوى Content Quality:** يرتبط هذا المتغير بالتحديث المستمر للمحتوى وفق تحليلات التعلم، وكذلك التغيرات ذات الصلة بملائمته لمستوى كل كتعلم، وكذلك تتحدد طبيعة المتغيرات ببيانات أداء المتعلمين من خلال الأخطاء المتكررة لعنصر ما، حتى يصل المحتوى لجودته المستمرة طوال فترة تفاعل المتعلم مع هذا المحتوى.

- **تصميم بيئة التعلم الرقمية Learning Environment Design - LMS**

تركز هذه المتغيرات على هيكل وأدوات نظام إدارة التعلم LMS أو المنصة التعليمية:

- **بنية واجهة المستخدم User Interface Structure:** يرتبط هذا المتغير بمدى سهولة التنقل، ووضوح تصميم الواجهة، وتوفر الأدوات. إذ يمكن تحليل بيانات تفاعل المتعلم مع هذا الواجهة نقرات المستخدم /أنماط التنقل لتحديد نقاط الاحتكاك / سهولة الاستخدام للوقوف الى انسب مواصفات لواجهة المستخدم.
- **مرونة الوصول داخل واجهة المستخدم Access Flexibility:** يرتبط هذا المتغير بمدى توفر هذه المنصة واتاحتها عبر أجهزة متعددة كمبيوتر، هاتف ذكي، تابلت، وتحقيقها لأهداف التعلم المتنقل ودعمها له.
- **الأدوات والميزات المتاحة Features Availability & Tools:** يرتبط هذا المتغير بالأدوات التي توفرها المنصة أدوات تقديم المحتوى، منتديات نقاش، لوحات المعلومات، مجموعات عمل، أدوات التقييم، مدى ارتباطها بتحليلات التعلم تحليل بيانات عند استخدام هذه الأدوات والكشف عن مدى فعاليتها اثناء عملية التعلم.
- **تخصيص الواجهة Interface Customization:** يرتبط هذا المتغير بمدى تخصيص هذه الواجهة لعدد من الجوانب للمتعلم أو المعلم داخلها.

- **تصميم الأنشطة التعليمية والتقييمات Assessment Design & Activity**

تركز هذه المتغيرات على طبيعة المهام التي يقوم بها المتعلم وكيفية تقييمه:

- **نوع النشاط Activity Type:** يرتبط هذا المتغير بنمط الأنشطة الواجب توافرها (منفردة أو مجتمعة أو نوعين أو أكثر) مثل الأنشطة الفردية، الجماعية، القائمة على المشاريع، لحل مشكلات، للمناقشات، للتمارين التطبيقية، وهنا يعد دور تحليلات التعلم أساس في توفير نمط أو أكثر للمتعلمين بهدف المشاركة بإيجابية لتحقيق الاهداف.
- **الصعوبة والتعقيد Complexity & Difficulty:** يرتبط هذا المتغير بمدى التحدي الواقع على المتعلم من نمط الأنشطة والتقييمات، ويصبح دور الباحث تحليل البيانات ذات الصلة

بالمتعلم لتحديد انسب مستوي من الصعوبة المناسبة، ومن ثم هل تحقق التقييمات متطلبات الفهم الحقيقي دون النزول لمستوى عالي من السهولة او الصعوبة.

- **طبيعة التقييم Assessment Nature**: يتحدد في تلاعب الباحث بنوعية التقييمات المستخدمة وتوفير إحداها أو البعض منها أو ربما كلها كالتقييمات التكوينية / الختامية/ التشخيصي/ الذاتية، كما يتناول متغير طبيعة التكوين، كيفية تصميم التغذية الراجعة، وانسب نمط لهذا التصميم بالرجوع لطبيعة المحتوى وخصائص كل متعلم واحتياجاته، حيث أن تحليل البيانات تلعب دورا مهما في يوضح العلاقة بين أنواع التقييمات وأداء المتعلم مما ينعكس على تفعيل دور هذه الأنشطة والتقييمات التابعة لها.
- **التعاونية والتفاعل Interaction & Collaboration**: يرتبط هذا المتغير بنمط الأنشطة المتاحة للمتعلم تفاعل مستمر/ عند الحاجة/ تعاوني / تنافسي، وهذا يتحدد وفق تحليلات التعلم لكل متعلم، وكذلك تحليل بيانات التفاعل ذات الصلة بعدد المشاركات في المنتديات، التفاعلات في المجموعات، مما ينعكس على مدى فعالية التعلم التعاوني والمتغيرات التابعة التي تكون على صلة.

- **هيكل الدعم والتوجيه Guidance Structure & Support**

تركز هذه المتغيرات على آليات تقديم المساعدة والتوجيه للمتعلمين اثناء تواجدهم في بيئة التعلم:

- **توافر الدعم Availability of Support**: يرتبط هذا المتغير بإتاحة الدعم بصفة مستمرة أو حسب الطلب، وزمن الرد على المتعلم (فوري/عند الحاجة)، وطبيعة هذا الرد لفظي / غير لفظي، ومقدم هذا الدعم المعلم، المساعدين، الروبوتات علاوة على انماطهم الشكلية والمعرفية والوجدانية.
- **انماط الدعم Types of Support**: يرتبط هذا المتغير بأنماط الدعم الواجب توافرها داخل البيئة والتي تتحدد يقدم تلميحات، إجابات مباشرة، موارد إضافية، أو توجيهًا لمسار التعلم.

- **قواعد التكيف في الدعم Adaptive Support Rules:** يرتبط هذا المتغير بشكل هذا الدعم كونه تكيفي، ولكن وفق طلب المتعلم أم وفق النظام كما هو الحال في مساعدي التعلم الافتراضيين.
- **استراتيجيات التغذية الراجعة Feedback Strategies:** يرتبط هذا المتغير بطبيعة التغذية الراجعة المقدمة فورية، تأجيليه، تصحيحية، توجيهية وتحقيق هذه التغذية الراجعة وربطها بتحليلات التعلم.

- **تنظيم دور المعلم/الميسر Instructor/Facilitator Role Organization**

تركز هذه المتغيرات على كيفية تنظيم دور المعلم في البيئة التعليمية:

- **تدخل المعلم Instructor Intervention:** يرتبط هذا المتغير بمدى تكرار وتوقيت تدخل المعلم في عملية التعلم تقديم ملاحظات، الإجابة على الأسئلة، تيسير المناقشات.
- **استراتيجيات التدريس Teaching Strategies:** يرتبط هذا المتغير بتبني المعلم لاستراتيجيات تدريسية معينة مثل التعلم القائم على حل المشكلات، التعلم التعاوني، التدريس المباشر، وعلى الباحث توظيف تحليلات التعلم لمعرفة مدى تفاعلات المعلم مع المتعلمين، وكذلك اتاحة الفرصة للمتعلم للتنقل بين أكثر من استراتيجية لتحقيق اهدافه.
- **تواصل المعلم Instructor Communication:** يرتبط هذا المتغير بتواصل المعلم بانتظام مع المتعلمين، وبأي طريقة من وسائل التواصل إعلانات، رسائل، منتديات، واختيار انسبها عند تحقيق هدف محدد، حتى يرشحها النظام للمتعلم، أو قد يبرز ما يميز خصائص كل استراتيجية وعلى المتعلم الاختيار منهم.

٤- المتغيرات البنائية للبحث العلمي في التوليد التكيفي للمحتوى Adaptive content generation

إن تحليل البيانات التعليمية لا يقتصر على جمع بيانات أداء الطلاب فحسب، بل يمتد إلى فهم كيف تؤثر هذه المتغيرات البنائية على هذا الأداء، مما يمكننا من إعادة تصميم البيئات التعليمية والتدريسية لتكون أكثر فعالية ونجاحًا. فالمتغيرات البنائية ذات الصلة بتوليد المحتوى التعليمي عند

استخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي لإنشاء مواد تعليمية متنوعة، بما في ذلك النصوص والصور ومقاطع الفيديو، وتكييفها مع احتياجات الطلاب.

ولذا فإن توليد المحتوى التعليمي يعني استخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي لإنشاء مواد تعليمية متنوعة، بما في ذلك النصوص والصور ومقاطع الفيديو، وتكييفها مع احتياجات الطلاب، كما يعني التوليد التكيفي للمحتوى: كيفية توليد محتوى تعليمي (نص، صور، فيديو، محاكاة) يتكيف ديناميكيًا ليس فقط مع مستوى صعوبة مناسب، ولكن أيضًا مع أسلوب تعلم الطالب، واهتماماته، وحتى حالته المزاجية في الوقت الفعلي.

ويعرف عن الذكاء الاصطناعي التوليدي Generative AI بانه نمط خصص لإنشاء وتكييف مواد تعليمية متنوعة (نصوص، صور، مقاطع فيديو) لتلبية احتياجات الطلاب، ولذا تظهر مجموعة من المتغيرات البنائية التي تحدد كيفية تصميم هذه العملية وتأثيرها على جودة المحتوى وفعاليته. هذه المتغيرات تتعلق بكيفية بناء وتوجيه نموذج الذكاء الاصطناعي، وخصائص المحتوى الناتج، وكيفية تكييفه.(McDonald et al., 2024, p.9) .

- **تصميم نموذج الإدخال/المُوجّهات Input/Prompt Design**

تركز هذا المتغير يتعلق بالتعليمات والمعلومات التي تُقدم لنموذج الذكاء الاصطناعي التوليدي لإنشاء المحتوى:

- **تحديد الهدف التعليمي Learning Objective Specification:** يرتبط هذا المتغير بمدى دقة ووضوح تحديد الأهداف التعليمية التي يجب أن يحققها المحتوى المُولّد. هل يتم تقديمها كتعليمات نصية صريحة، أو كإطار عمل تعليمي مثل أهداف بلوم، وهذا يحدد دور الباحث في اختيار انسب إطار عمل يتفق وطبيعة الموضوع التعليمي.
- **تحديد الخصائص الديموغرافية للمتعلم Learner Demographics/Profile:** يرتبط هذا المتغير بحليلات التعلم ذات الصلة بالفئة العمرية للمتعلمين، مستواهم التعليمي، أو خلفيتهم الثقافية.

- **تحديد أسلوب التعلم/التفضيلات Learning Style/Preference Indicators**: يرتبط هذا المتغير بتوجيه النموذج لإنشاء محتوى يناسب أنماط تعلم معينة (بصري، سمعي، نصي، عملي)، وربط ذلك بتحليلات التعلم.
- **تحديد المتطلبات المنهجية Curriculum Requirements**: يرتبط هذا المتغير بتزويد النموذج بالمنهج الدراسي، أو المفاهيم الأساسية، أو الكلمات المفتاحية التي يجب تضمينها في المحتوى، مع الرجوع لتحليلات التعلم.
- **تحديد نمط المحتوى المُولّد Output Modality/Format**: يرتبط هذا المتغير بما يتطلبه النموذج عند إنشاء نص، صورة، فيديو، أسئلة، أو مزيج منها، والتلاعب بالمتغيرات ذات الصلة بالمواصفات الفنية لعناصر المحتوى والتوليد بينهم.
- **تحديد مستوى التفصيل/التجريد Level of Detail/Abstraction**: يرتبط هذا المتغير بتحديد مدى عمق المعلومات المطلوبة، وما إذا كان المحتوى يجب أن يكون مبسطًا أو يحتوي على تفاصيل متقدمة، وهذا يتحدد بناء على تحليلات التعلم ودور الباحث في هذه الحالة الربط بين نتائج تحليلات التعلم وعمق المعلومات من تفاصيل (عالية/متوسطة/منخفضة).

- **نموذج الذكاء الاصطناعي التوليدي Generative AI Model Architecture**

تركز هذه المتغيرات على الخصائص الداخلية لنموذج الذكاء الاصطناعي المستخدم نفسه:

- **نوع النموذج Model Type**: يرتبط هذا المتغير بنمط النموذج (نموذج لغة كبير LLM لتوليد النصوص/ نموذج انتشار Diffusion Model للصور/ نموذج متعدد الوسائط Multimodal Model) حتى يمكن إنشاء أنواع مختلفة من المحتوى.
- **حجم النموذج وقدرته Capability & Model Size**: يرتبط هذا المتغير بحجم النموذج وقدرته عدد المعلمات وكذلك قدرته التدريبية على جودة، واتساق، وإبداع المحتوى المُولّد، وهذا يتطلب من الباحث الربط بين خبرات المتعلم من خلال تحليلات التعلم وحجم النموذج المطلوب وقدراته التدريبية لتحقيق المتعلم لأهدافه التعليمية.
- **التدريب المسبق والضبط الدقيق Fine-tuning & Pre-training**: يرتبط هذا المتغير بتدريب النموذج مسبقًا على كميات هائلة من البيانات العامة، وكيفية ضبطه بدقة على بيانات

تعليمية محددة لتعزيز قدرته على توليد محتوى تعليمي ذي جودة عالية تحقق متطلبات المتعلم من هذا النموذج التوليدي.

- **آليات التكييف والتخصيص Personalization Mechanisms & Adaptation**

تركز هذه المتغيرات على كيفية قيام الذكاء الاصطناعي بتعديل المحتوى المُولّد ليناسب المتعلم:

- **نموذج المتعلم الداخلي Internal Learner Model**: يرتبط هذا المتغير بكيفية قيام نظام الذكاء الاصطناعي ببناء وتحديث فهمه لقدرات المتعلم، معرفته السابقة، نقاط قوته وضعفه، وأسلوبه المفضل، ويعتمد النموذج في هذه الحالي على قدرته على التكيف بناءً على تفاعلات المتعلم.
- **خوارزميات التكيف Adaptation Algorithms**: يرتبط هذا المتغير بالقواعد أو الخوارزميات التي يستخدمها النموذج لتعديل المحتوى.
  - **تغيير مستوى الصعوبة**: تعديل تعقيد اللغة أو المفاهيم.
  - **تغيير الأمثلة/السيناريوهات**: تقديم أمثلة أكثر ملاءمة لخلفية المتعلم أو اهتماماته.
  - **تغيير نمط العرض**: التحويل بين نص، صورة، أو فيديو بناءً على تفضيل المتعلم أو مدى فهمه.
  - **تقديم الدعم التكميلي**: توليد شروحات إضافية، تلميحات، أو أسئلة للمراجعة بناءً على أداء المتعلم.
- **حلقة التغذية الراجعة Feedback Loop**: يرتبط هذا المتغير بكيفية دمج التغذية الراجعة من تفاعلات المتعلم الإجابات الصحيحة/الخاطئة، وقت الإجابة، سلوك التنقل لتوجيه التوليد المستقبلي للمحتوى.

- **خصائص المحتوى المُولّد Generated Content Characteristics**

تركز هذه المتغيرات على الصفات الجوهرية للمحتوى الذي ينتجه الذكاء الاصطناعي:

- **الدقة والصحة Correctness & Accuracy**: مدى خلو المحتوى من الأخطاء الواقعية أو المفاهيمية.
- **الاتساق والتماسك Coherence & Cohesion**: مدى ترابط الأفكار وتسلسلها المنطقي داخل المحتوى.
- **الملاءمة التربوية Pedagogical Appropriateness**: بساطة تصميم المحتوى لتسهل عملية التعلم كاستخدام التوضيحات، الأمثلة المناسبة، وتقديم المعلومات بشكل منظم.
- **الجاذبية والمشاركة Appeal & Engagement**: عناصر الاهتمام داخل المحتوى، وتشجيعه المتعلم على التفاعل والمشاركة.
- **التنوع Diversity**: يرتبط بمدى تنوع أشكال المحتوى (نصوص، صور، فيديو) ضمن نفس الوحدة التعليمية أو الموضوع التعليمي.

- **دور المعلم في عملية التوليد Instructor's Role in Generation Process**

يركز هذا المتغير على مدى تدخل المعلم في عملية توليد المحتوى وتكييفه:

- **الإشراف على التوليد Oversight/Supervision**: قدرة الباحث على مراجعة وتعديل المحتوى المُولّد بواسطة الذكاء الاصطناعي قبل تقديمه للطلاب.
- **تحديد المعايير/القواعد Setting Criteria/Rules**: تحديد الباحث للقواعد والمعايير التي يجب أن يتبعها نموذج الذكاء الاصطناعي في التوليد والتكييف.
- **التدخل اليدوي Manual Intervention**: امكانية الباحث في إيقاف عملية التوليد التكيفي والتدخل يدويًا لتقديم دعم مخصص.(Ogunleye et al., 2024, p.12)

٥- المتغيرات البنائية للبحث العلمي في الذكاء الاصطناعي الأخلاقي والعادل Ethical and fair artificial intelligence

يركز هذا المتغير على البحث الاعمق في القضايا الأخلاقية، والتحيز الخوارزمي، والخصوصية، والإنصاف في استخدام الذكاء الاصطناعي في التعليم لضمان أن التكنولوجيا تخدم

جميع الطلاب بشكل عادل، وتتنوع اهتمامات البحث العلمي في هذا المجال لتشمل عدة محاور أساسية، وتتأثر هذه المحاور بمتغيرات بنائية متعددة.

- **التحيز والإنصافBias and Fairness :**

- **تحديد وقياس التحيز:** يرتكز هذا المتغير على كيفية اكتشاف وتحديد مصادر التحيز في بيانات التدريب والخوارزميات مثل التحيزات الديموغرافية، الاجتماعية، أو الثقافية، علاوة على تحديد المقاييس الكمية التي يمكن استخدامها لتقييم الإنصاف.
- **تخفيف التحيز:** يرتكز هذا المتغير على تطوير تقنيات وأساليب لتقليل أو إزالة التحيز من نماذج الذكاء الاصطناعي، سواء على مستوى البيانات مثل إعادة أخذ العينات، الترجيح أو الخوارزميات مثل التعلم المقاوم للتحيز.
- **الإنصاف عبر المجموعات:** يرتكز هذا المتغير على ضمان أداء نماذج الذكاء الاصطناعي بحيث يكون عادل ومنصف لمختلف المجموعات من المتعلمين، مع مراعاة تعريفات الإنصاف المتعددة مثل الإنصاف الاحتمالي، الإنصاف التفاضلي.

الشفافية والقابلية للتفسير:Transparency and Explainability - XAI

- **فهم قرارات الذكاء الاصطناعي:** يرتكز هذا المتغير على كيفية جعل نماذج الذكاء الاصطناعي خاصة النماذج المعقدة مثل الشبكات العصبية العميقة أكثر قابلية للفهم والتفسير للمستخدمين وغير المتخصصين.
- **أساليب الشرح:** يرتكز هذا المتغير على تطوير أدوات وتقنيات لتقديم تفسيرات لقرارات الذكاء الاصطناعي، سواء كانت تفسيرات محلية لقرار معين أو عالمية لفهم سلوك النموذج ككل.
- **الثقة والمساءلة:** يرتكز هذا المتغير على كيفية مساهمة الشفافية في بناء الثقة في أنظمة الذكاء الاصطناعي وتمكين المساءلة القانونية والأخلاقية.

- **الخصوصية والأمان:Privacy and Security**

- **حماية البيانات الحساسة :**يرتكز هذا المتغير على تطوير تقنيات مثل التعلم التفاضلي الخصوصي Differential Privacy والتعلم المتحد Federated Learning لحماية خصوصية بيانات المستخدمين أثناء تدريب واستخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي.
- **المرونة ضد الهجمات:** يرتكز هذا المتغير على تعزيز قدرة أنظمة الذكاء الاصطناعي على مقاومة الهجمات الضارة Adversarial Attacks التي تهدف إلى خداع أو تعطيل النموذج.

- **المساءلة والإشراف البشري:Accountability and Human Oversight**

- **تحديد المسؤولية :**يرتكز هذا المتغير على تحديد تحمل المسؤولية في حالة حدوث أضرار ناتجة عن أنظمة الذكاء الاصطناعي المطور، المستخدم، المؤسسة التعليمية.
- **الإشراف الفعال :**يرتكز هذا المتغير على تصميم أنظمة تسمح بالتدخل البشري الفعال والإشراف المستمر على قرارات الذكاء الاصطناعي، خاصة في التطبيقات عالية المخاطر.
- **الأطر القانونية والتنظيمية:** يرتكز هذا المتغير على **:**تطوير قوانين وسياسات لتنظيم استخدام الذكاء الاصطناعي الأخلاقي والعادل.

- **القيم الأخلاقية والفلسفية:Ethical and Philosophical Values**

- **تضمين القيم :**يرتكز هذا المتغير على كيفية تضمين القيم الأخلاقية مثل العدالة، الكرامة الإنسانية، والاستقلالية في تصميم وتطوير أنظمة الذكاء الاصطناعي.
- **الأطر الأخلاقية:** يرتكز هذا المتغير على استكشاف وتطبيق الأطر الفلسفية والأخلاقية مثل النفعية، الأخلاق الواجبة، أخلاق الفضيلة في مجال الذكاء الاصطناعي.

المتغيرات البنائية المؤثرة:

تؤثر عدة متغيرات بنائية في شكل واتجاه البحث العلمي في الذكاء الاصطناعي الأخلاقي والعادل:

- **طبيعة البيانات:Data Characteristics**

- **حجم وتنوع البيانات :**تؤثر كمية ونوعية البيانات المتاحة لتدريب النماذج في مدى احتمالية ظهور التحيز وتحديات الخصوصية.
- **مصادر البيانات :**يرتبط بمصادر البيانات (موثوقة أو غير متحيزة).
- **تمثيل المجموعات:** يرتبط بتمثيل البيانات بشكل عادل جميع المجموعات السكانية ذات الصلة.

- **الخوارزميات والنماذج:Algorithms and Models**

- **تعقيد النموذج :**النماذج الأكثر تعقيدًا مثل الشبكات العصبية العميقة غالبًا ما تكون أقل قابلية للتفسير، مما يتطلب جهودًا أكبر في مجالXAI .
- **قابلية التفسير الجوهرية :**بعض الخوارزميات مثل الأشجار القرارية تكون أكثر قابلية للتفسير بطبيعتها من غيرها.
- **تقنيات تقليل التحيز :**مدى فعالية الخوارزميات المصممة لتقليل التحيز أو زيادة الإنصاف.

- **مجال التطبيق:Application Domain**

- **التطبيقات عالية المخاطر :**في مجالات مثل الرعاية الصحية، العدالة الجنائية، والتوظيف، تكون الحاجة إلى الذكاء الاصطناعي الأخلاقي والعادل أكثر إلحاحًا، مما يدفع الأبحاث المتعلقة بالمساءلة والشفافية.
- **التأثير الاجتماعي :**يختلف التأثير المحتمل للتحيز أو الأخطاء بناءً على مجال التطبيق.

- **الأطر التنظيمية والقانونية:Regulatory and Legal Frameworks**

- **التشريعات الحالية والمستقبلية :**قوانين مثل اللائحة العامة لحماية البيانات GDPR وقانون الذكاء الاصطناعي المقترح في الاتحاد الأوروبي تفرض متطلبات صارمة على الخصوصية والشفافية والمساءلة، مما يدفع البحث لتلبية هذه المتطلبات.
- **المسؤولية القانونية :**تحدد الأطر القانونية كيفية توزيع المسؤولية في حالة حدوث أضرار.

- **الاعتبارات الثقافية والاجتماعية:Cultural and Societal Considerations**

- **تعريفات الإنصاف :**يمكن أن تختلف مفاهيم الإنصاف والعدالة بين الثقافات والمجتمعات، مما يؤثر على تصميم مقاييس وأساليب الإنصاف.
- **القبول العام:** مدى تقبل المجتمع لأنظمة الذكاء الاصطناعي يعتمد على مدى إدراكها للأخلاق والعدالة.

- **التقنيات التمكينية:Enabling Technologies**

- **التعلم التفاضلي الخصوصي: Differential Privacy** تقنيات متقدمة لحماية الخصوصية.
- **التشفير المتماثل: Homomorphic Encryption** يسمح بالعمليات الحسابية على البيانات المشفرة دون فك تشفيرها، مما يعزز الخصوصية.
- **الحوسبة الموثوقة: Trusted Execution Environments** توفير بيئة آمنة للتعامل مع البيانات الحساسة.

تتفاعل هذه المتغيرات البنائية بشكل معقد لتشكل تحديات وفرصًا للبحث في مجال الذكاء الاصطناعي الأخلاقي والعادل، مما يجعلها مجالًا ديناميكيًا ومتعدد التخصصات يتطلب تضافر جهود الباحثين من مجالات علوم الكمبيوتر، القانون، الفلسفة، وعلم الاجتماع.

٦- المتغيرات البنائية للبحث العلمي في أنظمة التقييم التكيفي Adaptive Testing systems

ترتبط تطوير أنظمة تقييم ذكية تتكيف مع أداء الطالب وتقدم تغذية راجعة فورية ومخصصة، ولذا التركيز على عنصر التقييم فقد خصص بند منفرد خاص بالمتغيرات البنائية عند تناول المتغيرات البنائية في أنظمة التقييم التكيفية Adaptive Assessment Systems ، وهنا يجب ان يركز الباحثين على العناصر التي تشكل بنية هذه الأنظمة وتؤثر على كيفية تكييف التقييم مع المتعلم، إذ يجب على الباحثين ومصممي البيئات التكيفية تطوير أنظمة التقييم التكيفية من خلال البحث العلمي وتناول متغيراته التي تقدم تغذية راجعة فورية ومخصص (Mary & García-،vo et al.,2024 Peñ) **ومن أبرز هذه المتغيرات:**

- **نموذج المتعلم Learner Model:** يعد هذا المتغير أساسيًا في أي نظام تكيفي، وفي بحوث التقييم التكيفي ولذا يجب على الباحثين التركيز على:

- **تحديد مستوى الكفاءة/القدرة Proficiency/Ability Level:** يرتبط هذا المتغير بتحديد مستوى الكفاءة وتحديد التقدير المستمر لمستوى معرفة المتعلم أو قدرته في مجال معين وغالبا ما يتم من خلال تحليلات التعلم، ولذا هذا هو المتغير الأساسي الذي يتكيف التقييم بناءً عليه.
- **تحديد انسب اداه للمعرفة السابقة Prior Knowledge:** يرتبط هذا المتغير بالوقوف على انسب الأدوات والمقاييس المناسبة والتي يجب ان تكون ذكية بقدر الإمكان كالحساسات الذكية E.Tattoo، والتقنيات الناشئة والتي تساعد الباحث أو المصمم التعليمي في الوصول للنتائج الدقيقة عند تقييم المتعلمين وفق تحليلات التعلم للبدء في التقييم.
- **أنماط الاستجابة Response Patterns:** يرتبط هذا المتغير بتحليل الأخطاء، وقت الاستجابة، الثقة في الإجابة، وغيرها من البيانات التي يمكن أن تشير إلى فهم المتعلم لنجاحه في تحقيق هدف تعليمي محدد، وهذا المتغير يتطلب من الباحث طرق الباب على طرق بحث للوصول الى توفير أدوات مناسبة ومتاحة لتحليل الأخطاء عند استجابة المتعلم، وكذلك الوقوف على انسب وقت يمكن الاستعانة به عند قياس مدة استجابة أكبر عدد من المتعلمين لتحقيق استجاباتهم حتى يحدث تسريع لتكييف المتعلمين وانتقالهم داخل البيئة لهدف أكثر صعوبة.

- **التخمين/الإهمال Guessing/Slipping:** يرتبط هذا المتغير بتقدير احتمالية تخمين المتعلم في اختيار الإجابة ما بين إجابة صحيحة أو أكثر صحة أو ربما خاطئة، وهنا يجب أن يتناول الباحث أدوات أو حساسات ذكية للحكم عما يدور بداخله قبل أن تستجيب حاسة من حواسه كالإشارة بالقلم على مكان الإجابة أو النطق اللسان، وتكون هذه الأداة الدالة على اختياره بواسطة تقنية مثل BCI وهي محل بحوث كثيرة لما يدور داخل الدماغ قبل أن تصل الإشارة لحاسة من حواس المتعلم فينقله الى استجابة حقيقية.

- **نموذج البند/السؤال Item Model:** يتعلق هذا المتغير بخصائص الأسئلة المستخدمة في التقييم:

- **صعوبة البند Item Difficulty:** يرتبط هذا المتغير بمدى صعوبة السؤال، لذا يعد هذا المتغير الأكثر شيوعًا الذي يتم التكيف بناءً عليه عند تقديم أسئلة أكثر صعوبة إذا أجاب المتعلم بشكل صحيح، وأسهل إذا أخطأ، وهذا المتغير الخاص بمقدار الصعوبة أو السهولة، حيث يستند على نتائج تحليلات التعلم، فدرجة الصعوبة تقترن بخبرة المتعلم، ومن هنا وجب على الباحث الرجوع لتحليلات التعلم لتحديد درجة صعوبة بند الأسئلة لانتقال المتعلم من محتوى الى وفق خطوه الذاتي.

- **تمييز البند Item Discrimination:** قدرة السؤال على التمييز بين المتعلمين ذوي القدرات المختلفة.

- **احتمالية التخمين Guessing Probability:** يرتبط هذا المتغير باحتمالية أن يتمكن المتعلم من الإجابة على السؤال بشكل صحيح عن طريق التخمين العشوائي.

- **المحتوى/المفهوم الذي يقيسه البند Content/Concept Measured:** يرتبط هذا المتغير بنوع المهارة أو المعرفة المحددة التي يقيسها السؤال، هذا مهم لضمان تغطية شاملة للمنهج.

- **شكل البند Item Format:** يرتبط هذا المتغير بنوع السؤال (اختيار من متعدد/صح وخطأ/مقال، سحب وإفلات،).

- **خوارزميات التكيف/الاستراتيجيات Adaptation Algorithms/Strategies:** تحدد هذه المتغيرات كيفية اختيار الأسئلة التالية بناءً على أداء المتعلم:

- **خوارزمية اختيار البند Item Selection Algorithm:** تحدد السؤال التالي الذي سيتم تقديمه للمتعلم بناءً على أدائه الحالي وتقدير مستواه. مثال: خوارزمية المعلومات القصوى، خوارزمية Naïve Bayes.
- **خوارزمية تقدير القدرة Ability Estimation Algorithm:** تحدد كيفية تحديث تقدير قدرة المتعلم بعد كل إجابة.
- **قواعد التوقف Termination Rules:** يرتبط هذا المتغير بوقت توقف التقييم.، مثال: بعد عدد معين من الأسئلة، أو عندما يصل تقدير القدرة إلى مستوى معين من الدقة.
- **قيود التقييم Assessment Constraints:** يرتبط هذا المتغير بقيود التقييم، ضمان تغطية جميع جوانب المحتوى، أو عدم تكرار الأسئلة، أو الحفاظ على وقت التقييم ضمن حدود معينة.

- **بنك الأسئلة Item Bank:**

- **حجم بنك الأسئلة Size of Item Bank:** يرتبط هذا المتغير بعدد الأسئلة المتاحة، وكيفية بناء بنك كبير للأسئلة وكيفية التنوع لتقييم المتعلم بقدرة تكيفية وفعالة.
- **جودة بنك الأسئلة Quality of Item Bank:** يرتبط هذا المتغير بمدى دقة معايرة خصائص الأسئلة وصعوبة تمييزها.
- **تنوع الأسئلة Item Diversity:** يرتبط هذا المتغير بتوفر أسئلة تغطي مستويات صعوبة ومفاهيم مختلفة.

- **واجهة المستخدم والتغذية الراجعة User Interface and Feedback:**

- **طبيعة التغذية الراجعة Nature of Feedback:** يرتبط هذا المتغير بطبيعة التغذية الراجعة (فورية/ توضح الأخطاء/ تقدم تلميحات).

- **مستوى تفاصيل التغذية الراجعة Level of Feedback Detail:** يرتبط هذا المتغير بمستوى تفاصيل التغذية الراجعة (مجرد إشارة صح/خطأ، أم شرح مفصل للإجابة الصحيحة والخاطئة).
- **مرونة الواجهة Flexibility Interface:** يرتبط هذا المتغير بمدى سماح الواجهة للمتعلم بمراجعة الأسئلة السابقة في بعض الأنظمة التكيفية قد لا تسمح بذلك.

- **الغرض من التقييم Purpose of Assessment:**

- **تشخيصي Diagnostic:** يرتبط هذا المتغير بتحديد نقاط القوة والضعف.
- **تكويني Formative:** يرتبط هذا المتغير بتوجيه التعلم أثناء العملية.
- **ختامي Summative:** يرتبط هذا المتغير بتقييم التعلم النهائي.
- **تحديد المستوى Placement:** يرتبط هذا المتغير بتحديد المستوى المناسب للمتعلم.

ثانياً: الاتجاهات المستقبلية في التعليم بمساعدة تحليلات التعلم داخل الاستراتيجيات الحديثة المعتمدة على الذكاء الاصطناعي ومنها:

١- تجارب التعلم الغامرة Immersive learning experiences الواقع الافتراضي- الواقع المعزز -الميتافيرس.

٢- تطوير منصات التعلم المرنة Developing flexible learning platforms.

٣- التعلم عن بعد والتعلم المختلط Distance learning and blended learning: تحسين جودة التعلم عن بعد – الكفاءة الرقمية – منصات التعلم المرن.

٤- الفصول الدراسية الافتراضية عبر الميتافيرس Virtual Classrooms via the Metaverse.

٥- انترنت الأشياء Internet of Things: الفصول الدراسية الذكية – تخصيص البيئة التعليمية.

٦- تقنيات الألعاب التحفيزية Gamification والتعلم القائم على الألعاب: زيادة التفاعل والتحفيز – تطوير مهارات التعلم القائم على الألعاب.

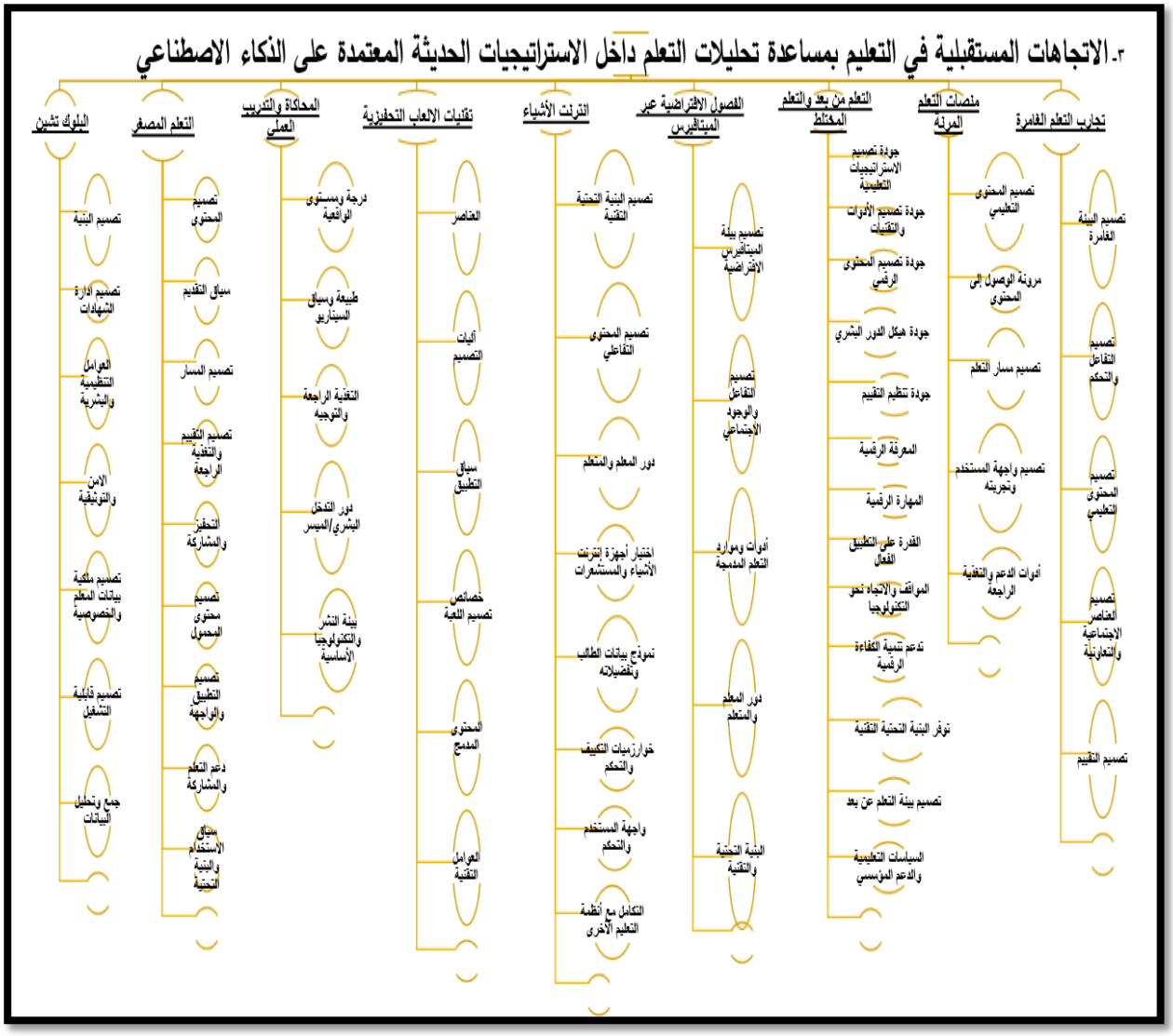
٧- المحاكاة والتدريب العملي Simulation and practical training.

٨- التعلم المصغر Microlearning : المحتوى التعليمي المختصر – تطبيقات التعلم المحمول.

٩- البلوك تشين Blockchain.

تمثل الاستراتيجيات التعليمية الحديثة والتي سبق إدراجها ضمن الخريطة البحثية الواردة في ورقة العمل (خالد فرجون، ٢٠١٧) والتي سعى الباحث وقتها لطرح عدد من الاستراتيجيات وفق النظم الذكية ومحاولة التكامل بينهم، بهدف زيادة فاعليتها، ولكن وقتها كان الذكاء الاصطناعي لم يظهر بوضوح فيما يتعلق بتوظيفه عند تصميم العناصر البنائية لهذه الاستراتيجيات، كما كان هناك صعوبة لدى المتخصصين في إدراك هذا النوع من الذكاء ضمن الإطار التعليمي بما يحمله من تقنيات ذات صلة بتحليلات التعلم، مثل الحساسات الذكية، والأجهزة القابلة للارتداء، وأنظمة الوشم الالكتروني، والتي سبق أن تناولها الباحث في أوراق عمل في السنوات الماضية، علاوة على الاختبارات والمقاييس الذكية المدمجة داخل هذه الاستراتيجيات، القائم عليها هذه البيئات التعلمية التكيفية، والتي تعتمد على الاستراتيجيات التعليمية الحديثة التي ستطرح في السطور القادمة والواردة في الشكل (٢)، ونظرا لعدم الإطالة في هذه الورقة سأحاول الاختصار لتوضح كيفية ربط المتغيرات البنائية داخل هذه البيئة التعلمية للوصول ببيئة تعليمية افتراضية، بحيث يمكنها التكييف مع احتياجات الطلاب بطريقة ملموسة وجذابة.

.



شكل (٢) الاتجاهات المستقبلية في التعليم بمساعدة تحليلات التعلم داخل الاستراتيجيات المعتمدة على الذكاء الاصطناعي

١ – المتغيرات البنائية للبحث العلمي في تجارب التعلم الغامرة

يمثل الواقع المعزز AR والواقع الافتراضي VR والميتافيرس Metaverse دوراً هاما في تجارب التعلم الغامرة والتي تعد من أكثر البيئات التعليمية رواجاً في نظم التعلم الحديثة، ولذا فإن إجراء بحث علمي حول تجارب التعلم الغامرة Immersive Learning Experiences، والاعلان عن نتائجه، يزيد من تفاعل المتعلمين مع المحتوى بطريقة ملموسة وجذابة، وهناك العديد من المتغيرات

البنائية التي تشكل تصميم التجربة ويمكن للباحثين التلاعب بها أو قياسها لدراسة تأثيرها، وتتعلق هذه المتغيرات بكيفية البناء الصحيح للبيئة الغامرة نفسها، وطريقة تفاعل الطلاب معها، وذلك من خلال:

- **تجارب التعلم الغامرة:** حيث ترتبط المتغيرات البنائية للوصول بخلق بيئات تعليمية افتراضية ثلاثية الأبعاد تحاكي الواقع، بحيث يتمكن الطلاب من التفاعل مع المحتوى بطريقة ملموسة وجذابة، خاصة في مجالات كالعلوم، التاريخ، والتدريب المهني.
- **المحاكاة والتدريب العملي:** حيث توفر البحوث التجريبية ونتائجها توفير فرص للمتعلمين لإجراء تجارب ومحاكاة لمواقف واقعية في بيئات آمنة وافتراضية تساعد هؤلاء المتعلمين على تحقيق أهدافهم التعليمية بإيجابية ومتعة.
- **الفصول الدراسية الافتراضية:** توفر البحوث التجريبية في هذه الفصول بيئة قائمة على منصات ميتافيرس لتوفير فصول دراسية افتراضية تفاعلية ممتعة، تتيح للمتعلمين، بل المعلمين فرصة للتفاعل وكأنهم في بيئة مادية واحدة، لا ينقصهم سوى استكمال العناصر ذات الصلة بالتذوق والاحساس الوجداني وهو ما تسعى اليه التجارب الحديثة باستخدام الذكاء العام الاصطناعي.

- **تصميم البيئة الغامرة Immersive Environment Design**

تهتم هذه المتغيرات بالخصائص الجوهرية للبيئة الافتراضية أو المدمجة بجزء من الواقع الحقيقي:

- **درجة الانغماس Level of Immersion:**
  - **غير منغمس Non-Immersive:** مثل التعلم على شاشة ثنائية الأبعاد، قد يبرز بداخله الإحساس بالبعد الثالث من خلال درجات الظل والنور ولكنه في النهاية لا يحمل معنى الانغماس داخل البيئة حيث يقتصر التوغل هنا على حدود الشاشة، ولكنه ما زال حتى الان نقطة مرجعية يمكن الاستناد اليها عند توظيف هذا المستوى من الانغماس بعد الاستناد على تحليلات التعلم.
  - **شبه الانغماس Semi-Immersive:** ما زال يحمل هذا المستوى درجة من الأهمية حيث تستخدم الشاشات المتعددة، أو المنحنية، أو أجهزة العرض على الحائط لتحقيق ذلك، إلا ان الانغماس هنا مقتصر على حدود المحتوى المعروض على شاشة ثنائية

الابعاد، وإن كانت أفضل وتوحي للمتعلم بالانغماس أكثر الشاشات التقليدية ثنائية الابعاد، وذلك بعد الاستناد على تحليلات التعلم.

- **الانغماس الكاملFully Immersive**: استخدام سماعات الرأس للواقع الافتراضي VR headsets التي تعزل المستخدم عن العالم الخارجي تمامًا، ويصبح دور الذكاء الاصطناعي صناعة هذه البيئة دون معاناة أو حرفية من الباحث او من ينوب عنه، خاصة انها تجهز له السيناريو وصولا الى الإنتاج النهائي.

- **درجة الواقعية/المحاكاة Fidelity/Realism** :

- **الواقعية الفيزيائية Physical Realism** : ترتبط المتغيرات البنائية هنا بمدى محاكاة البيئة الغامرة لقوانين الفيزياء الواقعية كالجاذبية، الاحتكاك، التفاعلات الفيزيائية للأشياء، بحيث يتلاعب الباحث بالمتغيرات البنائية كاختلاف مستويات الجاذبية والاحتكاك وفق طبيعة المادة ، وبعد الرجوع لتحليلات التعلم.

- **الواقعية الرسومية Graphical Realism**: مدى جودة ودقة الرسومات الثابتة أو المتحركة ثلاثية الأبعاد، ويصبح دور الباحث تحديد أفضل درجة الواقعية بعد الاستناد على تحليلات التعلم، ويحل هنا الذكاء الاصطناعي محل الأداء الإنساني في تحويل الصورة الواقعية الى رسومات متحركة تختلف درجتها من رسومات بسيطة الة رسومات مليئة بالتفاصيل ودرجات الظل والنور.

- **الواقعية الصوتية Auditory Realism** : ترتبط المتغيرات البنائية بنمط الصوت ثلاثي الأبعاد أو الصوتي الفضائي كالحديث داخل غرفة خشب/ نحاس/ الومنيوم، وعلاقة ذلك بتعزيز الإحساس وانعكاسه على فهم المتعلم للمحتوى التعليمي، بعد استناد الباحث على نتائج تحليلات التعلم.

- **ثبات البيئة Environmental Persistence** : يرتبط هذا المتغير بمواصفات البيئة الافتراضية اثناء التعلم ثابتة / متغيرة بسرعة/ متغيرة بطيء، وربط هذه المستويات بفهم المتعلم لمحتوى البيئة وعناصرها، ويتدخل الذكاء الاصطناعي في عملية الإنتاج لعناصر هذه البيئة وفي درجات ثباتها.

- **حجم ونطاق البيئة Scale and Scope of Environment** : يرتبط هذا المتغير بحجم هذه البيئة جسم لحشرة مليئة بالتفاصيل / غرفة صغيرة/ مبنى كامل/ حي متعدد المباني/ النظام الشمسي، ويتلاعب الباحث بعنصر الحجم والتعقيد داخله وكم المعلومات لقياس عدد من المتغيرات التابعة وربما يربطه بعدد من المتغيرات التصنيفية. ويكون دور الذكاء الاصطناعي في تجهيز البيئة واحجامها المختلفة للوصول الى طرح العديد من المتغيرات البنائية لعناصرها، مما ييسر على الباحث تقديم متغيرات مستقلة ومستويات، قد تصل نتائجها لأفضل نطاق وحجم وعدد للعناصر داخلها.

- **تصميم التفاعل والتحكم Control Design & Interaction**

تتعلق هذه المتغيرات بكيفية تفاعل المتعلم مع المحتوى التعليمي والبيئة الحاملة له:

- **أدوات الإدخال/التحكم Input Devices/Controls** : يرتبط هذا المتغير بمدى التفاعل من خلال:

  - **تتبع العين Eye Tracking** : وهذا يتطلب توفير أجهزة لقياس حركة العين للحكم على تفاعلها مع موضوع التعلم، ودرجة الاهتمام.
  - **التحكم الصوتي Voice Control** : يرتبط هذا المتغير باستخدام الأوامر الصوتية واختلاف انماطها والوصول لأنسب نمط ومستوى صوتي والبيئة النابع منها هذا الصوت نحاسي/ خشبي/ ذات فراغ كبير/فراغ قليل... .
  - **وحدات التحكم اليدوية Handheld Controllers** : يرتبط هذا المتغير بأجهزة التحكم المخصصة للواقع الافتراضي، من حيث دقتها وسرعة استجابتها، سهولة التعامل معها، وهكذا.
  - **تتبع اليد/الإيماءات Hand Tracking/Gestures** : يرتبط هذا المتغير باستخدام حركات اليد الطبيعية من حيث سهولة الاستخدام وتحقيق الايماءات وهكذا.
  - **الأجهزة اللمسية/الاهتزازية Haptic Devices** : يرتبط هذا المتغير بجودة الأجهزة ودقتها في توفير ردود فعل لمسية اهتزازات، مقاومة ، وعلاقة ذلك بالمتعة في التعلم وتحقيق الأهداف التعليمية دون ملل.

- **درجة وكيفية التنقل Method & Navigation Degree :**
  - **التنقل اللحظي Teleportation** : يرتبط هذا المتغير بالانتقال الفوري من نقطة لأخرى.
  - **التنقل السلس Smooth Locomotion** : يرتبط هذا المتغير بدرجة السلاسة والاستمرار في الحركة داخل البيئة.
  - **التنقل الجسدي Physical Locomotion** : يرتبط هذا المتغير بسهولة التحرك داخل المساحة الحقيقية المقابلة للحركة الموازية في البيئة الافتراضية، وبالمواصفات الفنية والتقنية للربط بين البيئتين.
- **آليات التفاعل مع الكائنات Object Interaction Mechanisms** : يرتبط هذا المتغير بكيفية التقاط المتعلم لعناصر البيئة الافتراضية، وكيفية التدوير، والتفكيك، ودمج الأشياء داخل البيئة، وهنا يتلاعب الباحث بالمتغيرات الخاصة بالسرعة والدقة وعلاقة ذلك من خلال تحليلات التعلم من خلال خلفيته المعرفية عن موضوع التعلم والتعامل مع عناصر البيئة.
- **درجة الوكالة/الاستقلالية للمتعلم Learner Agency/Autonomy** : يرتبط هذا المتغير بدرجة الوكالة ومن ثم حرية المتعلم في استكشاف البيئة، والتلاعب بالأشياء، واتخاذ القرارات، أو تغيير مسار التعلم داخل التجربة، من خلال تعدد الوكلاء والاختيار بينهم.

- **تصميم المحتوى التعليمي في البيئة الغامرة Content Design within Immersive Environment**

تتعلق هذه المتغيرات بكيفية تمثيل المفاهيم التعليمية داخل البيئة الغامرة:

- **طبيعة المهام التعليمية Nature of Learning Tasks** : يرتبط هذا المتغير بنمط هذه المهام (استكشافية، حل مشكلات، تجارب علمية، محاكاة لمواقف واقعية، أو تدريب على مهارات يدوية)، وعلى المتعلم الوصول لأنسبها وفق تحليلات التعلم ليختار الاقرب لتحقيق الأهداف التعليمية.
-

- **إستراتيجيات التوجيه والدعم Scaffolding Strategies & Guidance** :
  - **التوجيه الصريح Explicit Guidance** : يرتبط هذا المتغير بنمط الرسالة (نصية، صوتية، مرشدين افتراضيين) بحيث يربط ذلك بتحليلات التعلم للوصول الى افضاها لكل متعلم.
  - **التوجيه الضمني Implicit Guidance**: يرتبط هذا المتغير بتصميم البيئة لترشد المتعلم لتحقيق اهدافه.
  - **التكيف Adaptivity** : يرتبط هذا المتغير بتغير مستوى التوجيه أو صعوبة المهام بناءً على أداء المتعلم في الوقت الفعلي، وبناء على ما جمعه الباحث من معلومات عن المتعلمين من خلال تحليلات التعلم.
- **التغذية الراجعة داخل البيئة In-Environment Feedback** : يرتبط هذا المتغير بكيفية تلقى المتعلم للتغذية الراجعة على أدائه، حيث يطرح الباحث أكثر من نمط مرئي، صوتي، لمسي ووفق ما جمعه عن كل متعلم فيوفر لها انسبها، أو محفزات من داخل البيئة تتكامل مها فيحقق اهداف المتعلم بسرعة ودقة ومتعة وفاعلية.
- **فرص التكرار والممارسة Practice & Opportunities for Repetition** : يرتبط هذا المتغير بعدد وانماط الفرص التي توفرها البيئة للمتعلم لتكرار المهام أو التدرب على المهارات حتى الإتقان، ويتحدد دور الباحث في توفير هذه الفرص وفق ما جمعه من تحليلات التعلم عن المتعلمين، والوصول لأنسب عدد لتكرارها، إذ ان ترك ذلك للمتعلم قد يعطله او ربما يعوقه في تسريع عملية التعلم.

- **تصميم العناصر الاجتماعية والتعاونية Collaborative Elements Design & Social**

ترتبط هذه المتغيرات بكيفية دمج التفاعل البشري في التجربة الغامرة:

- **عدد المتعلمين المتفاعلين Number of Interacting Learners**: يرتبط هذا المتغير بنمط التعلم داخل هذه البيئة (تعلم فردي /ازواج/ مجموعات صغيرة/ مجموعات كبيرة)، ويتحدد دور الباحث في المقارنات للوصول الى انسب عدد من الافراد بحيث يحقق التفاعل أهدافه.

- **المهام التعاونية Collaborative Tasks:** يرتبط هذا المتغير بتحديد انسب نمط للتعاون (تعاوني/ تنافسي، الجمع بينهم)، كما يرتبط بدور الذكاء الاصطناعي في تصميم هذه المهام والتلاعب بكثير من متغيراتها البنائية، بهدف الوصول الى أفضلها لتحقيق اهداف التعلم وبالتنسيق مع نتائج تحليلات التعلم.
- **تمثيل المستخدمين User Representation/Avatars:** يرتبط هذا المتغير بتمثيل المستخدمين وانماطهم (ذكور / اناث/ منبسطين/ مقيدين/ متحررين/ تحليلين/ كليين)، وكذلك نمط تجريد الـ Avatar (واقعي، كرتوني، مبسط)، وعلاقة كل ذلك بتحقيق اهداف التعلم والمتعة داخل البيئة.
- **آليات التواصل Communication Mechanisms** : يرتبط هذا المتغير بنوع التواصل داخل البيئة (نصي/ صوتي/ ايماءات/ لغة إشارة) ويحدد الباحث انسبها من خلال التجريب والرجوع لتحليلات التعلم.

- **تصميم التقييم في البيئة الغامرة Assessment Design within Immersive Environment**

ترتبط هذه المتغيرات بكيفية قياس التعلم والأداء داخل البيئة الغامرة:

- **نوع التقييم Assessment Type:** يرتبط هذا المتغير بنمط التقييم من خلال تتبع سلوك المتعلم وأدائه في المهام (ضمني/ صريح) من خلال أسئلة أو تحديات محددة.
- **تتبع الأداء Performance Tracking** : يرتبط هذا المتغير بطبيعة البيانات التي يتم جمعها عن أداء المتعلم وقت الإنجاز، عدد الأخطاء، القرارات المتخذة، كفاءة الحركة ، وبعد الرجوع لنتائج تحليلات التعلم عن كل متعلم.
- **تحليل السلوك Behavioral Analytics** : يرتبط هذا المتغير بكيفية تحليل أنماط سلوك المتعلم داخل البيئة لفهم استراتيجيته في التعلم وحل المشكلات، ودائما ما يعتد الباحث في ذلك على ما جهزه من بيانات من خلال تحليلات التعلم.

- **التغذية الراجعة التكيفية للتقييم Adaptive Assessment Feedback** : يرتبط هذا المتغير بنمط تقديم التغذية الراجعة فوري / مؤجل / تكيفي ، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.

٢- المتغيرات البنائية للبحث العلمي في تطوير منصات التعلم المرنة

تركز المتغيرات البنائية على العناصر التصميمية والهيكلية في هذا الجانب على تطوير منصات التعلم المرنة Flexible Learning Platforms التي توفر خيارات متنوعة للوصول إلى المحتوى التعليمي، إذ يمكن للباحث التلاعب بهذه المتغيرات أو قياسها لدراسة تأثيرها على تجربة المتعلم، ونتائج التعلم، ومدى الوصول. كما يمكن للباحث التلاعب بمتغير بنائي واحد على سبيل المثال، مقارنة فعالية تقديم المحتوى بنمط وحدات كبيرة مقابل وحدات صغيرة وقياس تأثير ذلك على: مشاركة المتعلمين، رضاهم عن المنصة، كفاءتهم الذاتية في التعلم، معدلات إكمال المقررات، أو نواتج التعلم.

- **تصميم المحتوى التعليمي Content Design**

ترتبط هذه المتغيرات بكيفية بناء وتشكيل المحتوى لدعم المرونة:

- **تجزئة المحتوى Content Granularity** :
  - **وحدات كبيرة:** يرتكز المتغير المستقل على تجزئة المحتوى في كتل كبيرة فصول طويلة، محاضرات متعددة الساعات.
  - **وحدات صغيرة Microlearning** : يرتكز المتغير المستقل تقسيم المحتوى لوحدات صغيرة، مركزة، وقابلة للاستهلاك السريع مقاطع فيديو قصيرة، تعريفات سريعة، تمارين فردية، هذا يزيد من مرونة التعلم في أوقات الفراغ.
- **تنوع أنماط المحتوى Content Modality Diversity** :
  - **الأنماط المقدمة:** يرتكز المتغير المستقل على اتاحة تقديم المفهوم بأشكال مختلفة (نص، فيديو، صوت، رسوم بيانية) ليتناسب مع تفضيلات المتعلمين المختلفة.

- **خيارات الأنماط:** يرتكز المتغير المستقل على اختيار النمط المفضل للمتعلم للمحتوى المقدم.

- **سهولة التكيف Adaptability** : يرتكز المتغير المستقل على سهولة تكييف المحتوى بناءً على أداء المتعلم أو احتياجاته باستخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي مثلاً ، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.

- **مرونة الوصول إلى المحتوى Content Access Flexibility**

تتعلق هذه المتغيرات بكيفية وصول المتعلم إلى المحتوى في مختلف الظروف:

- **خيارات التزامن Synchronicity Options** :

- **متزامن فقط:** يرتكز المتغير المستقل على اتاحة المحتوى في أوقات محددة مثلاً، محاضرات مباشرة فقط.

- **غير متزامن فقط:** يرتكز المتغير المستقل على اتاحة المحتوى دائمًا للوصول إليه في أي وقت مثل تسجيلات المحاضرات، مواد القراءة الذاتية.

- **هجين/مرن:** يرتكز المتغير المستقل على المقارنة بين اتاحة المحتوى المتزامنة وغير المتزامنة، مع إمكانية الاختيار للمتعلم.

- **مرونة الجهاز Device Flexibility** :

- **دعم الأجهزة المتعددة:** يرتكز المتغير المستقل على دعم المحتوى والمنصة ليضمن العمل بسلاسة على أجهزة مختلفة أجهزة الكمبيوتر المكتبية، المحمولة، الأجهزة اللوحية، الهواتف الذكية.

- **الاستجابة Responsiveness** : يرتكز المتغير المستقل على كيفية تكييف المحتوى وتخطيط الواجهة تلقائيًا مع حجم الشاشة والجهاز المستخدم، بحيث يسهل استجابته للمتعلم.

- **مرونة الاتصال بالإنترنت Connectivity Flexibility** :

- **الوصول عبر الإنترنت/غير متصل:** يرتكز المتغير المستقل على مرونة الاتصال متصل/غير متصل لإتاحة المحتوى مثلاً، عن طريق التنزيل المسبق.
- **استهلاك البيانات:** يرتكز المتغير المستقل على اتاحة المحتوى على توفر المنصة خيارات لاستهلاك بيانات أقل مثل جودة فيديو منخفضة لتناسب الاتصالات المحدودة.

- **الوصولية Accessibility** : يرتكز المتغير المستقل على اتاحة المحتوى تمكيين المحتوى والمنصة للأشخاص ذوو الإعاقة من الوصول مثل توفير التسميات التوضيحية للفيديوهات، وصف للصور، دعم قارئات الشاشة .

- **تصميم مسار التعلم Learning Path Design**

تركز هذه المتغيرات على كيفية توجيه المتعلم عبر المحتوى:

- **مرونة التسلسل Sequence Flexibility** :
  - **تسلسل خطي:** يرتكز المتغير المستقل على اتاحة المحتوى وفق مسار محدد سلفًا.
  - **تسلسل مرن:** يرتكز المتغير المستقل على اتاحة المحتوى وفق الترتيب الذي يدرس به المواضيع أو الوحدات.
  - **مسارات مخصصة:** يرتكز المتغير المستقل على تخصيص المحتوى بناءً على أهداف المتعلم أو أدائه.
- **خيارات التقدم Progression Options** :
  - **مبني على الوقت:** يرتكز المتغير المستقل على اتاحة المحتوى وفق جداول زمنية محددة.
  - **مبني على الكفاءة Competency-Based** : يرتكز المتغير المستقل على اتاحة المحتوى وفق إتقان المتعلم لمهارات أو مفاهيم معينة، بغض النظر عن الوقت المستغرق.

- **إدارة عبء العمل Workload Management** : يرتكز المتغير المستقل على توفر المنصة لأدوات لمساعدة المتعلمين على إدارة عبء العمل الخاص بهم، مثل تقدير الوقت المطلوب لإكمال المهام، أو تتبع التقدم.

- **تصميم واجهة المستخدم وتجربته UI/UX Design**

تؤثر هذه المتغيرات بشكل مباشر على مدى سهولة وراحة استخدام المنصة:

- **الحدسية وسهولة الاستخدام Usability & Intuitiveness** : يرتكز المتغير المستقل على اتاحة المحتوى مدى سهولة التنقل في المنصة والوصول إلى الميزات والمحتوى.
- **خيارات التخصيص Customization Options** : يرتكز المتغير المستقل على تخصيص المحتوى بجوانب من واجهة المستخدم مثل الألوان، الخطوط، تخطيط الصفحة .
- **التصميم البصري الجذاب Visually Appealing Design** : يرتكز المتغير المستقل على تصميم المحتوى وفق معايير فنية جذابة بصريًا وغير مشتتة للانتباه.

- **أدوات الدعم والتغذية الراجعة Feedback Tools & Support**

ترتكز هذه المتغيرات على كيفية توفير الدعم للمتعلمين في بيئة مرنة:

- **توافر أدوات الدعم:** يرتكز المتغير المستقل على توفر المنصة أدوات مساعدة ذاتية، منتديات دعم، أو إمكانية الوصول السريع إلى الدعم الفني أو التعليمي.
- **طبيعة التغذية الراجعة Nature of Feedback** : يرتكز المتغير المستقل على اتاحة المحتوى توفير تغذية راجعة فورية، ومخصصة، ومتنوعة نصية، صوتية، مرئية على أداء المتعلم.
- **آليات التوجيه الذاتي Self-Guidance Mechanisms** : يرتكز المتغير المستقل على توفير المنصة لأدوات لمساعدة المتعلم على تتبع تقدمه، وتحديد نقاط قوته وضعفه، والتخطيط لخطواته التالية.

٣- المتغيرات البنائية للبحث العلمي في التعلم عن بعد والتعليم المختلط Blended Learning:

عند تصميم وإجراء البحث العلمي في مجال التعلم عن بعد والتعليم المختلط Blended Learning، يتحتم البحث في الاستراتيجيات والأدوات التي تعزز التفاعل والمشاركة وتضمن جودة التعليم في البيئات الافتراضية، إذ توجد مجموعة من المتغيرات البنائية التي تشكل عناصر تصميم هذه البيئات، ويمكن للباحث التلاعب بهذه المتغيرات أو قياسها لدراسة تأثيرها.

تتعلق هذه المتغيرات بكيفية بناء بيئة التعلم، وتخطيط الأنشطة، وتوفير الأدوات التي تدعم التفاعل والمشاركة. بينما يتعلق الجانب الخاص بالكفاءة الرقمية، بكيفية تطوير الكفاءات الرقمية لدى المتعلمين والمعلمين للاستفادة القصوى من بيئات التعلم عن بعد. كما يتناول البحث في منصات التعلم المرنة، وتطويرها لإتاحة المرونة في الزمان والمكان، مع توفير خيارات متنوعة للوصول إلى المحتوى.

المتغيرات البنائية في تحسين جودة التعليم عن بعد والتعلم المختلط

- **تصميم الاستراتيجيات التعليمية Instructional Strategy Design**

ترتكز هذه المتغيرات على المناهج التربوية المتبعة في تقديم المحتوى وتوجيه التعلم:

- **درجة التعاونية Degree of Collaboration:**
  - **فردي:** يرتكز المتغير المستقل على الأنشطة المصممة التي يقوم بها المتعلمين بشكل فردي تمامًا.
  - **جماعي:** يرتكز المتغير المستقل على توجد أنشطة تتطلب من المتعلمين العمل في مجموعات صغيرة مثل المشاريع المشتركة، المناقشات الجماعية.
  - **مجتمع تعلم Community of Practice:** يرتكز المتغير المستقل على بناء مجتمع تعلم حيث يساهم المتعلمين والمعلمون في تبادل المعرفة والخبرات.

- **استراتيجيات التفاعل Interaction Strategies:**
  - **تفاعل الطالب–المحتوى:** يرتكز المتغير المستقل على تصميم أنشطة تتطلب من الطالب التفاعل بنشاط مع المحتوى مثل المحاكاة، الأنشطة التفاعلية، الاختبارات الذاتية.
  - **تفاعل الطالب–المعلم:** يرتكز المتغير المستقل على تواجد آليات واضحة لتواصل المتعلمين مع المعلم ساعات مكتب افتراضية، منتديات أسئلة وأجوبة، ردود فعل مخصصة.
  - **تفاعل الطالب–الطالب:** يرتكز المتغير المستقل على توفير فرص منظمة لتفاعل المتعلمين مع بعضهم البعض منتديات النقاش، مشاريع جماعية، مراجعة الأقران.
- **تصميم المهام Task Design:** يرتكز المتغير المستقل على تصميم مهام تعليمية نشطة، قائمة على حل المشكلات، مشاريع تطبيقية، أم مهام تقليدية قراءة واستماع.
- **استراتيجيات التغذية الراجعة Feedback Strategies:**
  - **التوقيت:** يرتكز المتغير المستقل على نمط توقيت التغذية الراجعة (فورية/ متأخرة).
  - **النوع:** يرتكز المتغير المستقل على نوه استراتيجية التغذية الراجعة تصحيحية، توجيهية، تقييمية، أم تحفيزية.
  - **المصدر:** يرتكز المتغير المستقل على مصدر التغذية الراجعة من المعلم، من الأقران، أم من نظام آلي.
- **التحفيز والتعلّم المُلَعَّب Gamification & Motivation:** يرتكز المتغير المستقل على دمج عناصر التلعيب مثل النقاط، الشارات، لوحات الصدارة، التحديات لزيادة الدافعية والمشاركة، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.

– **تصميم الأدوات والتقنيات Design of tools and techniques**

تركز هذه المتغيرات على الخصائص البنائية للأدوات والمنصات التكنولوجية المستخدمة:

- **منصات إدارة التعلم Learning Management Systems - LMS:**
  - **الميزات المتاحة:** يرتكز المتغير المستقل على دعم المنصة لمجموعة واسعة من أدوات التفاعل، منتديات، مدونات، غرف دردشة، أدوات اجتماع عبر الفيديو.
  - **سهولة الاستخدام Usability:** يرتكز المتغير المستقل على مدى سهولة التنقل في المنصة وواجهتها.
- **أدوات الاتصال المتزامن Synchronous Communication Tools :**
  - **جودة الصوت والفيديو:** يرتكز المتغير المستقل على مدى وضوح ونقاء الصوت والصورة في جلسات الفيديو المباشرة.
  - **الميزات التفاعلية:** يرتكز المتغير المستقل على تضمين أدوات مثل الألواح البيضاء الافتراضية، غرف المجموعات الفرعية، استطلاعات الرأي الفورية، أدوات مشاركة الشاشة.
- **أدوات الاتصال غير المتزامن Asynchronous Communication Tools:**
  - **تصميم المنتديات:** يرتكز المتغير المستقل على تصميم منتديات النقاش بطريقة تشجع على المساهمات العميقة والمدروسة بدلاً من الردود السريعة.
  - **أدوات التعاون Collaboration Tools:** يرتكز المتغير المستقل على توفير أدوات لإنشاء مستندات مشتركة، أو جداول بيانات، أو عروض تقديمية جماعية عبر الإنترنت، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.
- **أدوات إنشاء المحتوى التفاعلي Interactive Content Creation Tools:** يرتكز المتغير المستقل على استخدام المعلمون أدوات لإنشاء محتوى غني وتفاعلي مثل H5P، Articulate Storyline بدلاً من مجرد نصوص وصور ثابتة.
- **أدوات الواقع الافتراضي/المعزز VR/AR Tools:** يرتكز المتغير المستقل على دمج تجارب غامرة بسيطة مثل ٣٦٠ فيديو، جولات افتراضية أو معقدة مثل مختبرات VR لتعزيز التفاعل مع المحتوى، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.

- **تصميم المحتوى التعليمي الرقمي Digital Content Design**

تتعلق هذه المتغيرات بكيفية بناء وتقديم المواد التعليمية الرقمية:

- **تنوع أنماط المحتوى Content Modality Diversity:** يرتكز المتغير المستقل على تقديم المحتوى بمزيج من النصوص، مقاطع الفيديو، الصوتيات، الرسوم البيانية، الرسوم المتحركة، والمحاكاة.
- **مستوى التفاعلية Level of Interactivity** : يرتكز المتغير المستقل على مستوى التفاعلية من المتعلم لإجراء أفعال مثل سحب وإفلات، النقر على عناصر، الإجابة على أسئلة مدمجة.
- **التخصيص والتكيف Adaptivity & Personalization** : يرتكز المتغير المستقل على التخصيص والتكيف للمحتوى بناءً على أداء الطالب، أسلوبه التعليمي، أو تفضيلاته وهذا يرتبط بشكل وثيق بالذكاء الاصطناعي.
- **سهولة الوصول Accessibility** : يرتكز المتغير المستقل على سهولة تصميم المحتوى ليكون متاحًا لجميع المتعلمين، بمن فيهم ذوو الاحتياجات الخاصة مثل توفير تسميات توضيحية للفيديوهات، وصف للصور ، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.

- **هيكل الدور البشري Human Role Structure**

تتناول هذه المتغيرات كيفية تنظيم وتأثير دور المعلم والميسر:

- **تدريب المعلمين Instructor Training** : يرتكز المتغير المستقل على مدى تدريب المعلمين على استخدام الأدوات الرقمية بفعالية، وتصميم الأنشطة التفاعلية، وإدارة الفصول الافتراضية.
- **دور المعلم كميسر Instructor as Facilitator** : يرتكز المتغير المستقل على دور المعلم لتسهيل التعلم وتوجيه المتعلمين بدلاً من مجرد تقديم المعلومات.

- **التواجد الاجتماعي للمعلم Instructor Social Presence** : يرتكز المتغير المستقل على بمدى شعور المتعلمين بأن المعلم متواجد ومهتم بهم في البيئة الافتراضية من خلال التفاعل المنتظم، الاستجابة السريعة .
- **أدوار المتعلمين Student Roles** : يرتكز المتغير المستقل على تكليف المتعلمين بأدوار محددة في الأنشطة الجماعية مثل قائد مجموعة، مقرر، باحث (Pelin Derinalp, 2024).

- **تنظيم التقييم Assessment Organization**

- **تنوع أدوات التقييم Diversity of Assessment Tools** : يرتكز المتغير المستقل على استخدام مجموعة متنوعة من أدوات التقييم الاختبارات، المشاريع، المنتديات، ملفات الإنجاز لتقييم جوانب مختلفة من التعلم.
- **التقييم التكويني المستمر Continuous Formative Assessment** : يرتكز المتغير المستقل على توفير فرص متعددة للتقييم التكويني مع تغذية راجعة فورية لدعم التعلم.
- **التقييم التعاوني Collaborative Assessment** : يرتكز المتغير المستقل على إشراك المتعلمين في تقييم أقرانهم أو التقييم الذاتي، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.

المتغيرات البنائية للبحث العلمي في الكفاءة الرقمية لدى المتعلمين والمعلمين للاستفادة القصوى من بيئات التعلم عن بعد

تمثل الكفاءة الرقمية Digital Competence/Literacy طفرة لدى المتعلمين والمعلمين وذلك لزيادة كفاءتهم للاستفادة القصوى من بيئات التعلم عن بعد، ولذا فإن "المتغيرات البنائية" للأبعاد المكونة للكفاءة الرقمية تمثل أهمية بالغة في توظيف بيئات التعلم بعد، وهنا يمكن للباحث التلاعب بهذه المتغيرات في الدراسات التدخلية أو قياسها في الدراسات الوصفية/الارتباطية لفهم تأثيرها على نواتج التعلم من بيئات التعلم عن بعد. وهناك فئتين رئيسيتين يمكن أن نقسم عليهم هذه المتغيرات: مكونات الكفاءة الرقمية نفسها والتي يمكن أن تكون متغيرات تابعة أو مستقلة حسب تصميم البحث، والعوامل الباعثة على تنمية الكفاءة الرقمية المتغيرات المستقلة غالباً.

لذا تهدف البحوث في هذا المجال إلى تحديد أفضل الطرق لتطوير الكفاءة الرقمية اللازمة للاستفادة الكاملة من فرص التعلم التي توفرها البيئات الافتراضية. وذلك من خلال دراسة قياس مقارنة مجموعة تلقت تدريبًا مكثفًا على "مهارات الاتصال والتعاون الرقمي "متغير مستقل" بمجموعة لم تتلقى هذا التدريب، وقياس تأثير ذلك على "جودة مشاركاتهم في المنتديات النقاشية" و"مستوى ثقتهم الرقمية" كمتغيرات تابعة، وكذلك من خلال مثلا: استكشاف العلاقة بين "جودة الاتصال بالإنترنت المتاح للطلاب" متغير بنائي/مستقل و"مهاراتهم في حل المشكلات الرقمية" كمتغير بنائي/تابع، وفيما يلي توضيح مفسر لذلك.

أولاً: مكونات الكفاءة الرقمية أبعادها كمتغيرات بنائية

هذه هي الأبعاد المختلفة التي تشكل الكفاءة الرقمية ويمكن قياسها كمؤشرات:

- **المعرفة الرقمية Digital Knowledge** :

- **معرفة الأدوات والمنصات:** يرتكز المتغير المستقل على الإلمام بأسماء ووظائف برامج وتطبيقات التعلم عن بعد مثل أنظمة إدارة التعلم LMS، أدوات مؤتمرات الفيديو، أدوات التعاون.
- **معرفة المفاهيم الأساسية:** يرتكز المتغير المستقل على فهم المفاهيم ذات الصلة مثل الأمان الرقمي، حقوق النشر، الشبكات، التخزين السحابي.
- **معرفة استراتيجيات التعلم عبر الإنترنت:** يرتكز المتغير المستقل على الإلمام بكيفية التعلم بفعالية في بيئة افتراضية إدارة الوقت، التعلم الذاتي، طلب المساعدة.

- **المهارات الرقمية Digital Skills** :

- **مهارات التشغيل الأساسية:** يرتكز المتغير المستقل في القدرة على استخدام الكمبيوتر والأجهزة اللوحية والهواتف الذكية بطلاقة.
- **مهارات استخدام برمجيات محددة:** يرتكز المتغير المستقل في القدرة على استخدام برامج معالجة النصوص، جداول البيانات، برامج العروض التقديمية، أدوات إنشاء المحتوى الرقمي.

- **مهارات الاتصال والتعاون الرقمي:** يرتكز المتغير المستقل في القدرة على استخدام البريد الإلكتروني، أدوات الدردشة، المنتديات، منصات الفيديو للتعاون والتواصل بفعالية.
- **مهارات إدارة المعلومات الرقمية:** يرتكز المتغير المستقل في البحث عن المعلومات وتقييمها، تنظيمها، وحفظها.
- **مهارات إنشاء المحتوى الرقمي:** يرتكز المتغير المستقل في القدرة على إنتاج أو تعديل محتوى رقمي مثل نصوص، صور، فيديوهات تعليمية.
- **مهارات حل المشكلات الرقمية:** يرتكز المتغير المستقل في القدرة على تحديد مشكلات التكنولوجيا وإيجاد حلول لها مثل مشكلات الاتصال، البرامج.
- **مهارات الأمان والسلامة الرقمية:** يرتكز المتغير المستقل في القدرة على حماية البيانات الشخصية، التعرف على المخاطر عبر الإنترنت، والتصرف بمسؤولية، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.

- **القدرة على التطبيق/الاستخدام الفعال Effective Application/Usage :**

- **القدرة على دمج التكنولوجيا في التدريس/التعلم للمعلمين:** يرتكز هنا المتغير المستقل في كيفية دمج الأدوات الرقمية بفعالية لتحقيق أهداف تعليمية محددة للمتعلمين، وكيفية استخدام الأدوات الرقمية لإنجاز المهام الدراسية وتحسين فهمهم.
- **التعلم الذاتي المستمر Lifelong Digital Learning :** يرتكز المتغير المستقل في الرغبة والقدرة على تعلم مهارات رقمية جديدة والتكيف مع التقنيات المتغيرة.
- **التفكير النقدي الرقمي Digital Critical Thinking :** يرتكز المتغير المستقل في القدرة على تقييم المعلومات الرقمية، وتحديد التحيز، وفهم السياق، وتمييز المعلومات الموثوقة.

- **المواقف والاتجاهات نحو التكنولوجيا Attitudes Towards Technology** :

- **الثقة الرقمية Digital Confidence/Self-Efficacy** : يرتكز المتغير المستقل في مدى ثقة الفرد بقدرته على استخدام التكنولوجيا بفعالية.
- **الدافعية لاستخدام التكنولوجيا Motivation for Technology Use** : يرتكز المتغير المستقل في مدى رغبة الفرد في استكشاف واستخدام الأدوات الرقمية في التعلم والتدريس.
- **القبول التكنولوجي Technology Acceptance** : يرتكز المتغير المستقل في مدى قبول الفرد للتكنولوجيا كأداة للتعلم والتدريس.
- **القلق من التكنولوجيا Technology Anxiety** : يرتكز المتغير المستقل في قياس مستوى التوتر أو الخوف المرتبط باستخدام التكنولوجيا، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.

ثانياً: تدعم تنمية الكفاءة الرقمية كمتغيرات مستقلة أو تدخلية

هذه هي العوامل الهيكلية أو التصميمية في البيئة التعليمية التي يمكن أن تؤثر على الكفاءة الرقمية:

- **تصميم برامج التدريب/التنمية المهنية Training/Professional Development Program Design:**

- **مدة التدريب وكثافته:** يرتكز المتغير المستقل في تحديد عدد الساعة التدريبية، ووفي تحديد نمط التدريب مكثف أم ممتد.
- **طريقة التدريب:** يرتكز المتغير المستقل في تحديد طريقة تدريب نظري، عملي، ورش عمل، تعلم قائم على المشاريع، أم مزيج.
- **محتوى التدريب:** يرتكز المتغير المستقل في تحديد أفضل ما يركز عليه محتوى التدريب من بين الأدوات، المهارات، المفاهيم، أم استراتيجيات الدمج التربوي للتكنولوجيا.

- **تخصيص التدريب:** يرتكز المتغير المستقل على تخصيص محتوى التدريب ليناسب المستويات المختلفة من الكفاءة الرقمية للمتدربين.
- **الدعم المستمر:** يرتكز المتغير المستقل مدى استمرارية الدعم المستمر بعد انتهاء التدريب مثل مرشدين، مجتمعات ممارسة.

- **توفر البنية التحتية التقنية Availability of Technological Infrastructure :**

- **توافر الأجهزة:** يرتكز المتغير المستقل على تتوفر أجهزة الكمبيوتر والإنترنت والبرمجيات اللازمة في المنزل/المدرسة.
- **جودة الاتصال بالإنترنت:** يرتكز المتغير المستقل على تحقيق اتصال مستقر وسريع بما يكفي لدعم التعلم عن بعد.
- **الدعم الفني:** يرتكز المتغير المستقل على توفير دعم فني سريع وفعال للمشكلات التقنية.

- **تصميم بيئة التعلم عن بعد Online Learning Environment Design :**

- **سهولة استخدام المنصة Platform Usability :** يرتكز المتغير المستقل على مدى بساطة وتفاعلية منصة التعلم عن بعد LMS وأدواتها.
- **جودة المحتوى الرقمي:** يرتكز المتغير المستقل على جودة تصميم المحتوى المُقدم رقميًا كي يسهل التفاعل معه ويشجع على استخدام الأدوات الرقمية.
- **تصميم الأنشطة الرقمية:** يرتكز المتغير المستقل على فعالية الأنشطة الرقمية كي تقدم استخدامًا فعالاً للأدوات الرقمية وتنمية المهارات.
- **التغذية الراجعة على الاستخدام الرقمي:** يرتكز المتغير المستقل على فاعلية استخدام الأدوات الرقمية فيما يتلقونه المتعلمون والمعلمون من تغذية راجعة حول استخدامهم الأدوات الرقمية.

- **السياسات التعليمية والدعم المؤسسي Institutional & Educational Policies Support :**

- **سياسات دمج التكنولوجيا:** يرتكز المتغير المستقل على وجود سياسات واضحة تشجع على استخدام التكنولوجيا في التعلم والتدريس.
- **التشجيع والتحفيز:** يرتكز المتغير المستقل على وجود حوافز أو تقدير للمعلمين والمتعلمين الذين يطورون كفاءاتهم الرقمية ويستخدمون التكنولوجيا بفعالية.
- **التخطيط الاستراتيجي:** يرتكز المتغير المستقل على جودة المؤسسة التعليمية للتخطيط لتنمية الكفاءة الرقمية على المدى الطويل، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم..

٤- المتغيرات البنائية للبحث العلمي في الفصول الدراسية الافتراضية عبر الميتافيرس

تمثل الفصول الدراسية الافتراضية البيئة المتكاملة التي تحمل بداخلها كل الوسائط التعليمية التفاعلية خاصة التي تعتمد على منصات الميتافيرس، حيث توفر هذه التقنية لهذه الفصول بيئة مادية واحدة، ويصبح دور الباحث التلاعب بالمتغيرات البنائية التي تصمم هذه الفصول لدراسة تأثيرها، وهذه المتغيرات تتعلق بالبناء ثم الخصائص ثم ادور المستخدمين كيف يتحقق التفاعل المرجو.

- **تصميم بيئة الميتافيرس الافتراضية Metaverse Environment Design**

ترتبط هذه المتغيرات بخصائص الفضاء الافتراضي لهذه الفصول الدراسية:

- **بنية الفضاء الافتراضي Virtual Space Structure :**

  - **التصميم المعماري:** يرتبط هذا المتغير بنمط المحاكاة التي يتبعها هذا الفصل الافتراض يحاكي فصلاً دراسيًا تقليديًا، أم هو معمل افتراضي، متحف.
  - **القابلية للتخصيص Customizability :** يرتبط هذا المتغير بتدخل هل لمعلمين أو الطلاب في تخصيص مظهر الفصل أو ترتيب المقاعد أو إضافة كائنات.

- **الميزات المكانية Spatial Features:** يرتبط هذا المتغير بحرية الطلاب في التحرك في الفصول، وفي حريته في استخدام إمكانيات الصوت للتعبير عن قربه او بعده داخل الفصل الافتراضي، بحيث يخلق جو من الواقعية للتعبير عن الأصوات القريبة والبعيدة.
- **ثبات البيئة Environmental Persistence:** يرتبط هذا المتغير بالتغييرات التي يقوم بها الطلاب أو المعلمون في البيئة بحيث تظل موجودة بين الجلسات، أم يتم إعادة ضبطها في كل مرة، وهذا يرتبط بجوانب تقنية قد يلجأ ليها البحث عند تصميمة لبيئة الميتافيرس الافتراضية.
- **درجة الواقعية الرسومية Graphical Realism :** يرتبط هذا المتغير بمدى جودة وتفاصيل الرسومات ثلاثية الأبعاد للبيئة والفصول الدراسية والأشياء بداخلها، بحيث تبدو وكأنها واقعية تمامًا أم بسيطة التفاصيل.
- **العمق الحسي Sensory Depth :** يرتبط هذا المتغير بزيادة الانغماس الحسي بأنماطه المتعددة وعناصره وردود الفعل الصوتية والمرئية واللمسية، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.

- **تصميم التفاعل والوجود الاجتماعي Social Presence Design & Interaction**

تهتم هذه المتغيرات على كيفية تفاعل المستخدمين مع بعضهم البعض ومع البيئة لتعزيز الشعور بالوجود والتفاعل المستمر:

- **تمثيل المستخدمين User Representation/Avatars :**
  - **درجة التجسيد Embodiment Fidelity :** يرتبط هذا المتغير بنمط الواقعية الذي يتمتع بها الوكيل Avatar واقعي، كرتوني، أيقوني وكذلك درجات التجسيد ذات الصلة بالجانب الشكلي لهذا الوسيط تعابير الوجه / حركات الجسد / الغضب والرضا والابتسامة والجود اثناء التفاعل .
  - **القدرة على التخصيص Avatar Customization:** يرتبط هذا المتغير بإتاحة الفرصة للمتعلمين للتحكم في مظهر الوكيل Avatar الخاص بهم، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.

- **آليات التواصل Communication Mechanisms :**
  - **التواصل النصي:** يرتبط هذا المتغير بتوفر خيارات للدردشة النصية.
  - **التواصل الصوتي المكاني Spatial Audio Communication :** يرتبط هذا المتغير بالتحكم في صوت المتعلمين والمعلمين بناءً على قربهم أو بعدهم في الفضاء الافتراضي.
  - **التواصل غير اللفظي Non-Verbal Communication :** يرتبط هذا المتغير في تمكين الوكيل Avatar من التعبير عن الإيماءات رفع اليد، الإيماء بالرأس، حركات الجسم وفق احتياجات المتعلم.
- **آليات التفاعل الاجتماعي Social Interaction Mechanisms :** يرتبط هذا المتغير بتوفير المنصة أدوات لتسهيل التفاعل الاجتماعي، مثل المجموعات النقاشية الافتراضية، أو أنشطة بناء الفريق.

- **أدوات وموارد التعلم المدمجة Resources & Integrated Learning Tools**

تهتم هذه المتغيرات بالأدوات والوظائف التعليمية المتاحة داخل بيئة الميتافيرس:

- **أدوات العرض التقديمي Presentation Tools :** يرتبط هذا المتغير بتمكين المعلم من عرض الشرائح، مقاطع الفيديو، أو النماذج ثلاثية الأبعاد داخل الفصل الافتراضي.
- **الألواح البيضاء التفاعلية Interactive Whiteboards :** يرتبط هذا المتغير بتواجد ألواح بيضاء تمكّن المتعلمين والمعلمين من الكتابة والرسم عليها بشكل مشترك.
- **أدوات التلاعب بالكائنات Object Manipulation Tools :** يرتبط هذا المتغير بتمكين الطلاب من التفاعل مع كائنات ثلاثية الأبعاد تدوير نموذج جزيء، تفكيك آلة افتراضية، التكبير، التصغير، الاطالة، التوليد .
- **مشاركة الشاشة/التطبيقات Screen/Application Sharing :** يرتبط هذا المتغير يتمكين المستخدمين من مشاركة شاشاتهم أو تطبيقاتهم مع الآخرين داخل الميتافيرس.

- **المكتبة/الوصول للموارد Library/Resource Access** : يرتبط هذا المتغير بوصول المنصة مباشرًا إلى مكتبات افتراضية، أو قواعد بيانات، أو مصادر تعليمية خارجية، او أي فصول افتراضية اخري.
- **أدوات التقييم Assessment Tools** : يرتبط هذا المتغير بتمكينا المعلم من إجراء اختبارات قصيرة، أو استبيانات، أو مهام تقييمية داخل الفصول الافتراضية، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.

- **دور المعلم والمتعلم Learner & Role of Instructor**

تهتم هذه المتغيرات بكيفية تحديد وتأثير أدوار المستخدمين في بيئة الميتافيرس:

- **مستوى تحكم المعلم Instructor Control Level** : يرتبط هذا المتغير بتمكين المعلم للتحكم في بيئة الفصل قفل المقاعد، التحكم في الكائنات، كتم صوت الطلاب ، وتختلف درجات التحكم حسب احتياجات المتعلم.
- **مستوى وكالة المتعلم Learner Agency Level** : يرتبط هذا المتغير بمدى حرية المتعلمين في استكشاف البيئة، اختيار مسار التعلم، أو إنشاء المحتوى الخاص بهم داخل الميتافيرس.
- **الدعم والتوجيه Scaffolding & Support** : يرتبط هذا المتغير بكيفية تقديم الدعم للمعلمين والمتعلمين في استخدام المنصة وفي عملية التعلم وجود مساعدين افتراضيين، أدلة تعليمية، أو تدريب .

- **البنية التحتية والتقنية Technical Infrastructure**

تهتم هذه المتغيرات بالجانب التقني الذي يقوم عليه نظام الميتافيرس:

- **متطلبات الجهاز Hardware Requirements**: يرتبط هذا المتغير باحتياج المنصة إلى أجهزة واقع افتراضي مكلفة، أم يمكن الوصول إليها عبر أجهزة كمبيوتر قياسية أو هواتف ذكية.

- **متطلبات الاتصال بالشبكة Network Connectivity Requirements** : يرتبط هذا المتغير بمتطلبات المنصة من الاتصال العالي السرعة والاستقرار في الإنترنت.
- **قابلية التوسع Scalability** : يرتبط هذا المتغير بإمكانية المنصة في التعامل مع الاعداد الكبيرة من المتعلمين في وقت واحد دون تدهور في الأداء والسعة للبنية التحتية.
- **الأمان والخصوصية Privacy & Security** : يرتبط هذا المتغير بحماية بيانات المستخدمين وتفاعلاتهم داخل بيئة الميتافيرس، والحفاظ على الخصوصية، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.

٥- **المتغيرات البنائية للبحث العلمي في إنترنت الأشياء IoT في التعليم:**

إنترنت الأشياء هو شبكة المعلومات المسئولة عن كل الأشياء التي تحتوي على تقنية مضمنة تسمح بالاتصال بالإنترنت، كما إنها الاتصال الذي يحدث بين هذه الأشياء والأجهزة والأنظمة الأخرى التي تدعم الإنترنت، وقد تكون هذه الأشياء آلات أو مكونات مادية أو كائنات حية كالأشخاص او الحيوانات او الطيور.

وتدعم العملية التعليمية ذات المكونات المادية القادرة على الاتصال بالإنترنت، وخير مثال لذلك الفصول الدراسية الذكية، والتي ترتبط فيها الأجهزة والأدوات التعليمية لخلق بيئة تعليمية متكاملة وفعالة، ومن هذه الأمثلة ألواح الكتابة التفاعلية والأجهزة التي تجمع البيانات في الوقت الفعلي، وكذلك البيئة التعليمية القادرة على الاتصال بالإنترنت، والتي تستفيد من هذا التوظيف لاستخدام إنترنت الأشياء لتكييف البيئة التعليمية مع احتياجات الطلاب، بداية من ضبط الإضاءة ودرجة الحرارة، وصولاً الى تحليلات التعلم لتسجيل كل ما يدور داخل البيئة التعليمية من معلومات وخبرات يمكن توظيفها عند تفاعل المتعلمين مع البيئة التعليمية التكيفية.

المتغيرات البنائية للبحث العلمي في بيئة الفصول الدراسية الذكية

لتحقيق الأهداف المرجوة من الفصول الدراسية الذكية، يجب على الباحثين السعي لتصميم البنية التحتية والمحتوى التعليمي التفاعلي وخلق روح التعاون والتفاعل بين المتعلمين وإحكام ادرة الفصل، وتحديد أدوار المعلم والمتعلم حتى يمكن تحقيق كافة متطلبات الفصل الدراس الذكي، وذلك بهدف خلق بيئة تعليمية متكاملة وفعالة، ولذا يركز البحث في الفصول الذكية على عدد من المتغيرات

البنائية بعناصرها المادية والتكنولوجية، بجانب العناصر التنظيمية والتصميمية التي تشكل هذه البيئة، بحيث يتلاعب الباحث بهذه المتغيرات على ما يسعى اليه المعلم من تحصيل وأداء ورضاء وغيره من المتغيرات التابعة .

- **تصميم البنية التحتية التقنية Technological Infrastructure Design**

ترتبط هذه المتغيرات بالأساس التقني للفصل الدراسي الذكي:

- **نوع وعدد الأجهزة الذكية المتكاملة Type & Quantity of Integrated Smart Devices:**
  - **ألواح الكتابة التفاعلية الذكية:** تتمثل في البحث عن انسب احجام الشاشات، الدقة النقطية Dot resolution، حساسية اللمسtouch sensitivity ، سرعة الاتصال بالإنترنت، وجودة البرامج المدمجة.
  - **أجهزة الاستشعار البيئية :**وتتمثل في البحث عن انسب أجهزة استشعار الضوء، درجة الحرارة، مستوى الضوضاء، وجودة الهواء.
  - **أجهزة تتبع الحركة/الوجود :**تتمثل في البحث عن انسب الأجهزة اللازمة لتتبع حركة المعلم أو المتعلمين.
  - **أجهزة جمع بيانات الأداء :**وتتمثل في البحث عن انسب الأقلام الذكية، الكراسي الذكية، أو أجهزة التقييم الفوري التي تجمع بيانات تفاعل المتعلمين، وأجهزة تسجيل ما يدور داخل ادمغة المتعلمين PCI، وغيره من أجهزة الوشم الذكيsmart tattoo
  - **أجهزة العرض الذكية :Smart Projectors/Displays** وتتمثل في البحث عن انسب قدرات الاتصال لهذه الاجهزة، وفي الإمكانات التقنية للتفاعل، وميزات العرض وسعات التحديث المستمرة.
- **اتصال الشبكة وسرعتها :Network Connectivity & Speed** تتمثل في البحث عن مدى قوة وثبات وسرعة الإنترنت اللاسلكية أو السلكية داخل الفصل، وتأثيرها على سلاسة عمل الأجهزة وتوائمها مع الأجهزة القابلة للارتداء.

- **نظم التشغيل والبرمجيات المتكاملة Operating Systems & Integrated Software:** تتمثل في البحث عن انسب نوعية للبرمجيات التي تدير الأجهزة الذكية، مدى تكاملها مع بعضها البعض ومع أنظمة إدارة التعلمLMS ، وسهولة استخدامها، وسهولة دمجها مع الأجهزة القابلة للارتداء او الملتصقة على أجساد المتعلمين.

- **قدرات جمع وتحليل البيانات : Data Collection & Analytics Capabilities** تتمثل في البحث عن انسب سعة وقدرة تقنية للأجهزة والبرمجيات المسئولة عن جمع البيانات المتعلمين والقادرة على تحقيق تحليلات التعلم بقدرة عالية وفي الوقت الفعلي مثل تفاعلات الطلاب مع اللوح الذكي، استجاباتهم الفورية، أنماط مشاركتهم، استجابتهم من خلال تقنية تسجيل ما يدور داخل ادمغتهم بتقية BCI في الوقت الفعلي وقبل انتقال ذلك الى حواسهم ، وكذلك في البحث عن انسب الأساليب الإحصائية الانية لكيفية تحليل هذه البيانات وتوليد المعلومات التي يمكن توظيفها اثناء عملية التعلم.

- **تصميم المحتوى التعليمي التفاعليInteractive Content Design**

تركز هذه المتغيرات على كيفية بناء وتشكيل المواد التعليمية للاستفادة من سعة الفصل الذكي:

- **درجة تفاعلية المحتوى: Level of Content Interactivity** تركز على المتغيرات ذات الصلة بالمحتوى المصمم للاستفادة من ميزات الألواح الذكية مثل السحب والإفلات، الكتابة باللمس، التلاعب بالكائنات ثلاثية الأبعاد.

- **تنوع أنماط المحتوى: Content Modality Diversity** تركز على المتغيرات ذات الصلة بتقديم المحتوى، مع التلاعب بالمتغيرات ذات الصلة بدمج النصوص، الصور، مقاطع الفيديو، الرسوم المتحركة، والمحاكاة التي يمكن التفاعل معها عبر الأجهزة الذكية، دون أي مشاكل تقنية في سرعة البث.

- **تخصيص المحتوى في الوقت الفعلي: Real-time Content Adaptation** تركز على المتغيرات ذات الصلة بكيفية تعديل النظام الذكي للمحتوى المعروض بناءً على تفاعلات الطلاب أو أدائهم الفوري.

- **تصميم التفاعل والتعاونInteraction & Collaboration Design**

تركز هذه المتغيرات على كيفية تعزيز التفاعل بين الطلاب والمعلمين، وبين الطلاب وبعضهم البعض، ومع المحتوى:

- **آليات التفاعل الطلابي مع التكنولوجيا Student-Technology Interaction Mechanisms:**تركز هذه المتغيرات على كيفية تفاعل المتعلمين بشكل مباشر مع الألواح الذكية أو الأجهزة الأخرى، مثل استخدام أجهزتهم الشخصية للتصويت الفوري، أو حل الأنشطة التفاعلية.
- **آليات التعاون المعزز بالتكنولوجيا Technology-Enhanced Collaboration Mechanism:**تركز هذه المتغيرات على توفير البيئة الذكية لعدد من الأدوات التي تمكن المتعلمين من المشاركة المشترك على الألواح الذكية، أو مشاركة الشاشات، أو العمل على مشاريع جماعية في الوقت الفعلي اثناء عملية التعلم.
- **طرق التغذية الراجعة الفورية: Real-time Feedback Methods** تركز هذه المتغيرات على كيفية تقديم التغذية الراجعة للمتعلمين والمعلمين بناءً على تحليلات التعلم في الوقت الفعلي مثل إظهار إحصائيات الإجابات الصحيحة، أو تنبيهات حول مستويات الضوضاء، ودرجات رضا المتعلمين عن هذه البيئة .

- **تصميم إدارة الفصل والتحكم بهClassroom Management & Control Design**

تركز هذه المتغيرات علة كيفية تمكين المعلم من إدارة الفصل والتحكم في البيئة الذكية:

- **لوحات تحكم المعلم الذكية : Smart Teacher Dashboards** تركز هذه المتغيرات على توفير واجهات تحكم مركزية للمعلم لمراقبة نشاط الطلاب، التحكم في الأجهزة، وعرض البيانات التحليلية.
- **أتمتة المهام الروتينية : Automation of Routine Tasks** تركز هذه المتغيرات على تمكين المعلم من التعامل داخل الفصل الذكي من المهام ذات الصلة بأتمتة المهام مثل تسجيل الحضور، أو ضبط الإضاءة ودرجة الحرارة، أو تشغيل العروض التقديمية.

- **تخصيص البيئة بناءً على احتياجات التدريس Environment Customization for Instruction :** تركز هذه المتغيرات على تمكين المعلم من تخصيص إعدادات الفصل الذكي لتناسب أنواع مختلفة من الأنشطة التعليمية مثل وضع العمل الجماعي، أو المحاضرة، أو التقييم، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم. .

- **دور المعلم والمتعلم Role of Instructor & Learner**

تركز هذه المتغيرات على تصميم البيئة الذكية يؤثر على شكل الأدوار البشرية داخل الفصول الذكية:

- **الكفاءة الرقمية للمعلمين والمتعلمين Digital Competence of Teachers & Students :** تركز على المتغيرات ذات الصلة بمدى امتلاك المعلمين والمتعلمين للمهارات اللازمة لاستخدام التكنولوجيا المتاحة بفعالية. يمكن أن تكون متغير تابع أو مستقل حسب تصميم البحث.
- **مرونة أدوار المعلم : Instructor Role Flexibility** تركز المتغيرات هنا على توفير سبل الاتاحة للمعلم ان يتنقل بسهولة داخل البيئة الذكية من مقدم للمحتوى، الى الميسر، أو موجه، أو مقيم.
- **وكالة المتعلم في البيئة الذكية : Learner Agency in Smart Environment** ترتكز المتغيرات هنا في مدى حرية الطلاب في استخدام الأدوات الذكية للتحكم في تعلمهم، أو الوصول إلى الموارد، أو التعبير عن أنفسهم.

عند تصميم دراسات بحثية في الفصول الدراسية الذكية، يمكن للباحثين التلاعب بمتغير بنائي واحد على سبيل المثال، مقارنة فصل مزود بألواح تفاعلية فقط مقابل فصل مزود بألواح تفاعلية وأجهزة استشعار بيئية وقياس تأثير ذلك على :مشاركة الطلاب، دافعيتهم، نواتج التعلم، بيئة الفصل مثلاً، مستويات الضوضاء، أو رضا المعلمين.

- **اختيار أجهزة إنترنت الأشياء والمستشعرات Selecting IoT devices and sensors**

ترتبط هذه المتغيرات بنوعية وتوزيع الأجهزة التي تجمع البيانات وتتفاعل مع البيئة:

- **أنواع المستشعرات Sensor Types :**
  - **المستشعرات البيئية:** ترتكز المتغيرات هنا في توظيف مستشعرات درجة الحرارة، الرطوبة، الإضاءة المحيطة، جودة الهواء مستويات ثاني أكسيد الكربون، ومستوى الضوضاء.
  - **المستشعرات الحيوية Bio-Sensor :** أكثر تطوراً ترتكز المتغيرات هنا في توظيف مستشعرات معدل ضربات القلب أو موصلية الجلد التي يمكن أن تشير إلى مستويات التوتر أو التركيز.
  - **المستشعرات الوجودية/الحركة:** ترتكز المتغيرات هنا تحديد أنسب عدد للمتعلمين في الغرفة وأنماط حركتهم.
- **نوعية الأجهزة المتصلة للتحكم Connected Actuator Devices :**
  - **أنظمة الإضاءة الذكية:** ترتكز المتغيرات هنا في التحكم في شدة الإضاءة أو لونها.
  - **أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء HVAC الذكية:** ترتكز المتغيرات هنا للتحكم في درجة الحرارة وتدفق الهواء.
  - **أجهزة الصوت الذكية:** ترتكز المتغيرات هنا في تشغيل موسيقى هادئة أو أصوات محيطية.
  - **شاشات العرض الذكية/الستائر الذكية:** ترتكز المتغيرات هنا في ضبط وهج الشاشة أو التحكم في الإضاءة الطبيعية.
- **كثافة المستشعرات وتوزيعها Placement & Sensor Density :** ترتكز المتغيرات هنا في عدد المستشعرات الموجودة في الغرفة وتوزيعها، وهل هي فردية لكل متعلم أو عامة للفصل كله .
- **دقة المستشعرات Sensor Accuracy :** ترتكز المتغيرات هنا في مدى دقة المستشعرات في جمع البيانات البيئية والحيوية.

- **نموذج بيانات الطالب وتفضيلاته Preference Model & Student Data**

يرتبط هذا المتغير بكيفية جمع وتمثيل معلومات عن احتياجات الطلاب الفردية والجماعية:

- **البيانات البيئية المفضلة Preferred Environmental Data** : ترتكز المتغيرات هنا في كيفية جمع تفضيلات الطلاب المعلنة لدرجة الحرارة، والإضاءة، ومستوى الضوضاء من خلال الاستبيانات او أي أداة ذكية .
- **البيانات البيومترية/الفسيولوجية Biometric/Physiological Data** : ترتكز المتغيرات هنا في استخدام التقنيات الحديثة الذكية مثل E.Tattoo أو أجهزة قياس معدل ضربات القلب أو مستوى التوتر كمدخلات لتكييف البيئة، وغيرها من أجهزة واجهة الدماغ عبر الكمبيوتر BCI.
- **بيانات الأداء الأكاديمي Academic Performance Data** : ترتكز المتغيرات هنا على كيفية ربط تفضيلات البيئة أو التغييرات البيئية بأداء الطالب في المهام الأكاديمية.
- **السلوكيات الملحوظة Observed Behaviors**: ترتكز المتغيرات هنا على كيفية قياس انخفاض التركيز، أو التململ، أو طلب فترات راحة، كإشارات للحاجة إلى تعديل البيئة.
- **المرونة في التفضيلات Preference Flexibility** : ترتكز المتغيرات هنا على كيفية تحديث تفضيلات الطالب بمرور الوقت بناءً على تجربته أو تعلمه.

- **خوارزميات التكييف والتحكم Control Algorithms & Adaptation**

تتوفر عدد من القواعد والمنطق ينمن الاستناد عليها عند ربط بيانات المستشعرات وتفضيلات الطلاب بأجهزة التحكم:

- **معايير التكييف Adaptation Criteria** : تتمثل في توظيف الباحث للشروط التي يجب أن تتحقق ليتم تغيير البيئة، مثلاً، إذا ارتفعت درجة الحرارة فوق ٢٥ درجة مئوية، أو إذا أشار ٧٠% من الطلاب إلى شعورهم بالحر .

- **قواعد التكييف Adaptation Rules** : تتمثل في توظيف الباحث لكيفية تعديل البيئة بناءً على المعايير، مثلاً، "إذا كانت درجة الحرارة > X، شغل التكييف؛ إذا كانت الإضاءة < Y، ارفع شدة الإضاءة" .
- **نماذج التعلم الآلي Machine Learning Models** : تتمثل في توظيف الباحث للذكاء الاصطناعي عند تحليل البيانات المعقدة مثل أنماط سلوك الطلاب والظروف البيئية والتنبؤ بأفضل الإعدادات البيئية لتحسين التعلم والتركيز.
- **التكييف الفردي مقابل الجماعي Individual vs. Group Adaptation** : تتمثل في توظيف الباحث لنمط التكييف المناسب وفق عدد المتعلمين مثل توفير إضاءة مخصصة لكل مكتب، أم للفصل بأكمله مثل ضبط درجة حرارة الغرفة.
- **آليات الأتمتة والتحكم اليدوي Automation vs. Manual Override** : يتمثل البحث عن فرص جعل التعديلات البيئية تلقائيًا بالكامل، أم يمكن للمعلم أو الطلاب تجاوز النظام والتحكم يدوياً، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.

- **واجهة المستخدم والتحكم Control & User Interface**

ترتبط هذه المتغيرات بكيفية تفاعل المستخدمين مع نظام تخصيص البيئة:

- **لوحات التحكم Control Dashboards**: يتمثل البحث في كيفية توفير المنصة للوحات تحكم للمعلمين أو الطلاب لمراقبة الظروف البيئية، وتعديل التفضيلات، أو تجاوز الإعدادات التلقائية.
- **خيارات التغذية الراجعة Feedback Options**: يتمثل البحث في كيفية تلقى المستخدمون تغذية راجعة حول التغييرات البيئية التي تحدث مثلاً، رسالة تخبرهم بضبط درجة الحرارة.
- **سهولة الاستخدام Usability**: يتمثل البحث في كيفية استخدام الواجهة لضبط الإعدادات أو الإبلاغ عن المشكلات دون صعوبة في ذلك.

- **التكامل مع أنظمة التعليم الأخرى Integration with Other Educational Systems**

ترتبط هذه المتغيرات بكيفية اندماج نظام إنترنت الأشياء مع البنية التحتية التعليمية الأوسع:

- **التكامل مع نظام إدارة التعلم LMS Integration:** يتمثل البحث في كيفية تكامل نظام إنترنت الأشياء مع LMS لربط الظروف البيئية ببيانات الأداء الأكاديمي للطلاب.
- **التكامل مع أنظمة التقييم:** يتمثل البحث في كيفية مساهمة بيانات إنترنت الأشياء في فهم أداء الطلاب في التقييمات.
- **التكامل مع نماذج الذكاء الاصطناعي الأوسع:** يتمثل البحث في كيفية استخدام بيانات المستشعرات كمدخلات لنماذج ذكاء اصطناعي أكبر لتحسين التخصيص التعليمي العام، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم..

٦- المتغيرات البنائية للبحث العلمي في تقنيات الألعاب التحفيزية Gamification والتعلم القائم على الألعاب Game-Based Learning:

يعني تقنيات الألعاب التحفيزية Gamification والتعلم القائم على الألعاب Game-Based Learning دمج خطط اللعب في تجربة التعلم لجعله أكثر جاذبية وتفاعلية، من أجل تعزيز انخراط المتعلمين في تجربة التعلم وزيادة استمتاعهم به، وجعله اكثر فاعلية، إذ يعتمد على استخدام عناصر الألعاب ومبادئ التصميم الجرافيكي لزيادة مشاركة المتعلمين وتحفيزهم على التعلم، كما يمثل تطوير مهارات التعلم القائم على الألعاب دورا هاماً لتطوير كثير من المهارات، كحل المشكلات والتفكير النقدي، مما يجعل المتعلم دائما في حلة نشاط يجعله اكثر اهتماما بالتواجد داخل البيئة التعليمية، مما يساعد الباحث في قياس تأثير التلعيب أو التعلم القائم على الألعاب على العديد من المتغيرات التابعة مثل: المشاركة Engagement : وقت قضاء الوقت، عدد التفاعلات، درجة الانخراط في المهام، والتحفيز Motivation : الدافعية الذاتية، الدافعية للإنجاز، المثابرة، والتحصيل الدراسي Academic Achievement : نتائج الاختبارات، فهم المفاهيم، وتنمية المهارات Skill Development : مثل حل المشكلات، التفكير النقدي، التعاون، والرضا Satisfaction : مدى رضا الطلاب عن التجربة التعليمية، الكفاءة الذاتية Self-Efficacy : ثقة الطلاب بقدراتهم في المادة أو المهارة. وفيما يلي توضيح للباحثين لعدد من المتغيرات البنائية للتلعيب والتعلم القائم على الألعاب وفيما يلي توضيح لذلك:

أولاً: المتغيرات البنائية في تقنيات الألعاب التحفيزية Gamification

ترتكز هذه المتغيرات على **عناصر الألعاب** التي يتم دمجها في بيئة التعلم، وكذلك في كيفية تصميمها لتؤثر على المتعلم.

- **العناصر Gamification Elements** :

- **نقاط Points** : ترتبط المتغيرات المستقلة داخل عناصر اللعبة في كيفية استخدام نظام نقاط، وتجميعها من خلال عدد من الخيارات للإجابات الصحيحة، للمشاركة، لإكمال المهام ، وتحديد قيمة كل نقطة.
- **شارات/أوسمة Badges/Achievements** : ترتبط المتغيرات المستقلة بعدد ونوعية الشارات الممنوحة لإنجازات محددة.
- **هدايا/مكافآت Rewards/Prizes** : ترتبط المتغيرات المستقلة بنوع المكافآت مادية أو افتراضية وهي طبيعتها، واهميتها بالنسبة للمتعلم.
- **فرق/عشائر Teams/Guilds** : ترتبط المتغيرات المستقلة بتقسيم المتعلمين إلى فرق للتنافس أو التعاون.
- **مستويات Levels** : ترتبط المتغيرات المستقلة بتقسيم المحتوى أو التقدم إلى مستويات، وتحديد شروط الانتقال بين هذه المستويات.
- **لوحات الصدارة Leaderboards** : ترتبط المتغيرات المستقلة بإمكانية توفر لوحات عرض لأعلى الدرجات أو الأوائل، مع دراسة تأثيرها على المنافسة الإيجابية أو السلبية اثناء اللعب.
- **شريط التقدم Progress Bars** : ترتبط المتغيرات المستقلة بزمن تقدم المتعلم ودقته في الإنجاز، وفي مدى تأثير ذلك على شعوره بالتقدم في تعلمه.
- **تحديات ومهام Quests & Challenges** : ترتبط المتغيرات المستقلة بمدى تقديم مهام محددة ذات أهداف واضحة يكملها الطلاب، وما هي نوعية التحديات التي قد تواجهه وكيفية التغلب عليها.

- **الحكي/القصة Narrative/Storytelling** : ترتبط المتغيرات المستقلة بكيفية بناء المحتوى التعليمي ضمن قصة أو سياق روائي يجذب المتعلمين.
- **الشخصيات/الأفاتار Avatars/Characters** : ترتبط المتغيرات المستقلة بكيفية إنشاء المتعلمين لشخصيات افتراضية وفق أنماط محددة شخصية معروفه – اب – ام – شخص يحبه – يبغضه .

- **آليات التصميم Gamification Mechanics Design** :

- **قواعد اللعبة Game Rules** : ترتبط المتغيرات المستقلة بكيفية تحديد القواعد التي تحكم تفاعل الطلاب مع عناصر التلعيب.
- **التغذية الراجعة التلعيبية Gamified Feedback**: ترتبط المتغيرات المستقلة بكيفية تقديم التغذية الراجعة بشكل فوري وجذاب مثل التأثيرات الصوتية والمرئية عند تحقيق إنجاز .
- **درجة الصعوبة والتكيف Adaptivity & Difficulty** : ترتبط المتغيرات المستقلة بكيفية تكيف صعوبة التحديات أو المهام مع مستوى الطالب لضمان التحدي المناسب وعدم الملل أو الإحباط.
- **الاختيار والوكالة Agency & Choice** : ترتبط المتغيرات المستقلة بكيفية امتلاك الطلاب لخيارات في كيفية تقدمهم أو في المهام التي يختارونها.

- **سياق التطبيق Context of Gamification Application** :

- **المادة الدراسية:** ترتبط المتغيرات المستقلة بكيفية تطبيق التلعيب في مادة معينة مثل الرياضيات، العلوم، اللغات، ومدى تأثيرها على تصميم عناصر التلعيب.
- **البيئة التعليمية:** ترتبط المتغيرات المستقلة بكيفية تطبيق التلعيب في فصل دراسي تقليدي، منصة تعلم إلكتروني، أو نظام تعلم مختلط.
- **الفئة العمرية للمتعلمين:** ترتبط المتغيرات المستقلة بكيفية تكيف عناصر التلعيب لتناسب مراحل عمرية مختلفة ابتدائي، ثانوي، جامعي.

- **أهداف التعلم:** ترتبط المتغيرات المستقلة بكيفية توجيه هدف التلعيب إلى زيادة التحصيل المعرفي، تنمية المهارات، تعزيز الدافعية، أو تحسين السلوك، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.

ثانياً: المتغيرات البنائية في التعلم القائم على الألعاب Game-Based Learning - GBL

تركز هذه المتغيرات على خصائص اللعبة نفسها وكيفية دمج المحتوى التعليمي فيها.

- **خصائص تصميم اللعبة Game Design Features :**

- **نوع اللعبة Game Genre :** ترتبط المتغيرات المستقلة بكيفية اختيار نوع اللعبة لعبة محاكاة، استراتيجية، ألغاز، مغامرات، تقمص أدوار RPG ، أو غيرها .
- **طبيعة الهدف التعليمي في اللعبة Nature of Educational Goal within Game :** ترتبط المتغيرات المستقلة بكيفية دمج الهدف التعليمي مدمج بشكل عضوي في اللعبة لتعلم المفهوم التعليمي وليس لمجرد الإضافة فقط.
- **المحاكاة والواقعية Fidelity & Simulation:** ترتبط المتغيرات المستقلة بكيفية بمدى دقة اللعبة في محاكاة موقف أو نظام واقعي.
- **التحدي والتغذية الراجعة Feedback & Challenge :** ترتبط المتغيرات المستقلة بكيفية تقديم التحديات في اللعبة، وكيفية حصولهم على تغذية راجعة فورية على أدائهم.
- **التحكم والوكالة Agency & Control :** ترتبط المتغيرات المستقلة بمدى حرية اللاعب في استكشاف عالم اللعبة واتخاذ القرارات التي تؤثر على مسار اللعب والتعلم.
- **التفاعلية Interactivity:** ترتبط المتغيرات المستقلة بمدى تفاعل اللاعب مع عناصر اللعبة، الكائنات، والشخصيات.
- **المشاركة المتعددة اللاعبين Multiplayer Capability:** ترتبط المتغيرات المستقلة بسعة اللعبة على السماح بالتعلم التعاوني أو التنافسي بين المتعلمين.

- **المحتوى التعليمي المدمج Integrated Educational Content :**

  - **اندماج المحتوى Content Integration:** ترتبط المتغيرات المستقلة بمدى انسجام المحتوى التعليمي مع قصة اللعبة وآلياتها. وبمدى تقديم المحتوى بشكل صريح مثل نصوص تعليمية أو ضمني يتعلمه اللاعب من خلال التجربة.

  - **تمثيل المعرفة Knowledge Representation :** ترتبط المتغيرات المستقلة بكيفية تمثيل المفاهيم التعليمية داخل اللعبة كائنات، ألغاز، شخصيات، حوارات .

  - **الدعم التعليمي Instructional Scaffolding :** ترتبط المتغيرات المستقلة بكيفية أن توفر اللعبة دعمًا للمتعلمين الذين يواجهون صعوبات تلميحات، مساعدين افتراضيين .

- **العوامل التقنية للعبة Technological Game Factors :**

  - **منصة اللعبة Game Platform:** ترتبط المتغيرات المستقلة بكيفية تعمل اللعبة على الكمبيوتر، الهاتف الذكي، الجهاز اللوحي، أو وحدة تحكم الألعاب.

  - **جودة الرسومات والصوت Audio Quality & Graphics:** ترتبط المتغيرات المستقلة بمدى جودة التصميم البصري والصوتي للعبة وتأثيره على الانغماس والتحفيز.

  - **سهولة الاستخدام Usability:** ترتبط المتغيرات المستقلة بمدى سهولة تعلم واستخدام واجهة اللعبة وآليات التحكم بها، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.

٧- المتغيرات البنائية للبحث العلمي في المحاكاة والتدريب العملي

تتعدد المتغيرات التجريبية في تصميم المحاكاة والتدريب العملي وذلك بهدف توفير فرص للمتعلمين لإجراء تجارب ومحاكاة مواقف واقعية في بيئات ممتعة وآمنة وذات مواصفات تربوية وفنية وتقنية تحقق الهدف من تصميمها، وقد تعددت هذه المتغيرات التي يمكن للباحث التلاعب بها لقياسها لدراسة تأثيرها على نواتج التعلم والأداء. ومن هذه المتغيرات:

- **درجة ومستوى الواقعية Fidelity Level**

يمثل هذا المتغير أحد أهم المتغيرات، إذ يرتبط بمدى تمثيل الواقع لبيئة المحاكاة:

- **الواقعية المادية Physical Fidelity:**
  - **الواقعية المرئية:** يرتبط هذا المتغير بمدى جودة الجانب المرئي لهذه البيئة، حيث يتلاعب الباحث بالمتغيرات البنائية ذات الصلة بدرجة الواقعية والمرئية وتجريدها بداية من الصور الواقعية والرسومات ثلاثية الأبعاد، وكذلك التفاصيل البصرية، وانماط الإضاءة ودرجاتها، ومدى ما يفضله المتعلم من هذه المتغيرات من خلال الترابط بين تحليلات التعلم وطبيعة العناصر المرئية داخل البيئة.
  - **الواقعية الصوتية:** يرتبط هذا المتغير بنمط الصوت ومستوى دقته وسعته ومحاكاته للأصوات الطبيعية، ويرها من المتغيرات ذات الصلة بالصوت كدرجات التنغيم والحده والمساحات الصوتية وسرعتها.
  - **الواقعية اللمسية/اللمسية الارتدادية Haptic Fidelity:** يرتبط هذا المتغير بمدى قدرة المحاكاة على توفير ردود فعل حسية مثل الاهتزاز، المقاومة، الشعور بالضغط والتي تحاكي التفاعل مع الأشياء الحقيقية، ويسعى الباحث بتوفير هذه المواصفات الفنية والتقنية والتلاعب بعدد من متغيراتها البنائية.
- **الواقعية النفسية/الوظيفية Psychological/Functional Fidelity:**
  - **واقعية التعامل مع المشاعر:** يرتبط هذا المتغير بتعدد أو قلة عناصر المحاكاة لزيادة اثارة استجابات المتعلم العاطفية، بحيث تزيد من التقارب بين البيئة الافتراضية والواقعية مما يدعم نواتج التعلم.
  - **واقعية البيئة السلوكية:** يرتبط هذا المتغير بمستوى الحرية التي تسمحها البيئة للمتعلم للتصرف واتخاذ القرارات بنفس الطرق التي سيفعلها في الموقف الحقيقي، وهذا يرتبط بمدى ما يجمعه الباحث من معلومات عن المتعلمين من خلال تحليلات التعلم قبل واثناء التعلم.

- **واقعية المهمة:** يرتبط هذا المتغير بمدى ارتباط المهام التي يؤديها المتعلم اثناء المحاكاة بحيث تعكس المهام المطلوبة في البيئة الحقيقية وهذا يتطلب من الباحث زيادة الواقعية داخل البيئة الافتراضية عند التصميم، وهذا الا يحدث إلا من خلال تعدد ترتيب المتغيرات البنائية للوصول الى أفضلها.

- **مستوى التجريد Level of Abstraction**: يرتبط هذا المتغير بمدى تمثيل المحاكاة للواقع بتفاصيله الدقيقة واقعية عالية ، أم تقتصر هذه البيئة فقط على نماذج مبسطة أو رسومًا كرتونية للتركيز على مفاهيم معينة واقعية منخفضة لخدمة بعض الأهداف التعليمية دون غيرها ، وهنا يمكن للباحث التلاعب بمستويات التجريد ويربط ذلك بالأسلوب المعرفي للمتعلم وتفضيلاته، ويؤكد ذلك من خلال تحليلات التعلم.

- **طبيعة وسياق السيناريو Context & Scenario Nature**

تركز هذه المتغيرات على تصميم وسياق السيناريو، حيث يجب على الباحث تناول المتغيرات ذات الصلة بـ:

- **درجات تعقيد السيناريو Scenario Complexity**: هنا يتناول الباحث نمط السيناريو (بسيط/ مركب/ مباشر/ غير مباشر، عدد المتغيرات، القرارات المحتملة، والمخرجات التي يمكن أن تحدث داخل السيناريو).

- **التحكم في المتغيرات Variable Control**: يرتبط هذا المتغير بمرونة السيناريو في التحكم في جميع المتغيرات، أم أن في بعضها فقط، أم يدخل المحاكاة كبديل لذلك.

- **واقعية المشكلة/الموقف Problem/Situation Authenticity**: يرتبط هذا المتغير بمدى قرب المشكلة أو الموقف المحاكي بمشكلة واقعية يواجها المختصون في المجال مثال: حادث على الطريق والحاجة لتجيز الإسعافات اللازمة.

- **القابلية للتكرار والتنوع Variability & Repeatability** : يرتبط هذا المتغير بسعة السيناريو في تكراره عدة مرات للممارسة، وعند تنوع المهام والامثلة، كما يسعى الباحث لطرح سيناريوهات لديها إمكانية للتوليد لتحقيق اهداف تعليمية كثيرة.

- **قابلية التخصيص Customization:** يرتبط هذا المتغير بتخصيص جوانب من السيناريو داخل مساره يسمح بتغير الظروف عند ورود متغيرات دخيلة، او اخال بيانات جديدة.

- **آليات التفاعل والتحكم Control Mechanisms & Interaction**

تركز هذه المتغيرات على وصف كيفية تفاعل المتعلم مع المحاكاة:

- **أدوات الإدخال/الواجهة Input Devices/Interface:** يرتبط هذا المتغير بتحديد أنسب الأجهزة المستخدمة للتفاعل شاشة لمس، فأرة ولوحة مفاتيح، وحدات تحكم، قفازات لمسية، أجهزة استشعار حركية، أنظمة الواقع الافتراضي/المعزز، وإتاحة الفرصة للمتعلم لاختيار أفضلها وفق ما تم جمعه من بيانات من خلال تحليلات التعلم.
- **الاستجابة الفورية Real-time Responsiveness** : يرتبط هذا المتغير بمدى سرعة استجابة المحاكاة لإجراءات المتعلم، وتتحدد درجة الاستجابة وسرعته وفق ما يتم جمعه من بيانات عن المتعلم.
- **مستوى التحكم للمتعلم Learner Control Level** : يرتبط هذا المتغير بمستوى التحكم للمتعلم في المحاكاة كاملة/ محددة بخطوات/ تتغير حسب ما يردها من معلومات عن احتياجات المتعلم .
- **التحكم بالزمن Time Control** : يرتبط هذا المتغير في التحكم من قبل المتعلم لتسريع، إبطاء، أو إيقاف الزمن داخل المحاكاة لمراجعة الأحداث، وهذا يجعل الباحث يوفر كم من المعلومات التي تخص كل متعلم ليوفر ما هو مناسب له من متغيرات تخص انسب سرعة اثناء المحاكاة.
- **تسجيل الأداء وإعادة العرض Replay & Performance Recording** : يرتبط هذا المتغير بتسجل المحاكاة لأداء المتعلم للسماح له بالمراجعة والتحليل، وتقييم نفسه، وهذا يجعل الباحث يبحث عن انسب مرات العرض وانسب وقت للعرض ووقت عرضه، بعد الرجوع لتحليلات التعلم ذات الصلة بكل متعلم.

- **التغذية الراجعة والتوجيه Scaffolding & Feedback**

ترتبط هذه المتغيرات بكيفية تقديم المساعدة والإرشاد للمتعلم داخل المحاكاة:

- **طبيعة التغذية الراجعة Nature of Feedback :**
  - **فورية مقابل مؤجلة:** يرتبط هذا المتغير بنمط تلقى المتعلم للتغذية الراجعة مباشرة بعد كل إجراء، أم بعد الانتهاء من المهمة وهذا يرتبط بالبحث عن جمع المعلومات بتحليلات التعلم وتهيئة هذه التغذية الراجعة وفق طبيعة كل متعلم ووفق احتياجاته الانية.
  - **تصحيحية مقابل توجيهية:** يرتبط هذا المتغير بنمط التغذية الراجعة تخبره بالخطأ فقط، أم تقدم شرحًا وتوجيهًا لتحسين الأداء وهذا يرتبط مجمع المعلومات السابقة والانية اثناء التعلم.
  - **كمية المعلومات:** يرتبط هذا المتغير بكم المعلومات إذ كانت بسيطة صواب/خطأ، أم مفصلة توضح لماذا كان الإجراء صحيحًا أو خاطئًا، وهذا يرتبط بطبيعة كل متعلم والتي توفره له البيئة.
- **نوع التوجيه Type of Scaffolding :**
  - **الدعم التلميحي Hinting** : يرتبط هذا المتغير بتقديم تلميحات غير المباشرة للمتعلم.
  - **الدعم الإجرائي Procedural Support** : يرتبط هذا المتغير بتوجيهه خطوة بخطوة.
  - **الدعم التصحيحي Remedial Support:** يرتبط هذا المتغير بتقديم شروحات إضافية للمفاهيم التي يواجه فيها صعوبة.
- **التكيفية Adaptivity** : يرتبط هذا المتغير بتغير مستوى التغذية الراجعة أو التوجيه بناءً على أداء المتعلم الحالي أو السابق، وهنا نوفر الباحث للمتعلمين توجيه أكثر تفصيلاً للمتعلم الماهر، في مقابل تفصيلات اقل للأقل مهارة.

- دور التدخل البشري/الميسر **Human/Facilitator Role**

يرتبط هذا الدور للتدخل البشري بالمحاكاة الأكثر تعقيدًا:

- **وجود الميسر Presence of Facilitator**: يرتبط هذا المتغير بنمط المعلم أو المدرب أو المساعد الذي يراقب المحاكاة ويقدم التوجيه، وقد يتلاعب الباحث بهذه الأنماط.
- **التدخل في السيناريو Scenario Intervention**: يرتبط هذا المتغير بإتاحة الامكانية للتدخل البشري من تغيير ظروف السيناريو في الوقت الفعلي أو إضافة تحديات جديدة وفق مستويات لهذا التدخل.
- **جلسات ما بعد المحاكاة Debriefing Sessions**: يرتبط هذا المتغير بتتبع التدخل البشري لمحاكاة جلسات النقاش وتحليلها مع المعلم لمساعدة الطلاب على استخلاص الدروس من تجربتهم.

- **بيئة النشر والتكنولوجيا الأساسية Underlying & Deployment Environment Technology**

- **منصة المحاكاة Simulation Platform** : يرتبط هذا المتغير بنوع منصة المحاكاة تطبيق ويب، برنامج حاسوبي مكتبي، نظام واقع افتراضي VR ، واقع معزز AR ، أو بيئة هجينة، وايهم افضل كبيئة للنشر.
- **متطلبات الجهاز Hardware Requirements** : يرتبط هذا المتغير بنوعية الأجهزة وحداثتها اللازمة للمحاكاة كمبيوتر قوي، سماعة VR، أجهزة استشعار خاصة، حساسات قابلة للحمل، للزرع داخل الجسم.
- **إمكانية الوصول Accessibility**: يرتبط هذا المتغير بمدى سهولة وصول الطلاب إلى المحاكاة التكلفة، توفر الأجهزة، متطلبات الاتصال بالإنترنت وتوفيرها داخل البيئة، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.

٨- المتغيرات البنائية للبحث العلمي في التعلم المصغرMicrolearning:

تتمركز المتغيرات البنائية في التعليم المصغر في جانبين أولهما تقديم المحتوى التعليمي المختصر، حيث يتم البحث في فعالية تقديم المحتوى التعليمي في وحدات صغيرة ومركزة يمكن للمتعلم الوصول إليها في أي وقت ومكان، كما يتمركز الجانب الثاني في تطبيقات التعلم المحمول Mobile Learning، وبالتحديد فيما يتعلق بتطوير تطبيقات ومحتوى تعليمي مصمم خصيصًا للأجهزة المحمولة.

يرتكز البحث العلمي ومتغيراته البنائية في قياس فعالية التعلم المصغرMicrolearning ، وتحديدًا في كيفية تقديم المحتوى التعليمي المختصر في وحدات صغيرة ومركزة بحيث يمكن للمتعلم الوصول إليها في أي وقت ومكان، كما تركز هذه المتغيرات ايضاً على خصائص تصميم هذه الوحدات المصغرة، وسياق تقديمها، وكيفية تفاعل المتعلم معها، ومن ثم يمكن للباحث التلاعب بهذه المتغيرات أو قياسها لدراسة تأثيرها على كفاءة التعلم، الاستبقاء، الدافعية، وسهولة الوصول.

- **تصميم المحتوى المصغرMicrocontent Design**

تتركز هذه المتغيرات بالخصائص الجوهرية للوحدة التعليمية المصغرة:

- **حجم/مدة الوحدة : Unit Size/Duration**

  - **المدة الزمنية :**يرتكز المتغير المستقل ومستوياته في تحديد النطاق الأمثل لمدة الوحدة المصغرة مثلاً، ٢-٥ دقائق، ٥-١٠ دقائق، وفي مدى تأثير المدة على التركيز والاستيعاب.
  - **عدد المفاهيم :**يرتكز المتغير المستقل ومستوياته في تركيز الوحدة المصغرة على مفهوم واحد رئيسي أو عدد محدود جداً من المفاهيم المترابطة، وربما المقارنة بينهم.

- **تنوع أنماط المحتوى :Content Modality Diversity**

  - **نمط واحد :**يرتكز المتغير المستقل نمط اللغة المستخدمة في الوحدة المصغرة (نصي فقط، أو فيديو قصير فقط، أو رسم بياني تفاعلي فقط) .

- **أنماط متعددة :**يرتكز المتغير المستقل في دمج أنماط مختلفة مثلاً (فيديو قصير مع نص تكميلي أو مخطط معلومات بياني)، لتعزيز الفهم لدى المتعلمين.

- **تصميم التفاعل داخل الوحدة : In-Unit Interaction Design**

- **مستوى التفاعلية :**يرتكز المتغير المستقل في الوحدة المصغرة تحديد مستوى التفاعلية السلبية عند مشاهدة الفيديو في مقابل الفيديو التفاعلي من خلال طرح أسئلة مدمجة، سحب وإفلات، محاكاة قصيرة.

- **تكرار التفاعل :**يرتكز المتغير المستقل ومستوياته في عدد نقاط التفاعل داخل الوحدة المصغرة.

- **الاعتمادية الذاتية للوحدة : Unit Self-Containment**

- يرتكز المتغير المستقل قيام الوحدة المصغرة قائمة بذاتها وتوفر معلومات كافية لإتقان مفهوم واحد دون الحاجة إلى الرجوع لمصادر خارجية فوراً.

- **التركيز والوضوح : Focus & Clarity** يرتكز المتغير المستقل ومستوياته في مدى وضوح الهدف التعليمي للوحدة المصغرة ومدى تركيزها على معلومة أو مهارة محددة.

- **سياق التقديم Microlearning Delivery Context**

ترتبط هذه المتغيرات بالبيئة أو النظام الذي يتم من خلاله تقديم وحدات التعلم المصغر:

- **مرونة الوصول : Access Flexibility**

- **الجهاز :**يرتكز المتغير المستقل بمدى دعم المنصة للوصول السلس من أجهزة متعددة هواتف ذكية، أجهزة لوحية، حواسيب.

- **التوقيت :**يرتكز المتغير المستقل ومستوياته في إتاحة المحتوى متاح ٧/٢٤ في أي وقت.

- **المكان :**يرتكز المتغير المستقل ومستوياته في إتاحة التصميم لدعم التعلم في بيئات مختلفة أثناء التنقل، في أوقات الفراغ القصيرة .

- **اكتشاف المحتوى المصغر : Microcontent Discoverability**
  - يرتكز المتغير المستقل ومستوياته في تمكين المتعلم من العثور على الوحدات المصغرة ذات الصلة باحتياجاته أو اهتماماته مثل محركات البحث، التوصيات الذكية، التصنيفات الواضحة.
- **التكامل مع أنظمة التعلم : LMS Integration**
  - يرتكز المتغير المستقل ومستوياته في مدى تكامل وحدات التعلم المصغر مع أنظمة إدارة التعلم LMS الأكبر أو منصات التعليم المؤسسية.
- **الإشعارات والتنبيهات : Notifications & Reminders**
  - يرتكز المتغير المستقل ومستوياته في استخدام إشعارات ذكية لتذكير المتعلم بالوحدات المصغرة ذات الصلة أو لدفعه لاستكمال التعلم.

- **تصميم المسار Microlearning Pathway Design**

تركز هذه المتغيرات بكيفية تنظيم وتوجيه المتعلم عبر سلسلة من وحدات التعلم المصغر:

- **التسلسل :Sequencing**
  - **تسلسل خطي :**يرتكز المتغير المستقل في كيفية إكمال المتعلم للوحدات المصغرة بترتيب محدد.
  - **تسلسل مرن/حر :**يرتكز المتغير المستقل ومستوياته في اختيار المتعلم لترتيب الوحدات المصغرة.
  - **مسارات تكيفية :Adaptive Pathways** يرتكز المتغير المستقل ومستوياته في كيفية تقديم مسار مخصص للوحدات المصغرة بناءً على أداء المتعلم، أو أهدافه، أو فجواته المعرفية بمساعدة الذكاء الاصطناعي.
- **الربط بين الوحدات : Unit Interconnection**

- يرتكز المتغير المستقل ومستوياته في كيفية ربط الوحدات المصغرة معًا لضمان بناء فهم شامل للمفهوم الأكبر أو المهارة المعقدة.

- **استراتيجيات التجميع : Aggregation Strategies**

- يرتكز المتغير المستقل ومستوياته في كيفية تجميع الوحدات المصغرة في وحدات أكبر مثل الدورات القصيرة لتسهيل التعلم العميق والاحتفاظ، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم..

- **تصميم التقييم والتغذية الراجعةAssessment & Feedback Design**

تركز هذه المتغيرات بكيفية تقييم التعلم وتقديم التغذية الراجعة في سياق التعلم المصغر:

- **التقييم المصغر : Micro-Assessment**

- يرتكز المتغير المستقل على نمط التقييم المناسب لكل وحدة مصغرة قصير وفوري ونمط السؤال مثل سؤال واحد، اختيار من متعدد، مهمة سريعة.

- يرتكز المتغير المستقل على مستوى تقييم الفهم مباشرة بعد تقديم المفهوم المصغر/ مرجأ.

- **التغذية الراجعة الفورية : Immediate Feedback**

- يرتكز المتغير المستقل على مدى سرعة ودقة التغذية الراجعة المقدمة على أداء المتعلم في التقييمات المصغرة.

- **التغذية الراجعة التكيفية : Adaptive Feedback**

- يرتكز المتغير المستقل على مدى تكيف التغذية الراجعة أو تقديم وحدات مصغرة إضافية بناءً على أداء المتعلم في التقييمات.

- **المتغيرات المتعلقة بالتحفيز والمشاركةMotivation & Engagement**

تركز هذه المتغيرات على كيفية تصميم التعلم المصغر لزيادة دافعية المتعلمين:

- **عناصر تقنيات الالعاب : Gamification Elements** يرتكز المتغير المستقل على انسب دمج لعناصر التحفيز مثل النقاط، الشارات، لوحات الصدارة، أو المستويات داخل وحدات التعلم المصغر أو على مستوى المنصة لزيادة التحفيز.
- **جاذبية المحتوى :Content Appeal** يرتكز المتغير المستقل بمدى جاذبية التصميم البصري، جودة الصوت والفيديو، وسهولة استيعاب المحتوى.
- **الملاءمة الشخصية :Personal Relevance** يرتكز المتغير المستقل على قياس مدى شعور المتعلم بصلة المحتوى المصغر مباشرة باحتياجاته أو أهدافه، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم..

المتغيرات البنائية للبحث العلمي في تطبيقات التعلم المحمول Mobile Learning

تتوفر عدد من المتغيرات البنائية للبحث العلمي حول **تطبيقات التعلم المحمول** ، وبالتحديد عند تطوير تطبيقات ومحتوى تعليمي مصمم خصيصًا للأجهزة المحمولة، وتركز هذه **المتغيرات البنائية** على خصائص تصميم التطبيق والمحتوى، سياق الاستخدام، وكيفية استغلال الإمكانات الفريدة للأجهزة المحمولة. كما يمكن للباحث التلاعب بهذه المتغيرات أو قياسها لدراسة تأثيرها على نواتج التعلم، مشاركة الطلاب، سهولة الاستخدام، وقابلية التبني، ومتعة التعلم.

- **تصميم المحتوى التعليمي المحمول Mobile Learning Content Design**

تتعلق هذه المتغيرات بكيفية بناء وتقديم المحتوى ليناسب الأجهزة المحمولة:

- **تجزئة المحتوى Content Granularity/Chunking :**
  - **وحدات مصغرة Microlearning:** يرتكز هذا المتغير على أنسب تقسيم للمحتوى إلى وحدات تعليمية قصيرة ومركزة فيديوهات، نصوص، أسئلة بحيث يمكن استهلاكها في فترات قصيرة.
  - **وحدات متكاملة:** يرتكز هذا المتغير على كيفية مساهمة ترابط الوحدات المصغرة للمساهمة في بناء فهم أكبر للمحتوى.

- **تنوع أنماط المحتوى Content Modality Diversity :**

  - **تنوع مزج المحتوى:** يرتكز هذا المتغير على انسب مزج للمحتوى من نصوص قصيرة، صور، رسوم بيانية، فيديوهات، صوتيات محسنة للعرض على الشاشات الصغيرة.

  - **محاكاة وتفاعلات بصرية:** يرتكز هذا المتغير على انسب محاكاه يتضمنها المحتوى محاكاة بسيطة أو تفاعلات بصرية تستفيد من الشاشات اللمسية .

- **التصميم للاستخدام في السياق Contextual Design :**

  - يرتكز هذا المتغير على كيفية تصميم المحتوى بفاعلية للاستخدام في سياق مناسب للاستخدام المتنوع للأجهزة المحمولة أثناء التنقل، في أوقات الفراغ، في بيئات صاخبة.

- **التخصيص والتكيف Adaptivity & Personalization :**

  - يرتكز هذا المتغير على التخصيص والتكييف للمحتوى مع تقدم المتعلم، أسلوبه التعليمي، أو تفضيلاته بناءً على البيانات التي يجمعها التطبيق من خلال تحليلات التعلم.

- **تصميم التطبيق والواجهة Interface Design & Application**

تتعلق هذه المتغيرات بالخصائص الوظيفية والجمالية للتطبيق على الأجهزة المحمولة:

- **سهولة الاستخدام وواجهة المستخدم User Interface - UI & Usability:**

  - **البساطة والوضوح:** يرتكز هذا المتغير على سهولة التعامل مع الواجهة واضحة، خالية من الفوضى، وسهلة التنقل.

  - **تصميم الرموز والأزرار:** يرتكز هذا المتغير على مناسبة تصميم الرموز والازرة لحجم الشاشة بما يكفي لسهولة اللمس.

- **التخطيط المتجاوب Responsive Layout**: يرتكز هذا المتغير على تكيف تخطيط الواجهة تلقائيًا مع أحجام الشاشات المختلفة للهواتف، الأجهزة اللوحية .

- **تجربة المستخدم User Experience - UX :**

- **الجاذبية البصرية Visual Appeal**: يرتكز هذا المتغير على مدى جاذبية التصميم العام للمستخدم.

- **سلاسة التفاعل Smooth Interaction** : يرتكز هذا المتغير على قوة التفاعلات داخل التطبيق وسرعة استجابته للمتعلم لا توجد تأخيرات، سهولة السحب والإفلات

- **التغذية الراجعة الفورية**: يرتكز هذا المتغير على وضح وسرعة تغذية راجعة للتطبيق اثناء إجراءات المستخدم.

- **الاستفادة من مميزات الجهاز Leveraging Device Features:**

- **الشاشات اللمسية Touchscreen Interactions** : يرتكز هذا المتغير الاستفادة الكاملة من تصميم تقنيات الشاشة اللمس، السحب، القرص للتكبير/التصغير .

- **أجهزة الاستشعار Sensors** : يرتكز هذا المتغير على دقة استخدام مستشعرات الجهاز مثل GPS لتحديد الموقع للتعلم القائم على الموقع، الكاميرا للواقع المعزز، مقياس التسارع للأنشطة التفاعلية .

- **الإشعارات Notifications**: يرتكز هذا المتغير على استخدام الإشعارات بفعالية لتذكير المتعلمين أو لتقديم معلومات ذات صلة بالسياق.

- **الوصول دون اتصال Offline Access**: يرتكز هذا المتغير على كيفية وصول المتعلم إلى المحتوى أو جزء منه دون اتصال بالإنترنت.

- **الصوت والفيديو Video & Audio**: يرتكز هذا المتغير على كيفية تحسين المحتوى الصوتي والمرئي للاستهلاك على الأجهزة المحمولة حجم الملف، جودة البث.

- **دعم التعلم والمشاركة Engagement & Learning Support**

تركز هذه المتغيرات على كيفية تصميم التطبيق لدعم عملية التعلم وتحفيز المتعلمين:

- **استراتيجيات التلعيب Gamification Strategies:**
  - يرتكز هذا المتغير على دمج عناصر التلعيب نقاط، شارات، مستويات، لوحات صدارة، تحديات لزيادة الدافعية والمشاركة.
- **التغذية الراجعة Feedback :**
  - يرتكز هذا المتغير على توفير التطبيق تغذية راجعة فورية، تشخيصية، وشخصية على أداء المتعلم.
- **التعاون الاجتماعي Social Collaboration:**
  - يرتكز هذا المتغير على اتاحة التطبيق فرصًا للتفاعل الاجتماعي دردشة، منتديات، مشاركة الإنجازات بين المتعلمين.
- **آليات التقييم Assessment Mechanisms :**
  - يرتكز هذا المتغير على تضمين التطبيق اختبارات قصيرة، تمارين تفاعلية، أو مهام تقييمية تتناسب مع طبيعة التعلم المحمول.

- **سياق الاستخدام والبنية التحتية Infrastructure & Usage Context**

تركز هذه المتغيرات بالعوامل الخارجية التي تؤثر على استخدام تطبيقات التعلم المحمول:

- **بيئة التعلم Learning Environment** : يرتكز هذا المتغير على تصميم التطبيق للاستخدام في بيئة صفية، في المنزل، في العمل، أو أثناء التنقل.
- **جودة الاتصال بالشبكة Network Connectivity Quality** : يرتكز هذا المتغير على جودة واسائل الاتصال بالإنترنت، والمتابعة بالاستقرار والسرعة العالية، وأن يدعم بإمكانية العمل مع اتصالات بطيئة أو متقطعة.

- **سياسات الدعم المؤسسي Institutional Support Policies** : يرتكز هذا المتغير على دعم المؤسسة التعليمية لاستخدام الأجهزة المحمولة في التعلم، وهل توفر الدعم الفني اللازم.
- **الأمن والخصوصية Privacy & Security** : يرتكز هذا المتغير على كيفية تأمين بيانات المستخدمين على الأجهزة المحمولة وفي التطبيق، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.

٩- **المتغيرات البنائية للبحث العلمي في البلوك تشين Blockchain في التعليم:**

- **إدارة الشهادات والمؤهلات:** يرتبط هذا المتغير باستخدام تقنية البلوك تشين لتأمين الشهادات والمؤهلات التعليمية وحمايتها من التزوير.
- **سجلات التعلم اللامركزية:** يرتبط هذا المتغير ببناء سجلات تعلم آمنة وشفافة تتبع تقدم المتعلمين وتوفر لهم ملكية بياناتهم التعليمية.

تعتبر البلوك تشين Blockchain تقنية تساعد المعلم على إنشاء الشهادات الرقمية والتحقق منها، بما في ذلك الشهادات الجامعية أو الدبلومات. وتتميز يحفظه الامن لتخزين البيانات لضمان صحتها، مما يجعل من الأسهل على المتعلمين عرض إنجازاتهم في أي وقت، ولذا فقد ظهرت عدد من المتغيرات البحثية الحديثة لحول استخدام تقنية البلوك تشين Blockchain في التعليم، وتحديدًا في مجال إدارة الشهادات والمؤهلات التعليمية وتأمينها من التزوير، وقد ارتكزت المتغيرات البنائية على العناصر التصميمية والتقنية والتشغيلية لنظام البلوك تشين، وكيفية دمجها في العملية التعليمية لإصدار الشهادات، وإدارتها والتحقق منها، يمكن للباحثين التلاعب بهذه المتغيرات أو قياسها لدراسة تأثيرها على مستوى الأمان، الكفاءة، الثقة، وقابلية التبني.

المتغيرات البنائية للبحث العلمي في البلوك تشين Blockchain لإدارة الشهادات والمؤهلات التعليمية

- **تصميم بنية البلوك تشينBlockchain Architecture Design**

تتعلق هذه المتغيرات بالخصائص الأساسية لتقنية البلوك تشين المستخدمة:

- **نوع البلوك تشين : Blockchain Type**
  - **بلوك تشين عام : Public Blockchain** مثل الإيثيريوم Ethereum أو البيتكوين Bitcoin ويرتكز هذا المتغير على اعتماد النظام على شبكة مفتوحة للجميع، بحيث يوفر شفافية عالية، لكن قد يكون أبطأ وأكثر تكلفة من حيث المعاملات .
  - **بلوك تشين خاص : Private Blockchain** يرتكز هذا المتغير على توفير شبكة تديرها وتتحكم بها جهة واحدة أو مجموعة محدودة من الجهات. يوفر سرعة وتحكم أكبر، لكن شفافية أقل.
  - **بلوك تشين اتحادي/مرخص : Consortium/Permissioned Blockchain** يرتكز هذا المتغير على توفير شبكة تديرها مجموعة محددة من المؤسسات التعليمية ، بحيث توفر توازناً بين الشفافية والتحكم.
- **آلية الإجماع: Consensus Mechanism** يرتكز هذا المتغير على كيفية التحقق من المعاملات وإضافتها إلى السلسلة.
  - **إثبات العمل : Proof of Work - PoW** مثال: بيتكوين، ويتطلب قوة حاسوبية كبيرة.
  - **إثبات الحصة : Proof of Stake - PoS** مثال: إيثيريوم ٢,٠ ، ويعتمد على مقدار الحصة.
  - **آليات أخرى مثل : Proof of Authority - PoA** أكثر شيوعاً في البلوك تشين المرخص.
- **تصميم العقد الذكية : Smart Contract Design**
  - **تعقيد العقود الذكية :**يرتكز هذا المتغير على مدى تعقيد القواعد المنطقية التي تُكتب بها العقود لإصدار الشهادات، التحقق منها، وتحديد صلاحيات الوصول.

- **وظائف العقد الذكي :**يرتكز هذا المتغير دور العقد الذكي محدد/ متعدد فقط بإصدار الشهادة، أم يتضمن وظائف إضافية مثل تتبع مهارات الطالب، أو ربطها بسجلات تعلم أخرى.

- **نموذج تخزين البيانات :Data Storage Model**

- **تخزين بيانات الشهادة بالكامل على البلوك تشين :**غير فعال عادةً بسبب التكلفة والحجم.

- **تخزين تجزئة الشهادة Hash على البلوك تشين والشهادة على نظام تخزين لامركزي مثل : IPFS** النهج الأكثر شيوعًا وفعالية.

- **تصميم عملية إدارة الشهاداتCredential Management Process Design**

تركز هذه المتغيرات على كيفية دمج البلوك تشين في دورة حياة الشهادة:

- **عملية إصدار الشهادة :Issuance Process**

- **درجة الأتمتة :**يرتكز هذا المتغير كيفية إصدار الشهادات تلقائيًا بمجرد استيفاء الشروط عبر العقد الذكي، أم تتطلب موافقة يدوية.

- **الجهات المصدرة :**يرتكز هذا المتغير على مصدر الشهادة صادرة من جامعة واحدة، من جهات متعددة مثل جامعة وشركة تدريب.

- **آلية التحقق من الشهادة :Verification Mechanism**

- **منصة التحقق :**يرتكز هذا المتغير التحقق من خلال واجهة المستخدم من صحة الشهادة باستخدام المفتاح العام الخاص بها.

- **التحقق الفوري :**يرتكز هذا المتغير على مدى سرعة عملية التحقق من الشهادة عبر الشبكة.

- **قابلية النقل والتبادلية : Portability & Interoperability**

- **معايير الشهادات :**يرتكز هذا المتغير مدى دعم النظام للمعايير العالمية للشهادات الرقمية مثلOpen Badges ، W3C Verifiable Credentials لضمان إمكانية التعرف عليها من قبل جهات أخرى.
- **إمكانية الربط :**يرتكز هذا المتغير إمكانية ربط الشهادة الصادرة على البلوك تشين بسجلات تعلم أخرى للطالب مثلاً، ملفات الإنجاز الرقمية.

- **إدارة الهوية الرقمية :Digital Identity Management**

- **هوية الطالب :**يرتكز هذا المتغير كيفية ربط هوية الطالب الحقيقية بشهادته على البلوك تشين.
- **خصوصية البيانات :**يرتكز هذا المتغير في كيفية حماية خصوصية بيانات الطالب مع ضمان إمكانية التحقق من الشهادة.

- **العوامل التنظيمية والبشريةRegulatory & Human Factors**

تركز هذه المتغيرات بالجوانب غير التقنية التي تؤثر على تبني النظام ونجاحه:

- **الأطر القانونية والسياسية :Legal & Policy Frameworks**

- **الاعتراف القانوني :**يرتكز هذا المتغير على الأطر القانونية للتعترف بالشهادات الصادرة عبر البلوك تشين كوثائق رسمية.
- **سياسات المؤسسات التعليمية :**يرتكز هذا المتغير على استعداد المؤسسات التعليمية مستعدة لتبني هذه التقنية وتعديل سياساتها الداخلية.

- **قابلية تبني المستخدم : User Adoption/Acceptance**

- **رضا المستخدم :**يرتكز هذا المتغير على مدى قبول الطلاب والمعلمين والمؤسسات وأصحاب العمل لنظام الشهادات المستند إلى البلوك تشين.
- **سهولة الاستخدام : Usability** يرتكز هذا المتغير على مدى سهولة استخدام الواجهات والأدوات المرتبطة بالنظام مثل محافظ الشهادات الرقمية .

- **الوعي والمعرفة :** يرتكز هذا المتغير على مدى فهم المستخدمين لمفاهيم البلوك تشين وكيفية عمل النظام.

- **التكاليف التشغيلية :Operational Costs**

- **تكلفة المعاملات :**يرتكز هذا المتغير على تكلفة إصدار الشهادات على البلوك تشين رسوم الغاز في شبكات مثل الإيثيريوم اقتصادية للمؤسسات.

- **تكلفة التطوير والصيانة :** يرتكز هذا المتغير على تكاليف تطوير وصيانة البنية التحتية لنظام البلوك تشين.

- **الأمن والموثوقيةSecurity & Trustworthiness**

هذه المتغيرات أساسية لقياس فعالية البلوك تشين:

- **مستوى مقاومة التزوير :Tamper-Proof Level** يرتكز هذا المتغير على مدى صعوبة أو استحالة تزوير الشهادات بعد إصدارها على البلوك تشين.
- **مرونة النظام : System Resilience** يرتكز هذا المتغير مدى قدرة النظام على العمل بفعالية ومقاومة الهجمات أو الأعطال.
- **شفافية النظام : System Transparency** يرتكز هذا المتغير على مدى سهولة تتبع المعاملات والتحقق منها على السلسلة.، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.

المتغيرات البنائية للبحث العلمي في البلوك تشين Blockchain لسجلات التعلم اللامركزية

فيما يتعلق بمجال **سجلات التعلم اللامركزية - Decentralized Learning Records DLRs**المقترن باستخدام تقنية **البلوك تشين Blockchain** في التعليم، فإن الهدف يتحدد في بناء سجلات تعلم آمنة وشفافة تتبع تقدم المتعلمين وتوفر لهم ملكية بياناتهم التعليمية، ولذا فإن المتغيرات البنائية تركز على كيفية تصميم وتنفيذ نظام البلوك تشين لتحقيق هذه الأهداف. ولذا يمكن للباحث التلاعب بهذه المتغيرات أو قياسها لدراسة تأثيرها على الملكية الذاتية للمتعلم، الأمن، الشفافية، قابلية التشغيل البيني، وقابلية التبني.

- **تصميم بنية البلوك تشين الأساسيةCore Blockchain Architecture Design**

تتعلق هذه المتغيرات بالأسس التقنية لشبكة البلوك تشين التي تستضيف سجلات التعلم:

- **نوع البلوك تشين : Blockchain Type**
  - **عام : Public Blockchain** مثل الإيثيريوم. يرتكز هذا المتغير على توفير أقصى درجات الشفافية واللامركزية، لكنه قد يواجه تحديات في قابلية التوسع والخصوصية والتكلفة التشغيلية رسوم الغاز.
  - **اتحادي/مرخص : Consortium/Permissioned Blockchain** يرتكز هذا المتغير على توفير شبكة تديرها مجموعة من المؤسسات التعليمية. يوفر توازناً بين الشفافية والتحكم، وقد يكون أكثر كفاءة وخصوصية للمعلومات الحساسة.
  - **خاص : Private Blockchain** يرتكز هذا المتغير كيفية التحكم في كيان واحد. بحيث يوفر أداءً عاليًا وتحكمًا كاملاً، لكنه يضحي باللامركزية والشفافية.
- **آلية الإجماع : Consensus Mechanism** يرتكز هذا المتغير كيفية التحقق من المعاملات وإضافة البيانات الجديدة إلى سجل التعلم. مثال: إثبات الحصةPoS ، إثبات السلطةPoA ، أو آليات أخرى مناسبة للتطبيقات التعليمية.
- **تصميم العقد الذكية : Smart Contract Design**
  - **تعقيد العقود الذكية :** يرتكز هذا المتغير مدى تعقيد القواعد التي تُكتب بها العقود لإدارة إضافة بيانات التعلم، الوصول إليها، وتحديثها.
  - **وظائف العقد الذكي :**يرتكز هذا المتغير كيفية ادارة العقد الذكي وتوظيفها عند إضافة الإنجازات، وتحديد وظائف لتجميع المهارات، وربطها بالشهادات، وإدارة أذونات الوصول.

- **نموذج تخزين البيانات : Data Storage Model**

  - **تخزين البيانات الوصفية Metadata أو الـ Hashes على البلوك تشين :** يرتكز هذا المتغير تخزين النهج الأكثر شيوعًا، حيث يتم تخزين مؤشر Hash لبيانات التعلم على البلوك تشين، بينما تُخزن البيانات الفعلية مثل ملفات المشاريع، تسجيلات المحاضرات في أنظمة تخزين لامركزية خارج السلسلة Off-Chain مثل IPFS InterPlanetary File System .

  - **تخزين بيانات التعلم الجزئية على السلسلة :On-Chain** يرتكز هذا المتغير على مدى تفصيل البيانات المخزنة مباشرة على البلوك تشين، مع مراعاة تأثير ذلك على التكلفة والخصوصية.

- **تصميم ملكية بيانات المتعلم والخصوصية Learner Data Ownership & Privacy Design**

هذه المتغيرات حاسمة لتحقيق هدف "ملكية المتعلم لبياناته:"

- **نموذج الهوية الذاتية السيادة : Self-Sovereign Identity - SSI**

  - **تصميم :SSI** يرتكز هذا المتغير على كيفية منح المتعلم التحكم الكامل في هويته الرقمية وبيانات تعلمه، بما في ذلك من يشاركها ومع من يشاركها.

  - **آليات إصدار بيانات الاعتماد القابلة للتحقق Verifiable Credentials - VCs :** يرتكز هذا المتغير كيفية تصدر المؤسسات التعليمية بيانات اعتماد مثل درجات، مهارات، حضور بشكل آمن للمتعلم، ويحتفظ بها المتعلم ويتحكم في عرضها.

- **ضوابط الوصول إلى البيانات : Data Access Controls**

  - **تصميم أذونات الوصول :**يرتكز هذا المتغير كيف يمكن للمتعلم منح أو سحب أذونات الوصول إلى أجزاء محددة من سجل تعلمه مثلاً، مشاركة بيانات الدورات الدراسية مع صاحب عمل محتمل دون مشاركة درجات الثانوية.

- **الوصول المشروط : Conditional Access** يرتكز هذا المتغير كيف يمكن تصميم قواعد للعقد الذكي تسمح بالوصول إلى بيانات معينة فقط عند استيفاء شروط محددة.

- **آليات إخفاء الهوية/الاسم المستعار : Anonymity/Pseudonymity Mechanisms** يرتكز هذا المتغير على مدى توفير النظام لخيارات للمتعلم لاستخدام أسماء مستعارة أو إخفاء هوية معينة عند الحاجة، مع الحفاظ على قابلية التحقق.

- **تصميم قابلية التشغيل البيني والتوحيد القياسي Interoperability & Standardization Design**

ترتبط هذه المتغيرات بمدى قدرة سجلات التعلم اللامركزية على التفاعل مع أنظمة أخرى:

- **دعم المعايير المفتوحة : Open Standards Support** يرتكز هذا المتغير على كيفية دعم النظام معايير مفتوحة مثل xAPI, Caliper Analytics, Open Badges, W3C Verifiable Credentialsلضمان إمكانية تبادل بيانات التعلم والاعتراف بها عبر الأنظمة والمؤسسات المختلفة.

- **تكامل البيانات : Data Integration** يرتكز هذا المتغير على كيف يتم دمج البيانات من مصادر تعلم متنوعة دوراتMOOCs ، تدريب مهني، مشاريع مستقلة في سجل تعلم موحد على البلوك تشين.

- **آليات الربط : Linking Mechanisms** يرتكز هذا المتغير في كيفية ربط الإنجازات والمهارات المختلفة داخل سجل التعلم لتكوين صورة شاملة لملف تعريف المتعلم.

- **تصميم تجربة المستخدم والتبنيUser Experience & Adoption Design**

تتعلق هذه المتغيرات بالجوانب غير التقنية التي تؤثر على تبني المستخدمين للنظام:

- **سهولة الاستخدام : Usability** يرتكز هذا المتغير مدى سهولة استخدام الواجهات والتطبيقات التي تسمح للمتعلمين بإدارة سجلات تعلمهم مثل محافظ الهوية الرقمية.

- **تصورات الثقة والأمان : Perceptions of Trust & Security** يرتكز هذا المتغير مدى شعور المتعلمين والمؤسسات وأصحاب العمل بالثقة في أمان وشفافية النظام.
- **الوعي والتثقيف : Awareness & Education** يرتكز هذا المتغير مدى فعالية حملات التوعية والتدريب لشرح فوائد سجلات التعلم اللامركزية وكيفية استخدامها.
- **الحوافز للتبني : Incentives for Adoption** يرتكز هذا المتغير على مدى توفر حوافز للمؤسسات لتبني هذا النظام مثل تقليل التكاليف الإدارية، زيادة الثقة في الشهادات.

- **المتغيرات المتعلقة بجمع وتحليل بيانات التعلم Learning Data Collection & Analytics**

على الرغم من أن DLRs تركز على الملكية، إلا أنها تتيح أيضًا فرصًا جديدة لتحليل البيانات:

- **أنواع بيانات التعلم المجمعة : Types of Learning Data Collected** يرتكز هذا المتغير على تحديد أنواع بيانات التعلم التي سيتم تسجيلها على البلوك تشين أو ربطها بها على سبيل المثال، الدرجات، المهارات المكتسبة، الإنجازات، المشاريع، التفاعلات، التقييمات.
- **تحليل البيانات : Data Analytics** يرتكز هذا المتغير على كيفية تحليل هذه البيانات الموزعة والموثوقة لتقديم رؤى حول مسارات التعلم، فجوات المهارات، أو فعالية البرامج التعليمية، مع الحفاظ على خصوصية المتعلم، وكل ما سبق يربطه الباحث بنتائج تحليلات التعلم.

التحديات التي تواجه البحث العلمي للذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في العلمية التعليمية:

- **الفجوة الرقمية:** ضمان الوصول المتكافئ للتكنولوجيا التعليمية لجميع الطلاب، بغض النظر عن خلفياتهم الاقتصادية والاجتماعية.
- **تدريب المصممين التعليمين والمعلمين:** توفير برامج تدريبية فعالة للمصممين التعليمين لتمكينهم من استخدام التكنولوجيا بفاعلية في تصميماتهم كمصممين أو في فصولهم الدراسية كمعلمين.

- **الخصوصية والأمن:** حماية بيانات المصممين والمتعلمين وضمان خصوصيتهم في البيئات التعليمية الرقمية.
- **مقاومة التغيير:** التغلب على مقاومة بعض المعلمين والإداريين لتبني التقنيات الجديدة.
- **التكلفة والبنية التحتية:** توفير التمويل اللازم والبنية التحتية التقنية المتطورة لدعم الابتكارات في تكنولوجيا التعليم .(Samira Guechairi et al., 2024).

المراجع:

Akhmadieva, Roza Sh. & et al. (2023). Artificial intelligence in science education: a bibliometric review. *Contemp. Educ. Technol.* 15: ep460. doi: 10.30935/cedtech/13587

Akhmadieva, Roza Sh. & et al. (2024). Research trends in the use of artificial intelligence in higher education, available at: https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/feduc.2024.1438715/full

Bond, M., Khosravi, & at. al (2024). A meta systematic review of artificial intelligence in higher education: a call for increased ethics, collaboration, and rigour. *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.* 21, 1–41. doi: 10.1186/s41239-023-00436-z

Chu. R. & et al., (2022). Roles and research trends of artificial intelligence in higher education: A systematic review of the top 50 most-cited articles: Web of Science ،available at: sfchronicle.com+15ajet.org.au+15mdpi.com+15.

Flores-Velásquez, C. H., Olivares-Zegarra, S., Davila-Ignacio, C., Arévalo-Tuesta, J. A., Morales-Romero, G., Trinidad-Loli, N., et al. (2024). A bibliometric review of studies about the acceptance of artificial intelligence technologies in teaching and learning in higher education. *Int. J. Learn. Teach. Educ. Res.* 23, 275–292. doi: 10.26803/ijlter.23.3.14

Flores-Vivar & García-Peñalvo (2023). The influence of artificial intelligence in higher education based on four thematic axes: a bibliometric study, available at: journals.sapienzaeditorial.com.

Frontiers in Education (2024). Research trends in the use of artificial intelligence in higher education, available at: frontiersin.org.

Gartner (2024). Gartner 2024 Hype Cycle for Emerging Technologies Highlights Developer Productivity, Total Experience, AI and Security, available at: https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2024-08-21-gartner-2024-hype-cycle-for-emerging-technologies-highlights-developer-productivity-total-experience-ai-and-security.

Guo, S., Zheng, Y., and Zhai, X. (2024). Artificial intelligence in education research during 2013–2023: a review based on bibliometric analysis. *Educ. Inf. Technol.* 29, 16387–16409. doi: 10.1007/s10639-024-12491-8

Hatice Çifçi & et al. (2024). Measuring Artificial Intelligence Integration in Higher Education: A Bibliometric Analysis of Quantitative Studies, available at: dergipark.org.tr.

López-Chila, R., Llerena-Izquierdo, J., Sumba-Nacipucha, N., and Cueva-Estrada, J. (2024). Artificial intelligence in higher education: an analysis of existing bibliometrics. *Educ. Sci.* 14:47. doi: 10.3390/educsci14010047

Mary & García-Peñ-vo et al. (2024). The influence of artificial intelligence in higher education based on four thematic axes: a bibliometric study, available at: journals.sapienzaeditorial.com+1reddit.com+1.

McDonald et al. (2024). Generative AI in Higher Education: Evidence from Institutional Policies and Guidelines, ،available at: theguardian.com+3arxiv.org+3arxiv.org+3.

Nwana H. (1990). Intelligent tutoring systems: an overview // Artif. Intell. Rev.

Ogunleye et al. (2024). A Systematic Review of Generative AI for Teaching and Learning Practice: GenAI, ،available at: arxiv.org.

OpenAI. (2025). ChatGPT (Version 4.5) [Artificial Intelligence Language Model]. https://chat.openai.com

Pelin Derinalp (2024). Past, Present, and Future of Artificial Intelligence in Education: A Bibliometric Study, available at: dergipark.org.tr.

Prahani, B. K., & at al. (2022). Artificial intelligence in education research during the last ten years: a review and bibliometric study. *Int. J. Emerg. Technol. Learn.* 17, 169–188. doi: 10.3991/ijet.v17i08.29833

Roza Sh. Akhmadieva & et al. (2024). Research trends in the use of artificial intelligence in higher education, available at: https://www.researchgate.net/publication/385631477_Research_trends_in_the_use_of_artificial intelligence in higher education

Samira Guechairi et al. (2024). available at: Artificial Intelligence in Education: A Comprehensive Bibliometric Study on Scopus (2010-2024), available at: researchgate.net+2atras-univ-saida.dz+2researchgate.net+2.

Shamkuwar, M., Jindal, P., More, R., Patil, P., and Mahamuni, P. (2023). Artificial intelligence and higher education: a systematic visualizations based review. *J. e-Learn. Knowl. Soc.* 19, 36–42. doi: 10.20368/1971-8829/1135857

Van Eck, N. J., and Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics* 84, 523–538. doi: 10.1007/s11192-009-0146-3