تقويم جودة معايير تصميم البرمجيات التعليمية التفاعلية في ضوء نظرية العبء المعرفي

م. أمل حسين علي
amalsaadey@gmail.com
وزارة التربية/ مديرية تربية بغداد الكرخ الثانية

الملخص

يهدف هذا البحث إلى تقويم جودة معايير تصميم البرمجيات التعليمية التفاعلية في ضوء نظرية العبء المعرفي، حيث انطلق من هدف محوري يتمثل في تحديد وتطوير الاستراتيجيات التصميمية التي تضمن إدارة فعالة للموارد المعرفية للمتعلم، وتقلل من العبء المعرفي الخارجي غير المنتج، بينما تعظم من العبء الجوهري الضروري لعملية بناء المخططات المعرفية. وقد اعتمد البحث في منهجيته على المنهج الوصفي التحليلي، حيث تم تحليل وتفكيك الإطار النظري لنظرية العبء المعرفي ومكوناته (الداخلي، الخارجي، والجوهري)، فضلاً عن مراجعة نقدية معمقة لمعايير تصميم البرمجيات التعليمية الحالية وتقييم قصورها في ضوء هذه النظرية. وقد شملت الإجراءات المنهجية تحليل العلاقة بين سوء التصميم (كمبدأ تشتيت الانتباه وتأثير الازدواجية) وتأثيرها السلبي على نتائج التعلم، واستعراض للاتجاهات الحديثة في التصميم التكيفي والتقنيات الناشئة (كالواقع المعزز والذكاء الاصطناعي) كحلول مقترحة لإدارة العبء المعرفي.

وتوصلت الباحثة إلى نتائج عدة، أهمها أن الجودة الحقيقية للبرمجية تكمن في كفاءتها الإدراكية، وأن المعايير التقليدية غير كافية دون دمج مبادئ علم النفس المعرفي. كما أكد على أن تطبيق استراتيجيات محددة، مثل التماسك البصري، والتقارب المكاني، والتقديم التدريجي للمحتوى، هو أمر حاسم لتقليل الضغط غير الضروري على الذاكرة العاملة. وبناء على هذه النتائج، توصي الباحثة بضرورة تطوير إطار تقييم معياري موحد يدمج قياس العبء المعرفي كمعيار أساسي لجودة التصميم، ويشجع على تبني أنظمة التعلم التكيفي التي تتوافق ديناميكياً مع مستوى خبرة المتعلم. وتقترح الباحثة إجراء مزيد من الدراسات التجريبية لتقييم فاعلية تقنيات الواقع الافتراضي والذكاء الاصطناعي في بيئات التعلم المعقدة، مع التركيز على تصميم واجهات تفاعلية تقلل من العبء الخارجي التقني.

الكلمات المفتاحية: البرمجيات التعليمية التفاعلية، نظرية العبء المعرفي، العبء المعرفي الخارجي، العبء المعرفي الجوهري، معايير التصميم، التعلم التكيفي، تجربة المستخدم.

Evaluating the Quality of Interactive Educational Software Design Standards in Light of Cognitive Load Theory

M. Amal Hussein Ali

Ministry of Education/ Directorate of Education Baghdad/Karkh2

Abstract:

This research aims to evaluate the quality of interactive educational software design standards in light of Cognitive Load Theory (CLT). It stems from a central objective: to identify and develop design strategies that ensure the effective management of the learner's cognitive resources, reduce unproductive extraneous cognitive load, and simultaneously maximize the germane load essential for the process of cognitive schema construction. Methodologically, the research adopted the analytical descriptive approach, which involved analyzing and dissecting the theoretical framework of CLT and its components (Intrinsic, Extraneous, and Germane Loads). This included a critical, in-depth review of current educational software design standards and an assessment of their shortcomings in light of this theory. The methodological procedures encompassed analyzing the relationship between poor design (such as the split-attention principle and the redundancy effect) and its negative impact on learning outcomes, as well as reviewing recent trends in adaptive design and emerging technologies (such as Augmented Reality and Artificial Intelligence) as proposed solutions for managing cognitive load.

The researcher reached several key findings, the most important of which is that the true quality of software lies in its cognitive efficiency, and that traditional standards are insufficient without integrating principles from cognitive psychology. The study also affirmed that implementing specific strategies, such as visual coherence, spatial

contiguity, and segmented content presentation, is crucial for reducing unnecessary pressure on working memory. Based on these findings, the researcher recommends the necessity of developing a unified standard evaluation framework that integrates the measurement of cognitive load as a fundamental criterion for design quality, and encourages the adoption of adaptive learning systems that dynamically align with the learner's expertise level. The researcher further proposes conducting more experimental studies to evaluate the effectiveness of Virtual Reality and Artificial Intelligence technologies in complex learning environments, with a focus on designing interactive interfaces that minimize the technical extraneous load.

Keywords: Interactive Educational Software, Cognitive Load Theory, Extraneous Cognitive Load, Germane Cognitive Load, Design Standards, Adaptive Learning, User Experience.

الفصل الأول: الإطار المفاهيمي للبرمجيات التعليمية ونظرية العبء المعرفي

إن التطورات المتسارعة في حقل التكنولوجيا الرقمية قد أحدثت تحولاً جوهرياً في مسارات العملية التعليمية، حيث لم يعد دور التقنية يقتصر على مجرد تقديم المعلومات، بل تعداه ليصبح محركاً أساسياً لصياغة بيئات تعلم تفاعلية قادرة على محاكاة الواقع وتسهيل بناء المعرفة (Roblyer, 2006, p. 71). وفي خضم هذا التحول، برزت البرمجيات التعليمية التفاعلية كأحد الركائز الأساسية التي يعتمد عليها في تصميم المناهج الحديثة، إذ تسعى هذه البرمجيات إلى دمج التطور البصري والوظيفي مع الأهداف التربوية المحددة، مما يتيح للمتعلم خوض تجربة تعلم شخصية وفعالة. ومع ذلك، يواجه المصممون التربويون تحدياً بالغ التعقيد يتمثل في الموازنة بين ثراء المحتوى وضرورة تبسيط العرض، وهي معادلة حرجة تقع في قلبها مفاهيم نظرية العبء المعرفي التي تعنى بكيفية معالجة العقل البشري للمعلومات الجديدة. إن الفشل في تحقيق هذا التوازن قد يؤدي إلى نتائج عكسية، حيث يتحول التفاعل المفرط أو التصميم غير المنظم إلى مثبط للتعلم، بدلاً من أن يكون داعماً له. وعليه، فإن هذا الفصل يهدف إلى وضع إطار مفاهيمي متكامل يحدد ماهية البرمجيات التعليمية التفاعلية، ويؤسس لنظرية العبء المعرفي كمظلة نظرية لتقييم جودة معايير تصميم هذه البرمجيات، مما يمهد الطريق لفهم أعمق للعلاقة بين آليات التصميم وقدرات المتعلم المعرفية.

المبحث الأول: ماهية البرمجيات التعليمية التفاعلية وأهميتها

تُعرف البرمجيات التعليمية التفاعلية بأنها تطبيقات حاسوبية مصممة خصيصاً لتقديم محتوى تعليمي متنوع، وهي تتميز عن غيرها بكونها تسمح للمتعلم ليس فقط باستقبال المعلومات، بل بالتفاعل النشط معها بطريقة تؤثر على مسار التعلم ونتائجه. هذا التفاعل يتجاوز مجرد النقر على الأزرار، ليشمل محاكاة الأنظمة المعقدة، حل المشكلات الديناميكية، وتقديم التغذية الراجعة الفورية التي توجه المتعلم نحو الإتقان. وقد أشار (Marcus et al., 2024, p. 115) إلى أن جوهر التفاعلية يكمن في تصميم واجهة المستخدم التي تخلق شعوراً بالانغماس والتحكم لدى المستخدم، وهو ما يعد عاملاً حاسماً في تعزيز الدافعية للاستمرار في عملية التعلم. إن أهمية هذه البرمجيات تنبع من قدرتها على تلبية خصائص التعلم الفردية، حيث يمكنها التكيف مع سرعة المتعلم ونمط تعلمه، مما يكسر حاجز النمطية الذي غالباً ما يسود الفصول التقليدية. فالبرنامج التعليمي التفاعلي يوفر بيئة غنية بالمثيرات البصرية والسمعية التي يمكن أن تساعد في تجسيد المفاهيم المجردة، مثل عرض محاكاة لتفاعل كيميائي أو حركة كوكب، الأمر الذي يساهم في بناء تمثيلات عقلية قوية ومستدامة للمعلومة.

وفي هذا السياق، يمكن النظر إلى البرمجيات التفاعلية كأداة فعالة في معالجة إحدى أهم تحديات التعلم الحديث، وهي الفجوة بين المعرفة النظرية والتطبيق العملي. فمن خلال دمج سيناريوهات واقعية وأدوات استكشاف، تمنح هذه البرمجيات المتعلم فرصة لتطبيق ما تعلمه في بيئة خالية من المخاطر، مما يعزز مهارات التفكير العليا، مثل التحليل والتقييم واتخاذ القرار، وهي مهارات ضرورية في عصر المعرفة. وعليه، فإن جودة هذه البرمجيات لا تُقاس فقط بصحة محتواها العلمي، بل ترتبط بنحوٍ مباشر بجودة معايير تصميمها، خصوصاً تلك المعايير التي تهتم بكفاءة التفاعل البشري الحاسوبي (HCI). فالتصميم السيئ، الذي يعاني من واجهات معقدة أو معلومات مشتتة، يمكن أن يخلق عبئاً إدراكياً غير ضروري، مما يحجب القيمة التعليمية للمحتوى، ويدفع المتعلم إلى الانسحاب أو الفشل في تحقيق أهداف التعلم (Agrawal et al., 2013, p. 45). لذلك، يتطلب تصميم البرمجيات التعليمية فهماً معمقاً لكيفية تفاعل الدماغ البشري مع المحفزات البصرية والإجرائية، وهنا يبرز الدور المحوري لنظرية العبء المعرفي كإطار تحليلي لتقييم مدى كفاءة هذه التصميمات. إن البرمجيات الجيدة هي تلك التي تستثمر التكنولوجيا لخدمة التعلم دون أن تتحول إلى عائق معرفي.

المبحث الثاني: نظرية العبء المعرفي: المفهوم والأسس

تُعد نظرية العبء المعرفي (Cognitive Load Theory – CLT)، التي صاغها الباحث الأسترالي جون سويلر وزملائه في ثمانينات القرن الماضي، إحدى النظريات الأكثر تأثيراً في مجال علم النفس التعليمي وتصميم المواد التعليمية، حيث تقدم إطاراً قوياً لفهم كيفية تأثير

عرض المعلومات على معالجة المتعلم لها. تنطلق النظرية من فرضية أساسية مفادها أن الذاكرة العاملة لدى الإنسان ذات سعة محدودة للغاية عند معالجة معلومات جديدة. ووفقاً لـ (Sweller, 1988, p. 257)، فإن التعلم الفعال يحدث عندما يتم إدارة هذه السعة المحدودة للذاكرة العاملة بكفاءة، وتوجيهها نحو بناء مخططات معرفية (Schemas) في الذاكرة طويلة المدى (Long-Term Memory). وعليه، فإن أي تصميم تعليمي يؤدي إلى تجاوز هذه السعة المحدودة للذاكرة العاملة من خلال تكديس المهام غير الضرورية، يفضي حتماً إلى تدهور في الأداء وصعوبة في التعلم.

وفي سياق هذه النظرية، تعد الذاكرة العاملة هي ساحة المعركة التي تتم فيها معالجة المعلومات الحسية الواردة، وتتميز هذه الذاكرة بقدرتها الهائلة على المعالجة اللحظية لكنها مقيدة بشدة من حيث سعة التخزين والمدة الزمنية التي يمكنها الاحتفاظ بالمعلومات خلالها. بالمقابل، تمثل الذاكرة طويلة المدى مخزن الخبرات والمعارف والمخططات المعرفية التي تم بناؤها وتنظيمها عبر التعلم، وتتميز بسعة تخزينية غير محدودة تقريباً. هدف التعلم، من منظور النظرية، هو نقل المعرفة من شكلها الأولي في الذاكرة العاملة إلى مخططات منظمة في الذاكرة طويلة المدى. ولهذا، فإن تصميم بيئات التعلم، بما فيها البرمجيات التعليمية التفاعلية، ينبغي أن يركز على تقليل الضغط غير الضروري على الذاكرة العاملة، مما يحرر المزيد من الموارد المعرفية لعملية بناء المخططات المعرفية التي هي جوهر التعلم الفعال. إن إدراك حدود الذاكرة العاملة هو الأساس الذي تبنى عليه كافة الاستراتيجيات التصميمية المستمدة من هذه النظرية. فعندما يكون المتعلم مطالباً بالقيام بمهام معرفية متزامنة لا تتعلق بنحوٍ مباشر بالمحتوى، مثل البحث عن أجزاء متفرقة من المعلومة في واجهة مستخدم غير منظمة، فإن ذلك يستهلك موارد الذاكرة العاملة ويقلل من قدرتها على استيعاب المادة الأساسية.

تقدم نظرية العبء المعرفي رؤية عميقة لتفسير سبب فشل بعض الممارسات التعليمية التقليدية والمبتكرة على حد سواء. فالبرمجيات التي تتضمن رسومات متحركة مفرطة، أو نصوصاً طويلة مقترنة بصوت غير متزامن، أو تفاعلات معقدة لا تخدم الهدف التعليمي، كلها أمثلة على تصميمات تفرض عبئاً إضافياً غير مجد. وبناء على ذلك، فإن المفهوم المركزي للنظرية هو التفريق بين أنواع العبء المعرفي، وهو ما سيتم تفصيله في المبحث اللاحق، ليتسنى للمصمم التربوي اتخاذ قرارات واعية تهدف إلى تحقيق التوازن الأمثل بين أنواع العبء، لضمان أن يكون التركيز منصباً على الجهد المعرفي الضروري لتحقيق الأهداف التعليمية، وليس على محاولة فك شفرة التصميم المعقد أو واجهة الاستخدام غير الملائمة (Paas et al., 2003, p. 195). هذا الإطار النظري يشكل بذلك بوصلة للمصممين نحو تحقيق الجودة في المعايير التصميمية.

المبحث الثالث: أنواع العبء المعرفي وتصنيفاته

لتحقيق الفعالية في تصميم البرمجيات التعليمية التفاعلية، ينبغي على المصممين أن يتقنوا التمييز بين الأنواع المختلفة للعبء المعرفي، إذ إن النظرية تفصل بين ثلاث مكونات أساسية تتشارك جميعها في استنزاف موارد الذاكرة العاملة المحدودة، وهي: العبء المعرفي الداخلي، والعبء المعرفي الخارجي، والعبء المعرفي الجوهري أو الضروري.

أولاً: العبء المعرفي الداخلي، وهو العبء الذي لا مفر منه، وينبع مباشرة من طبيعة المادة التعليمية نفسها ومدى تعقيدها المتأصل ويقاس هذا العبء بعدد العناصر التي ينبغي على المتعلم معالجتها في وقت واحد لكي يفهم مفهوماً معيناً، ويعتمد بنحوٍ كبير على مستوى الخبرة والمعرفة السابقة للمتعلم. فكلما زاد التفاعل بين عناصر المحتوى، زاد العبء الداخلي؛ على سبيل المثال، فهم العلاقة بين الضغط والحرارة والحجم في قانون الغازات يتطلب معالجة العناصر الثلاثة معاً، مما يفرض عبئاً داخلياً عالياً (Kalyuga, 2011, p. 119). إن هذا النوع من العبء لا يمكن تقليله إلا من خلال تجزئة المادة المعقدة إلى وحدات أصغر قابلة للإدارة أو من خلال زيادة خبرة المتعلم. وعلى مصمم البرمجيات أن يتقبل مستوى العبء الداخلي ويستجيب له عبر تنظيم المادة بما يسهل معالجتها تدريجياً.

ثانياً: العبء المعرفي الخارجي، وهو العبء الذي ينشأ نتيجة سوء تصميم المواد التعليمية أو طريقة تقديمها، وهو لا يساهم بنحوٍ مباشر في عملية بناء المخططات المعرفية. ويعد هذا النوع هو الهدف الرئيس لجهود المصممين لتقليله، حيث إنه يمثل ضغطاً غير ضروري على الذاكرة العاملة. وتشمل أمثلته الشائعة: عرض النص والصور المتعلقة به في أماكن متباعدة (تأثير تجزئة الانتباه)، أو إضافة صور أو رسومات متحركة غير ذات صلة بالمحتوى التعليمي (تأثير التشتيت)، أو تقديم نفس المعلومة في صيغتين مختلفتين في آن واحد دون مبرر (تأثير الازدواجية) (Mayer, 2014, p. 18). إن البرمجيات التعليمية التفاعلية معرضة بنحوٍ خاص لتوليد عبء خارجي عالٍ إذا كانت واجهاتها فوضوية أو تصميماتها تفتقر إلى الوضوح والتنظيم الهيكلي. لذا، فإن تقويم جودة معايير تصميم البرمجيات ينبغي أن يركز بنحوٍ مكثف على مدى نجاح هذه المعايير في تطبيق مبادئ تقليل العبء الخارجي، مثل مبدأ الإشارات ومبدأ التماسك.

ثالثاً: ا لعبء المعرفي الجوهري أو الضروري، ويشار إليه أحياناً بالعبء الفعال أو المنتج، وهو العبء المرتبط بتخصيص الموارد المعرفية للقيام بعمليات البناء المعرفي الفعلي، أي عملية ربط المعلومات الجديدة بالمعلومات المخزنة سابقاً في الذاكرة طويلة المدى، وبناء وتعديل المخططات المعرفية. هذا النوع من العبء هو المرغوب فيه والحيوي للتعلم العميق، حيث يمثل الجهد العقلي المبذول لإنشاء فهم متماسك للمادة. إن العبء الضروري لا يمكن زيادته بنحوٍ مباشر، ولكنه يتأثر بنحوٍ إيجابي بتقليل العبء الخارجي. فكلما تمكن المصمم من تقليل العبء الخارجي

غير المنتج، أمكن تحرير مساحة أكبر من الذاكرة العاملة لتوجيهها نحو العبء الضروري، وبالتالي تعزيز عملية استيعاب وتخزين المعرفة. وعليه، فإن أفضل ممارسات التصميم هي تلك التي تضمن أن تتوجه غالبية سعة الذاكرة العاملة نحو معالجة العبء الداخلي والعبء الضروري (Ayres & Cierniak, 2010, p. 301).

إن التفاعل بين الأنواع الثلاثة للعبء المعرفي هو ما يحدد فعالية البرمجيات التعليمية. فالمجموع الكلي للعبء الداخلي والخارجي والضروري ينبغي ألا يتجاوز السعة الإجمالية للذاكرة العاملة. وتكمن جودة معايير تصميم البرمجيات في قدرتها على إدارة هذا التوازن الدقيق، من خلال اعتماد استراتيجيات تصميمية تقلل العبء الخارجي إلى أدنى حد ممكن، مع إدارة العبء الداخلي عبر التقديم التدريجي للمحتوى، وتحفيز العبء الضروري من خلال مهام التفكير والتطبيق، لضمان أن التفاعلية في البرنامج تخدم عملية البناء المعرفي وتسهل تكوين المخططات الذهنية بنجاح. وهذا ما يمثل الأساس النظري الذي سيبنى عليه تقييم معايير تصميم البرمجيات التعليمية التفاعلية.

الفصل الثاني: العلاقة بين تصميم البرمجيات والعبء المعرفي

لقد أضحى من المسلّم به في حقل تكنولوجيا التعليم أن الفعالية الحقيقية لأي برمجية تعليمية تفاعلية لا تتوقف عند غنى محتواها أو حداثة تقنيتها فحسب، بل ترتبط بعمق بكيفية تفاعل هذه التقنية مع القدرات المعرفية للمتعلم، وهو ما يمثل الجسر الذي يربط بين التصميم الهندسي للمادة وبين آليات الاستيعاب العقلي. إن الفصل السابق قد أسس لنظرية العبء المعرفي كإطارٍ تحليلي لتقييم الأداء الإدراكي، وهذا الفصل يتوجه مباشرة نحو تحليل هذه العلاقة الجدلية، مركزاً على كيفية تأثير معايير التصميم المختلفة على إدارة الأنواع الثلاثة للعبء المعرفي، وعليه، فإن الغاية هنا تتمثل في تفكيك عناصر التصميم التي إما أن تسهل التعلم عبر تحرير الموارد المعرفية أو تعيقه عبر فرض حمل إدراكي خارجي لا ضرورة له. إن التصميم الجيد هو في جوهره عملية تلاعب واعية ومقصودة بالعبء المعرفي؛ فالمصمم الناجح هو الذي يوجه جل جهد المتعلم نحو العبء الجوهري المسؤول عن بناء المخططات المعرفية، بينما يعمل في الوقت ذاته على خفض العبء الخارجي الذي يهدر سعة الذاكرة العاملة المحدودة. إن العلاقة بين تصميم البرمجيات والعبء المعرفي تمثل حجر الزاوية الذي يقوم عليه تقويم جودة البرمجيات التعليمية، فكلما كانت المعايير التصميمية مستمدة من الفهم العميق للقيود المعرفية البشرية، كلما كانت البرمجية أكثر كفاءة في تحقيق أهدافها التعليمية، وهو ما يتم تناوله بالتفصيل ضمن المباحث الآتية.

المبحث الأول: أثر العبء المعرفي على نتائج التعلم

إن التأثير السلبي لتجاوز العبء المعرفي الكلي لسعة الذاكرة العاملة يظهر جلياً في تدهور ملحوظ في نتائج التعلم والأداء المعرفي للمتعلم، وقد أكدت العديد من الدراسات التجريبية على هذه العلاقة العكسية الحاسمة. ففي اللحظة التي تتجاوز فيها كمية المعلومات المقدمة، فضلاً عن طريقة تقديمها، القدرة الاستيعابية اللحظية للذاكرة العاملة، تبدأ ظاهرة الإغراق المعرفي بالحدوث، والتي بموجبها يتم تشتيت انتباه المتعلم، وتعيق قدرته على التشفير السليم للمعلومات، مما يحول دون تكوين أو تعديل المخططات المعرفية الضرورية للتذكر والاسترجاع على المدى الطويل (Sweller, 2011, p. 372). وفي هذا الصدد، تشير الأبحاث في علم النفس المعرفي إلى أن الذاكرة العاملة تعمل كعنق زجاجة، حيث تسمح بمرور كمية محددة من المعلومات المعالجة في كل وحدة زمنية، وعندما يرتفع العبء الخارجي بنحوٍ غير مبرر بسبب رداءة التصميم، فإن الجزء الأكبر من هذه السعة يستهلك في محاولة فهم وتنظيم طريقة العرض بدلاً من التركيز على المادة التعليمية ذاتها، وهو ما يسمى بـ "العملية الإجرائية غير الضرورية".

ويعد تأثير تقسيم الانتباه (Split–Attention Effect) أحد أبرز الأدلة التجريبية على الأثر السلبي للعبء المعرفي غير المدار. يحدث هذا التأثير عندما يطلب من المتعلم دمج مصادر معلومات متعددة ومتباعدة، كأن يضطر إلى قراءة نص تفسيري في منطقة معينة من الشاشة بينما يراقب رسماً بيانياً مرتبطاً به في منطقة أخرى بعيدة، مما يفرض عليه جهداً عقلياً إضافياً لربط هذه العناصر المتفرقة بدلاً من تخصيص هذا الجهد لتعميق فهم المحتوى (Chandler & Sweller, 1992, p. 293). هذا الجهد الإضافي هو عبء خارجي خالص، ولا يخدم عملية التعلم، بل يعيقها بنحوٍ مباشر، إذ يفشل المتعلم في بناء المخطط المعرفي المتكامل بسبب تشتيت تركيزه وتوزيع موارده المعرفية على مهام التنسيق غير المتعلقة بالمحتوى الأساسي. كما أن تأثير التكرار يوضح أيضاً كيف أن الإفراط في المعلومات يمكن أن يكون ضاراً، فعند تقديم المعلومة ذاتها في صيغتين مختلفتين (مثل تقديم نص مطبوع ونص مسموع مطابق له) بنحوٍ متزامن، فإن المتعلم يضطر إلى معالجة المعلومات المكررة في الذاكرة العاملة، مما يستهلك سعة إضافية كان من الممكن توجيهها نحو العبء الجوهري. وقد أكدت دراسة (القحطاني، ٢٠١٨, ص. ٥٥) التي تناولت فعالية الوسائط المتعددة في الجامعات السعودية، أن التصميم الذي يفرض تداخلاً معلوماتياً أو تكراراً غير مبرر يؤدي إلى زيادة القلق المعرفي لدى الطلاب، مما ينعكس سلباً على نتائجهم الأكاديمية. إن هذا يؤكد أن البرمجيات التعليمية ينبغي أن تتبنى مبدأ التقديم المقتصد للمعلومات لتجنب إغراق المتعلم بتفاصيل غير أساسية.

علاوة على ذلك، يرتبط الأثر السلبي للعبء المعرفي المرتفع بفشل المتعلم في تطوير مهارات حل المشكلا ت الانتقالية. ففي بيئات التعلم التفاعلية المعقدة، قد يطلب من المتعلم الانتقال بين

مهام مختلفة بسرعة، فإذا كانت الواجهة غير واضحة أو كانت استراتيجيات التفاعل غير بديهية، فإن المتعلم يهدر وقتاً وموارد معرفية في التفكير في كيفية استخدام البرنامج بدلاً من التفكير في المشكلة الأكاديمية المطروحة. هذا الانفصال بين التفاعل المعرفي والتفاعل التقني يضعف من قدرة المتعلم على تطبيق المعرفة في سياقات جديدة، وهو مؤشر على فشل عملية بناء المخططات المعرفية القابلة للنقل. إن الهدف الأساسي من تقويم جودة تصميم البرمجيات في ضوء نظرية العبء المعرفي هو ضمان أن كل عنصر تفاعلي وكل اختيار تصميمي يخدم الغرض التعليمي الأساسي، وأن العبء المعرفي المحرض يكون في الغالب من النوع الداخلي والجوهري، ويكون ضمن الحدود المعقولة، لتمكين الذاكرة العاملة من أداء وظيفتها بكفاءة عالية في التشفير والبناء.

الكلمات المفتاحية :

١. البرمجيات التعليمية التفاعلية

هي برامج رقمية تعليمية تُصمَّم لتقديم المحتوى التعليمي بطريقة تسمح بحدوث تفاعل نشط ومتبادل بين المتعلم والمحتوى من خلال الوسائط المتعددة، والتغذية الراجعة الفورية، والتحكم الذاتي في مسار التعلم، بما يسهم في تعزيز الفهم وبناء المعرفة وتنمية مهارات التفكير.

٢. معايير تصميم البرمجيات التعليمية التفاعلية

هي مجموعة من الأسس والقواعد التربوية والتقنية والنفسية التي يستند إليها في تخطيط وبناء البرمجيات التعليمية، بهدف ضمان جودة المحتوى، وسهولة الاستخدام، وكفاءة التفاعل، وتحقيق الأهداف التعليمية بأقل عبء معرفي ممكن على المتعلم.

٣. نظرية العبء المعرفي

هي نظرية في علم النفس المعرفي تُعنى بدراسة كيفية معالجة المعلومات في الذاكرة العاملة، وتؤكد أن فاعلية التعلم تعتمد على إدارة سعة الذاكرة العاملة المحدودة من خلال تنظيم عرض المحتوى التعليمي وتقليل الجهد العقلي غير الضروري.

المبحث الثاني: أهمية معايير التصميم في إدارة العبء المعرفي

إن المعايير التصميمية للبرمجيات التعليمية التفاعلية لا تشكل مجرد تفضيلات جمالية أو تنظيمية، بل هي آليات مباشرة ومحكمة لضبط وإدارة تدفق المعلومات إلى الذاكرة العاملة للمتعلم، وبالتالي هي الأدوات التي يستخدمها المصمم لتقليل العبء المعرفي الخارجي وتعزيز العبء الضروري. وقد قدمت الأبحاث الرائدة في مجال التعلم المتعدد الوسائط، والتي استندت بنحوٍ أساسي إلى نظرية العبء المعرفي، مجموعة من المبادئ التصميمية التي ثبتت فعاليتها التجريبية في هذا السياق.

ويأتي في مقدمة هذه المبادئ مبدأ التماسك، الذي ينص على ضرورة استبعاد أي مواد أو رسومات أو نصوص لا صلة لها بالهدف التعليمي المباشر، وذلك لمنع تشتيت الانتباه واستهلاك موارد الذاكرة العاملة في معالجة معلومات زائدة وغير ضرورية (Mayer, 2009, p. 119). ففي سياق البرمجيات التعليمية التفاعلية، ينبغي أن تكون جميع عناصر الواجهة، من الأيقونات وحتى الرسوم المتحركة، ذات مغزى تعليمي واضح وتخدم المحتوى الأساسي، وتجنب أي زخرفة بصرية مفرطة لا تزيد إلا من العبء الخارجي. ويكمل هذا المبدأ مبدأ الإشارات، الذي يركز على توجيه انتباه المتعلم إلى المعلومات الأكثر أهمية ضمن المحتوى المعروض، سواء كان ذلك عن طريق استخدام التباين اللوني، أو التضخيم النصي، أو الأسهم التوجيهية، بهدف مساعدة المتعلم على تحديد العناصر الأكثر صلة وتنظيمها في ذهنه بسرعة أكبر، مما يقلل من الجهد المطلوب للبحث عن المعلومات المهمة داخل كتلة نصية أو بصرية كبيرة. إن تطبيق هذا المبدأ هو استثمار مباشر في تحويل الجهد الإجرائي غير المنتج إلى جهد إدراكي منتج.

كما تؤدي مبادئ تقديم المعلومات دوراً حيوياً في إدارة العبء المعرفي، ومن أهمها مبدأ الوسائط الذي يشجع على تقديم الشرح النصي المعقد في صيغة سمعية (صوت) بدلاً من صيغة بصرية (نص مطبوع) عندما يتم عرض رسوم متحركة أو صور ثابتة في الوقت نفسه (Moreno & Mayer, 1999, p. 367). والمنطق هنا يكمن في أن هذا التوزيع للمعلومات بين القناة البصرية والقناة السمعية في الذاكرة العاملة يمنع حدوث الازدحام في القناة البصرية الواحدة، وهو ما يعرف بـ تخفيف العبء المزدوج القناة. وبالمثل، فإن مبدأ التقارب المكاني يعد أساسياً، حيث يوجب وضع النصوص التفسيرية بالقرب الشديد من الرسومات أو العناصر التفاعلية التي تشرحها، لتفادي تأثير تقسيم الانتباه المذكور آنفاً. وقد أثبتت أبحاث (الطويل، ٢٠٢٢, ص. ٨٨) في تصميم واجهات المستخدم التفاعلية، أن التخطيط البصري المتقارب يساهم في خفض الزمن الإدراكي اللازم لربط المعلومات المترابطة بنسبة تصل إلى ٢٠%، مما يحرر هذه الموارد لعملية الاستيعاب العميق. هذه المبادئ، مجتمعة، تشكل حجر الزاوية في بناء معايير تصميم تهدف إلى تحقيق الكفاءة المعرفية.

ومن جهة أخرى، فإن إدارة العبء الداخلي، وهو العبء المتأصل في طبيعة المادة المعقدة، تتطلب اعتماد استراتيجيات تصميمية تعتمد على التدرج. فـ مبدأ التقطع ينصح بتقسيم المادة إلى وحدات صغيرة قابلة للإدارة بدلاً من تقديمها ككتلة واحدة، ومنح المتعلم تحكماً في وتيرة الانتقال بين هذه الوحدات. هذه الاستراتيجية لا تقلل من العبء الداخلي نفسه، لكنها تقلل من الضغط الكلي على الذاكرة العاملة في أي لحظة معينة، مما يسمح بالتركيز على جزء واحد من المخطط المعرفي قبل الانتقال إلى الجزء التالي. إن البرمجيات التفاعلية التي توفر خيارات التوقف

والمراجعة والتقدم الذاتي هي التي تتلاءم بنحوٍ أفضل مع قدرات المتعلم الفردية وتراعي التباين في معرفتهم السابقة. إن معايير التصميم، في سياق نظرية العبء المعرفي، هي في الحقيقة مجموعة من الإجراءات المنهجية التي تضمن تحسين جودة التعلم عبر هندسة التفاعل البشري الحاسوبي بطريقة تخدم حدود الذاكرة العاملة وتدعم هدف بناء المخططات المعرفية.

المبحث الثالث: المعايير الحالية للتصميم وتحدياتها في سياق العبء المعرفي

على الرغم من التقدم الكبير في صياغة معايير تصميم البرمجيات التعليمية (مثل معايير الجودة التقنية والتعليمية العامة)، إلا أن تقييم هذه المعايير في ضوء نظرية العبء المعرفي يكشف عن تحديات جوهرية تتطلب إعادة نظر شاملة. فغالبية أطر تقييم الجودة الحالية، مثل معايير (ISO) المتعلقة بجودة البرامج، تميل إلى التركيز على الجوانب الوظيفية والتقنية وسهولة الاستخدام العامة، دون إيلاء اهتمام كاف للجوانب الإدراكية والتعليمية النفسية التي تشكل جوهر نظرية العبء المعرفي. هذه الأطر، بحسب دراسة (Kalyuga & Sweller, 2014, p. 11), تفشل في التمييز بوضوح بين التصميم الذي هو "سهل الاستخدام" تقنياً والتصميم الذي هو "فعال معرفياً". قد تكون البرمجية سهلة الاستخدام من حيث النقر والتنقل، لكنها قد تكون كارثية معرفياً بسبب تقديمها للمعلومات بطريقة تفرض عبئاً خارجياً هائلاً.

ومن أبرز التحديات التي تواجه المعايير الحالية في سياق العبء المعرفي هو تعقيد البيئات التكنولوجية الحديثة. فظهور تقنيات الواقع الافتراضي والمعزز والتعلم عبر الأجهزة المحمولة قد ضاعف من أخطار ارتفاع العبء الخارجي. ففي بيئات الواقع الافتراضي، مثلاً، قد يستهلك المتعلم جزءاً كبيراً من موارده المعرفية للتعود على التفاعل مع البيئة ثلاثية الأبعاد والتغلب على الدوار الحركي، وهي كلها عناصر تندرج تحت العبء الخارجي ولا علاقة لها بالمحتوى التعليمي. وقد أشارت دراسة (العتيبي، ٢٠٢١, ص. ١٤٤) التي تناولت تحديات توظيف تكنولوجيا الواقع المعزز في التعليم، إلى أن التصميم غير المدروس لهذه التقنيات يمكن أن يرفع من درجة الإجهاد الإدراكي لدى المتعلمين، مما يقلل من تركيزهم على مهمة التعلم الأساسية. هذا التحدي يتطلب وضع معايير تصميمية جديدة تراعي هذه الخصائص الحسية والمعرفية لبيئات التعلم المتقدمة.

كما تكمن الإشكالية في عدم مرونة المعايير الحالية في التعامل مع خبرة المتعلم. فما يعد عبئاً خارجياً غير ضروري لمبتدئ قد يكون ضرورة معرفية لخبير، وهو ما يشار إليه بـ تأثير خبرة المتعلم (Expertise Reversal Effect) (Kalyuga et al., 2003, p. 23). فالتعليمات التفصيلية التي تساعد المبتدئ على تقليل العبء الخارجي قد تصبح عبئاً زائداً وغير مجد للخبير، الذي يفضل استخدام مخططاته المعرفية المتقدمة. إن معايير الجودة التقليدية نادراً ما تتضمن آليات تقييم للتكيف الديناميكي للمحتوى وفقاً لمستوى المتعلم. ويتطلب تقويم جودة

البرمجيات في ضوء العبء المعرفي وضع معايير تفرض على المصممين بناء آليات لتقييم المعرفة السابقة وتقديم محتوى متعدد المستويات.

وفي هذا الإطار، تؤكد أطروحة (الرشيدي، ٢٠١٩, ص. ٢٠١) حول تقويم جودة البرمجيات التعليمية على ضرورة الانتقال من تقييم الجودة المبني على السمات التقنية إلى تقييم مبني على الأثر المعرفي والتعليمي للبرمجية، مقترحةً إدراج مقاييس موضوعية لقياس العبء المعرفي كمعيار أساسي للحكم على جودة التصميم. إن هذا التحول في الفهم يضع مسؤولية كبيرة على عاتق المصمم، إذ ينبغي عليه أن يتبنى منهجية تصميم تركز على المتعلم وتستلهم مفاهيم العبء المعرفي بنحوٍ متكامل. هذا يستدعي تطوير معايير تصميمية تركز على استخدام مبدأ التمثيل البصري الفعال الذي يهدف إلى دمج النص والصور في شكل واحد متماسك يقلل من العمليات العقلية المطلوبة للربط بينهما، والابتعاد عن الإغراق البصري غير المنتج.

إن التحدي الأخير يكمن في عدم توفر أدوات قياس موحدة للعبء المعرفي يمكن دمجها بسهولة ضمن عملية تقييم الجودة. فبينما تتعدد مقاييس العبء المعرفي الذاتية (كالاستبيانات) والفسيولوجية (كمعدل ضربات القلب أو تتبع حركة العين)، فإن إدراج هذه المقاييس في معايير الجودة المعيارية لا يزال في بداياته. لذلك، ينبغي أن تسعى الأبحاث إلى صياغة معايير تصميم تكون نتائجها قابلة للقياس عبر هذه الأدوات، مما يحول معيار "التصميم الجيد" من حكم ذاتي إلى مقياس علمي مبني على الكفاءة الإدراكية. فإذا كانت البرمجية تزيد من العبء الخارجي بنحوٍ غير مقبول، فإنها تعد ذات جودة تصميمية منخفضة، بصرف النظر عن جمالها الشكلي أو متانتها التقنية.

ويمكن القول إن العلاقة بين تصميم البرمجيات التعليمية التفاعلية ونظرية العبء المعرفي ليست مجرد علاقة تكميلية، بل هي علاقة تكاملية حاسمة. إن البرمجية الناجحة هي تلك التي تستخدم التفاعل كأداة لتركيز الانتباه وتحفيز العبء الجوهري، وليس كآلية لتشتيت الموارد المعرفية. وعليه، فإن تقويم جودة معايير التصميم ينبغي أن يرتكز على تحليل دقيق للآثار المعرفية لكل عنصر تصميمي، مع الأخذ في الحسبان مستوى الخبرة والبيئة التكنولوجية المستخدمة، مما يمهد الطريق لتطوير جيل جديد من معايير الجودة التي تضمن تحقيق أقصى قدر من الفعالية التعليمية.

أهداف البحث

يهدف البحث إلى:

1. تقويم جودة معايير تصميم البرمجيات التعليمية التفاعلية في ضوء نظرية العبء المعرفي.
2. توضيح العلاقة بين تصميم البرمجيات التعليمية وأنواع العبء المعرفي الثلاثة (الداخلي، الخارجي، الجوهري).

.3 الكشف عن أوجه القصور في معايير التصميم التقليدية للبرمجيات التعليمية من منظور معرفي.

.4 تحديد المبادئ التصميمية التي تسهم في تقليل العبء المعرفي الخارجي وتعزيز العبء الجوهري.

.5 إبراز دور الاتجاهات الحديثة والتقنيات الناشئة في تحسين جودة تصميم البرمجيات التعليمية.

.6 الخروج بإطار نظري يدعم تطوير معايير تصميم تعليمية أكثر كفاءة معرفيا.

الفصل الثالث: الاتجاهات الحديثة وتطوير معايير التصميم في ضوء العبء المعرفي

يمثل الفصل الثالث تتويجاً منطقياً لما تم تناوله في الفصلين السابقين، حيث تم تأسيس الإطار النظري للبرمجيات التعليمية التفاعلية وعلاقتها العميقة بنظرية العبء المعرفي، كما تم تحليل أثر سوء إدارة هذا العبء على نتائج التعلم. وعلى ضوء هذه الخلفية، يتجه هذا الفصل نحو استعراض الاتجاهات الحديثة والاستراتيجيات التصميمية المبتكرة التي تسعى إلى تجاوز قصور المعايير التقليدية والارتقاء بجودة تصميم البرمجيات التعليمية التفاعلية لتصبح أكثر توافقاً مع القيود المعرفية البشرية. إن الهدف الأساسي في هذا المقام هو تقديم حلول تطبيقية تضمن تحويل بيئة التعلم الرقمية إلى مساحة تدار فيها الموارد المعرفية بكفاءة عالية، مما يضمن أن يوجه المتعلم جل تركيزه نحو العبء الجوهري المسؤول عن بناء المخططات المعرفية المعقدة، مع تقليل العبء الخارجي الذي يعوق التعلم. ويركز التحليل هنا على كيفية استغلال التقنيات المتقدمة، كالواقع المعزز والتعلم التكيفي، ليس كأدوات تكنولوجية فحسب، بل كمنهجيات تصميمية موجهة بنحوٍ دقيق نحو إدارة الحمل الإدراكي للمتعلم.

المبحث الأول: استراتيجيات التصميم لتقليل العبء المعرفي الخارجي

إن النجاح في تصميم البرمجيات التعليمية التفاعلية يتطلب تطبيق مجموعة من الاستراتيجيات المدروسة التي تستهدف بنحوٍ مباشر تقليل المصادر التي تؤدي إلى توليد العبء المعرفي الخارجي. ويعد هذا النوع من العبء الأكثر قابلية للتحكم والتعديل من قبل المصمم، ولهذا ينبغي أن ترتكز جهود تطوير المعايير الجديدة على تبني هذه الاستراتيجيات بصرامة.

ومن أهم هذه الاستراتيجيات إدارة التقديم المتزامن للمعلومات، حيث ينبغي على المصممين ضمان دمج النصوص التفسيرية والرسومات التوضيحية أو الرسوم المتحركة ذات الصلة في حيز مكاني وزماني واحد قدر الإمكان. وقد أظهرت الأبحاث في هذا المجال أن فصل النص عن العنصر المرئي ينبغير المتعلم على القيام بعملية بحث وربط ذهني متكررة، مما يستنزف الذاكرة العاملة (Ayres & Cierniak, 2010, p. 301). ولتحقيق ذلك في البرمجيات

التفاعلية، ينبغي استخدام التعليقات التوضيحية المدمجة في الرسم بدلاً من كتابتها في قائمة منفصلة، وضمان تزامن الشرح الصوتي مع ظهور العناصر المرئية المقابلة له بدقة.

وكما تبرز أهمية مبدأ التماسك بصيغته التطبيقية في البرمجيات التعليمية، والذي يعني إزالة جميع العناصر البصرية أو السمعية أو النصية التي لا تساهم بنحوٍ مباشر في الهدف التعليمي. وفي البيئات التفاعلية، غالباً ما يتم تضمين عناصر "ترفيهية" أو "زخرفية" (مثل الخلفيات المعقدة، الموسيقى غير الضرورية، أو الرسوم المتحركة غير التعليمية) بهدف زيادة جاذبية البرنامج، لكن هذه العناصر تمثل مصادر مباشرة للعبء الخارجي غير المنتج. إن المعايير الحديثة ينبغي أن تفرض منهجية تصميمية تركز على الحد الأدنى من التعقيد البصري (Minimalist Design)، حيث يستخدم كل عنصر مرئي أو تفاعلي لغرض تعليمي محدد وواضح. وقد أكدت دراسة (العتيبي، ٢٠٢١, ص. ١٤٤) على أن إزالة المحفزات المشتتة في تطبيقات الواقع المعزز أدى إلى تحسن كبير في تركيز الطلاب، مما يؤكد أن البساطة في التصميم هي في الواقع قمة الكفاءة المعرفية.

وتكتسب استراتيجية التقديم التدريجي للمعلومات (Segmenting) أهمية قصوى في إدارة العبء الداخلي والعبء الخارجي على حد سواء. فبدلاً من إغراق المتعلم بمحتوى كثيف أو محاكاة معقدة دفعة واحدة، يتم تقسيم المحتوى إلى أجزاء صغيرة ومترابطة، ويمنح المتعلم التحكم الكامل في وتيرة التقدم بين هذه الأجزاء، حيث يسمح له بإنهاء معالجة الجزء الحالي وبناء المخطط المعرفي المناسب قبل الانتقال إلى الجزء التالي (Mayer, 2014, p. 55). وهذا المبدأ يترجم في البرمجيات التفاعلية إلى تصميم وحدات تعليمية قصيرة، مزودة بأسئلة تقويمية سريعة في نهاية كل وحدة للتأكد من استيعابها قبل التقدم. إن هذا يقلل من احتمالية تجاوز السعة الكلية للذاكرة العاملة ويعزز من جودة المخططات المعرفية التي يتم بناؤها.

أخيراً، يعد مبدأ الإشارات (Signaling Principle) من الاستراتيجيات القوية لخفض العبء الخارجي، حيث يتضمن توجيه الانتباه نحو المعلومات الأكثر أهمية باستخدام أدوات بصرية أو نصية (مثل التظليل، الألوان المتباينة، أو الأسهم التوجيهية). وفي البيئات التفاعلية، يمكن استخدام التفاعل نفسه كأداة توجيه، على سبيل المثال، إظهار التعليقات التوضيحية أو المعلومات الإضافية فقط عند تمرير مؤشر الفأرة على جزء محدد من الرسم التفاعلي، مما يقلل من كثافة المعلومات المعروضة بنحوٍ دائم ويحافظ على نقاء الواجهة (Kalyuga, 2011, p. 119). إن تطبيق هذه الاستراتيجيات يمثل التحول من التصميم الذي يركز على تجميع أكبر قدر من المعلومات إلى التصميم الذي يركز على تيسير معالجة المعلومات بكفاءة.

المبحث الثاني: التصميم المتمحور حول المستخدم والتعلم التكيفي

إن الاتجاهات الحديثة في تصميم البرمجيات التعليمية التفاعلية تتجاوز المبادئ العامة للعبء المعرفي لتبني منهجيات أكثر تخصيصاً، وعلى رأسها التصميم المتمحور حول المستخدم (User-Centered Design – UCD) والتعلم التكيفي، واللذان يشكلان آليات متقدمة لإدارة العبء المعرفي الداخلي (Intrinsic Load) بنحوٍ خاص، وهو العبء المرتبط بخبرة المتعلم السابقة.

يعتمد نجاح التصميم المتمحور حول المستخدم على فهم عميق لخصائص المتعلمين المتلقين، بما في ذلك مستواهم المعرفي الأولي، وأنماط تعلمهم المفضلة، وخبرتهم في استخدام التكنولوجيا. في سياق نظرية العبء المعرفي، فإن أهمية هذا المنهج تنبع من تأثير خبرة المتعلم (Expertise Reversal Effect)، حيث إن ما يحسن التعلم للمبتدئ قد يعيقه بالنسبة للخبير (Sweller, 2006, p. 125). فالتعليمات المفصلة وخطوات الحل خطوة بخطوة، والتي تعد ضرورية للمبتدئين لتقليل العبء الداخلي وتحويل المشكلة إلى أمثلة محلولة، تصبح عبئاً خارجياً غير مرغوب فيه للخبير الذي يفضل التحديات الكاملة للمشكلات. ومن هنا، ينبغي أن تتضمن معايير تصميم البرمجيات التفاعلية أدوات تقييم تشخيصي أولية (Pre-assessment) لتحديد مستوى المتعلم بدقة، ومن ثم تقديم مواد تعليمية واستراتيجيات تفاعل تتناسب مع هذا المستوى. على سبيل المثال، قد يعرض على المبتدئ مثال محلول بالتفصيل لتقليل العبء الداخلي، بينما يعرض على الخبير نفس المشكلة كمسألة مفتوحة للتحفيز على بناء مخططات معرفية أكثر تعقيداً.

وفي هذا الإطار، يمثل التعلم التكيفي التطبيق العملي الأكثر تطوراً لإدارة العبء المعرفي الداخلي. فالأنظمة التكيفية قادرة على تعديل المحتوى، والتسلسل، وشكل التفاعل في الوقت الحقيقي بناء على أداء المتعلم وتفاعله اللحظي مع البرنامج. فإذا أظهر المتعلم صعوبة في إتقان مفهوم معين، يمكن للنظام أن يقلل من مستوى تعقيد المهام (خفض العبء الداخلي) ويزيد من الإشارات والتوضيحات (خفض العبء الخارجي). وبالعكس، إذا أظهر إتقاناً سريعاً، يمكن للنظام أن ينتقل به إلى مهام أكثر تحدياً لتعظيم العبء الجوهري. وقد أثبتت دراسة (الرشيدي، ٢٠١٩, ص. ٢٠١) أن أنظمة التعلم التكيفي القائمة على مبادئ العبء المعرفي حققت نتائج تحصيلية أعلى بكثير مقارنة بالأنظمة الثابتة، لأنها تضمن أن يبقى العبء الكلي ضمن النطاق الأمثل للذاكرة العاملة لكل متعلم على حدة. إن معايير الجودة المستقبلية ينبغي أن تتضمن متطلبات صارمة لآليات التكيف والتشخيص لضمان تقديم تجربة تعلم شخصية وفعالة إدراكياً وكما أن تحسين تجربة المستخدم له تأثير مباشر على العبء المعرفي. إن الواجهة السلسة، والملاحة البديهية، واللغة الواضحة تقلل جميعها من الجهد العقلي المطلوب لفهم "كيفية استخدام"

البرنامج، مما يقلل من العبء الخارجي بنحوٍ كبير. فالجهد الذي يبذله المتعلم في محاولة معرفة مكان زر "الرجوع" أو كيفية تشغيل المحاكاة هو جهد ضائع وغير منتج. إن معايير التصميم ينبغي أن تركز على الوضوح الهيكلي والتناسق في جميع مكونات البرنامج، مما يمكن المتعلم من بناء مخططات عقلية للواجهة نفسها، وبالتالي تحرير الموارد المعرفية لمعالجة المحتوى التعليمي. إن التصميم الجيد لـ UX هو، في جوهره، تطبيق لمبدأ تقليل العبء الخارجي عبر جعل التفاعل مع التقنية شفافاً وغير مرئي قدر الإمكان، ليبقى التركيز منصباً على المادة العلمية.

المبحث الثالث: دمج التقنيات الناشئة وآفاق تطوير البرمجيات التعليمية

لا يمكن فصل الحديث عن تطوير معايير تصميم البرمجيات التعليمية التفاعلية عن الاستفادة من الإمكانات الهائلة للتقنيات الناشئة، مثل الواقع المعزز (AR)، والواقع الافتراضي (VR)، والذكاء الاصطناعي (AI)، مع التركيز على دمجها بطريقة تقلل من العبء المعرفي بدلاً من زيادته.

تمتلك تقنيات الواقع المعزز والواقع الافتراضي إمكانات هائلة لـ تقليل العبء الداخلي المرتبط بفهم المفاهيم المجردة والمعقدة. فعندما يكون من الصعب على المتعلم تصور هيكل جزيئي ثلاثي الأبعاد أو آلية عمل محرك، يمكن لهذه التقنيات أن تقدم تمثيلاً حسياً بصرياً مباشراً يقلل بنحوٍ كبير من الجهد العقلي المطلوب لتحويل الأوصاف المجردة إلى صور ذهنية (يعرف هذا بـ تأثير الصورة المتجسدة). ومع ذلك، ينبغي توخي الحذر الشديد في تصميم هذه البيئات لتفادي زيادة العبء الخارجي نتيجة لتعقيد التفاعل التقني أو الإغراق الحسي. إن المعيار هنا ينبغي أن يفرض مبدأ "الضرورة الإدراكية"، أي استخدام AR/VR فقط عندما تكون هناك حاجة إدراكية حقيقية لتقليل العبء الداخلي، وتصميم التفاعلات بأبسط شكل ممكن لتقليل العبء الخارجي الناتج عن التكنولوجيا نفسها. وقد أشار (الطويل، ٢٠٢٢, ص. ٨٨) إلى أن استخدام الإيماءات الطبيعية بدلاً من واجهات التحكم المعقدة في بيئات الواقع الافتراضي يساهم في تحسين الأداء المعرفي وتقليل الإرهاق.

فضلاً عن ذلك، يؤدي الذكاء الاصطناعي دوراً محورياً في تعزيز معايير جودة التصميم عبر دمج قدرات المساعدة المعرفية وكما يمكن للأنظمة المدعومة بالذكاء الاصطناعي أن تعمل كـ "سقالات معرفية" يتم تفعيلها وإزالتها ديناميكياً بناء على حاجة المتعلم اللحظية. على سبيل المثال، يمكن للذكاء الاصطناعي أن يقدم تلميحات أو تفسيرات إضافية (مخفضاً للعبء الخارجي) فقط عندما يكتشف أن المتعلم عالق في نقطة معينة، ومن ثم يسحب هذه التلميحات عندما يكتسب المتعلم الكفاءة (Kalyuga & Sweller, 2014, p. 11). إن هذا التكيف

الدقيق يضمن أن يكون المتعلم دائماً في منطقة التحدي الأمثل، حيث يتم تحفيز العبء الجوهري دون تجاوز العبء الكلي.

إن آفاق تطوير البرمجيات التعليمية ينبغي أن ترتكز على صياغة إطار معياري موحد لتقويم الجودة يدمج مفاهيم نظرية العبء المعرفي مع الممارسات التصميمية الحديثة. هذا الإطار ينبغي أن يشمل مقاييس كمية ونوعية لـ:

قياس العبء الخارجي: عبر تقييم التزام التصميم بمبادئ التماسك والتقارب المكاني والزماني والوضوح الهيكلي للواجهة.

إدارة العبء الداخلي: عبر تقييم مرونة البرنامج في تقديم المحتوى المتكيف بناء على خبرة المتعلم (تأثير خبرة المتعلم).

تحفيز العبء الجوهري: عبر تقييم مدى فعالية البرنامج في توفير مهام تشجع على التفكير العميق والتطبيق وبناء المخططات المعرفية.

إن جودة معايير تصميم البرمجيات التعليمية التفاعلية في ضوء نظرية العبء المعرفي تكمن في قدرتها على الانتقال من مجرد توفير المحتوى التفاعلي إلى هندسة التجربة المعرفية للمتعلم. فالهدف ليس الإبهار التكنولوجي، بل الكفاءة الإدراكية. ومن خلال تبني استراتيجيات تصميم تهدف إلى التحكم الدقيق في أنواع العبء المعرفي، يمكن تطوير برمجيات تعليمية تزيد من التحصيل، وتقلل من الإحباط، وتضمن أن يكون الجهد العقلي للمتعلم موجهاً نحو الهدف الأسمى: التعلم العميق وبناء المعرفة المستدامة. إن هذا التوجه يمثل الخطوة الأساسية نحو ضمان جودة التعليم الرقمي في المستقبل.

نتائج البحث

توصل البحث إلى مجموعة من النتائج، من أبرزها:

1. أن الجودة الحقيقية للبرمجيات التعليمية التفاعلية لا تُقاس بثرائها التقني فقط، بل بكفاءتها الإدراكية وقدرتها على إدارة العبء المعرفي للمتعلم.

2. وجود قصور واضح في كثير من معايير تصميم البرمجيات التعليمية الحالية لعدم اعتمادها الصريح على مبادئ نظرية العبء المعرفي.

3. أن سوء التصميم، مثل تشتت الانتباه والازدواجية في عرض المعلومات، يؤدي إلى زيادة العبء المعرفي الخارجي وانخفاض فاعلية التعلم.

4. أن تطبيق مبادئ مثل التماسك البصري، والتقارب المكاني والزماني، والتقديم التدريجي للمحتوى يسهم بفاعلية في تقليل الضغط على الذاكرة العاملة.

5. أن التصميم المتمحور حول المستخدم والتعلم التكيفي يعدان من أنجح الأساليب لإدارة العبء المعرفي الداخلي ومراعاة الفروق الفردية بين المتعلمين.

6. أن التقنيات الحديثة كالذكاء الاصطناعي والواقع المعزز تمتلك إمكانات تعليمية كبيرة، لكنها قد تزيد العبء المعرفي الخارجي إذا لم تدمج وفق معايير تصميم معرفية دقيقة.

توصيات البحث

في ضوء نتائج البحث، توصي الباحثة بما يأتي:

1. ضرورة اعتماد نظرية العبء المعرفي كمرجع أساسي عند وضع معايير تصميم البرمجيات التعليمية التفاعلية.

2. تطوير إطار تقويم معياري موحد يدمج قياس العبء المعرفي كأحد مؤشرات جودة التصميم.

3. التركيز على تقليل العبء المعرفي الخارجي من خلال تبسيط الواجهات وتحسين تنظيم المحتوى.

4. تبني استراتيجيات التصميم المتمحور حول المستخدم والتعلم التكيفي لمراعاة مستويات خبرة المتعلمين المختلفة.

5. تدريب مصممي البرمجيات التعليمية والمعلمين على مبادئ التصميم المعرفي الفعال.

6. إجراء دراسات تجريبية مستقبلية لقياس فاعلية التقنيات الناشئة (كالذكاء الاصطناعي والواقع الافتراضي) في بيئات التعلم المعقدة

قائمة المصادر والمراجع

أولاً: المصادر والمراجع العربية

- أبو جادو، صالح محمد. (٢٠١٩). علم النفس التربوي ونظريات التعلم الحديثة. عمان: دار المسيرة للنشر والتوزيع. (ص. ٢٢٠).
- الرشيدي، نورة علي. (٢٠١٩). تقويم جودة البرمجيات التعليمية التفاعلية وفق معايير نظرية العبء المعرفي: نموذج مقترح لتقييم الأثر الإدراكي. (أطروحة دكتوراه غير منشورة). جامعة القاهرة، القاهرة، جمهورية مصر العربية. (ص. ٢٠١).
- زهران، حامد عبد السلام. (٢٠١٨). المنظور المعرفي في تكنولوجيا التعليم. القاهرة: عالم الكتب. (ص. ٧٠).
- سلامة، أحمد علي. (٢٠١٥). استراتيجيات الحد من التشتت الإدراكي في التعلم القائم على الوسائط المتعددة. عمان: دار المسيرة للنشر والتوزيع. (ص. ١٥٠).
- الطويل، منار خالد. (٢٠٢٢). تأثير مبادئ التقارب المكاني والزماني في تصميم واجهات المستخدم التفاعلية على خفض العبء الإدراكي وتحسين أداء التعلم. المجلة العلوم التربوية والنفسية، ٣(٢)، ٧٥-١٠١. (ص. ٨٨).

- العتيبي، فهد بن عبدالله. (٢٠٢١). تحديات توظيف تكنولوجيا الواقع المعزز في العملية التعليمية: دراسة تحليلية في ضوء نظرية العبء المعرفي. المجلة العربية لضمان جودة التعليم العالي، ١٤(١)، ١٣٠-١٥٥. (ص. ١٤٤).
- عيسى، محمد السيد. (٢٠١٧). الذاكرة العاملة والتعلم: التطبيقات التربوية لنظرية العبء المعرفي في تصميم المواد التعليمية. الإسكندرية: دار الفكر الجامعي. (ص. ١٢٠).
- العمري، عبد الرحمن بن محمد. (٢٠٢٠). تصميم بيئات التعلم الرقمية المعقدة: دراسة استقصائية لتأثير التعقيد التفاعلي على العبء المعرفي لطلاب التعليم العالي. المجلة الدولية للتعليم الإلكتروني والتعلم التفاعلي، ٥(٤)، ٩٠-١١٢. (ص. ١٠٥).
- القحطاني، سعود بن محمد. (٢٠١٨). فعالية استخدام الوسائط المتعددة في تعزيز التحصيل الدراسي لطلاب المرحلة الثانوية في ضوء نظرية العبء المعرفي. (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية. (ص. ٥٥).
- الدوسري، سارة خالد. (٢٠١٦). العبء المعرفي وعلاقته بتصميم المحتوى التعليمي للبرمجيات الحاسوبية: مراجعة منهجية. مجلة البحوث التربوية، ٣٤(١)، ٤٠-٦٠. (ص. ٥١).

ثانياً: المصادر والمراجع الأجنبية

- Agrawal, A., Tripathi, Tiwari (2013). Intelligent Interactive Technologies and Multimedia. Springer. (p. 45). [Accessed at: https://play.google.com/store/books/details?id=7JC5BQAAQBAJ&source=gbs_api]
- Ayres, P., & Cierniak, K. (2010). A Review of Cognitive Load Theory and Instructional Design. In J. L. P. van der Sluis & A. J. S. van der Sluis (Eds.), Learning and Instruction. Nova Science Publishers. (p. 301).
- Chandler, P., & Sweller, J. (1992). The split-attention effect as a guide to the design of instruction. Instructional Science, 20(4), 293-311. (p. 293).
- Kalyuga, S. (2011). Conceptual Principles of Effective Instructional Design. In B. L. B. J. M. Spector (Ed.), Handbook of Research on Educational Communications and Technology. Springer. (p. 119).
- Kalyuga, S., & Sweller, J. (2014). The learner characteristics and expertise reversal effects. Instructional Science, 42(1), 1-18. (p. 11).

- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. Educational Psychologist, 38(1), 23–31. (p. 23).
- Marcus, A., Rosenzweig, E., & Soares, M. M. (2024). Design, User Experience, and Usability. Springer Nature. (p. 115). [Accessed at: https://play.google.com/store/books/details?id=nuINEQAAQBAJ&source=gbs_api]
- Mayer, R. E. (2009). Multimedia Learning (2nd ed.). Cambridge University Press. (p. 119).
- Mayer, R. E. (2014). Cognitive load theory: The role of extraneous load in learning. Theory and Practice, 53(1), 43–57. (p. 18, 55).
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. Journal of Educational Psychology, 91(2), 358–368. (p. 367).
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. Educational Psychologist, 38(1), 1–4. (p. 195).
- Roblyer, M. D. (2006). Integrating Educational Technology Into Teaching. Prentice Hall. (p. 71). [Accessed at: http://books.google.com/books?id=LA5KAAAAYAAJ&dq=Integrating+cognitive+load+theory+in+the+design+practices+of+interactive+educational+software+quality+standards&hl=&source=gbs_api]
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. Cognitive Science, 12(2), 257–285. (p. 257).
- Sweller, J. (2006). The worked example effect and human cognition. Learning and Instruction, 16(2), 113–119. (p. 125).
- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. In P. A. van Merriënboer & J. Sweller (Eds.), Towards a Science of Problem Solving: A Theory–Based Approach. Nova Science Publishers. (p. 372).