فعالية استخدام التعلم الرقمي المصغر في تعليم الرياضيات في تنمية مهارات التفكير المنطقي الرياضياتي، وتنمية الكفاءة الذاتية، وتخفيف العبء المعرفي لدى طلاب المعهد العالي للفنون الموسيقية دولة الكويت

إعداد

د. سعود هباد عوده الظفيري
أستاذ مساعد المعهد العالي للفنون الموسيقية
وزارة التعليم العالي – دولة الكويت

د. مشعل حمد مشعان الرشيدي
أستاذ مساعد المعهد العالي للفنون الموسيقية
وزارة التعليم العالي – دولة الكويت

١٤٤٦هـ/٢٠٢٥م

فعالية استخدام التعلم الرقمي المصغر في تعليم الرياضيات في تنمية مهارات التفكير المنطقي الرياضياتي، وتنمية الكفاءة الذاتية، وتخفيف العبء المعرفي لدى طلاب المعهد العالي للفنون الموسيقية دولة الكويت

إعداد

د. سعود هباد عوده الظفيري **د. مشعل حمد مشعان الرشيدي**

المستخلص:

هدفت هذا البحث الكشف عن فعالية استخدام إستراتيجية التعلم الرقمي المصغر في تنمية التفكير المنطقي الرياضياتي، وتعزيز الكفاءة الذاتية في الرياضيات، وتنظيم العبء المعرفي بين الطلاب الجامعيين المسجلين في مقررات دراسية متعلقة بالرياضيات. تم تبني التصميم شبه تجريبي على عينة قوامها ٧٩ طالبًا من المسجلين في برنامج الرياضيات في التعليم العالي بدولة الكويت، تم توزيعهم عشوائيًا إلى مجموعة تجريبية (ن=٣٨)، ومجموعة ضابطة (ن = ٤١) على مدار إثنى عشر أسبوعاً من التجربة البحثية، تم تطبيق وحدات تعلم رقمي مصغر على المجموعة التجريبية والتي تتكون من وحدات تعليمية قصيرة ومركزة وتفاعلية. تم تطبيق أدوات القياس قبلياً وبعدياً والتي تضمنت اختبارًا للتفكير المنطقي الرياضي، ومقياسًا للكفاءة الذاتية في الرياضيات، ومقياس العبء المعرفي متعدد الأبعاد للتعلم الفعلي والتعلم عبر الإنترنت (MCLS-POL). ولقد أشارت النتائج إلى أن المجموعة التجريبية تفوقت بشكل ملحوظ على المجموعة الضابطة في التفكير المنطقي الرياضي ($p < .001$) ، والكفاءة الذاتية في الرياضيات ($p < .001$)، مع تأثير كبير في جميع المقاييس الفرعية. علاوة على ذلك، أبلغ الطلاب الذين استخدموا التعلم المصغر عن مستويات أقل بكثير من العبء المعرفي الدخيل – والذي يتمثل في أبرز صوره في عدم وضوح التعليمات ووجود ضوضاء تعيق الدراسة وغيرها من العوامل المعوقة - ومستويات أعلى بكثير من العبء المعرفي ذي الصلة ($p < .001$) وهو نمط إيجابي من العبء المعرفي حيث يعزز من نجاح وتميز المتعلمين، مما يعكس مشاركة معرفية أكثر عمقًا. وتؤكد هذه النتائج الكفاءة المعرفية والقيمة التحفيزية للتعلم المصغر في تدريس الرياضيات. ومن ثم تضع الدراسة التعلم المصغر في مكانة متميزة بوصفه تصميم تعليمي متميز يتماشى مع تنمية النواحي الإدراكية، والنواحي الوجدانية.

الكلمات المفتاحية: التعلم المصغر، تعليم الرياضيات، مهارات التفكير المنطقي الرياضياتي، الكفاءة الذاتية، العبء المعرفي، طلاب المعهد العالي للفنون الموسيقية دولة الكويت.

Microlearning in Mathematics Education: Enhancing Mathematical Reasoning Skills, Strengthening Self-Efficacy, and Reducing Cognitive Load Among Higher Institute of Music Students in Kuwait

Dr Meshal Hamad Mashaan Al-Rashidi Dr. Saud Habad Odeh Al-Dhufairi

Assistant Professor, Higher Institute of Musical Arts, Public Authority for Applied Education and Training (PAAET) - Kuwait

Abstract

This study examines the effectiveness of microlearning as an instructional strategy in enhancing mathematical reasoning, strengthening mathematical self-efficacy, and regulating cognitive load among undergraduate students enrolled in mathematics-related courses. A quasi-experimental design was implemented with 79 students from a higher Institute of Musical Arts in Kuwait, randomly assigned to an experimental group (n = 38) and a control group (n = 41). Over a twelve-week intervention, the experimental group engaged with digital microlearning modules composed of short, focused, and interactive learning units. Pre- and post-intervention assessments included a mathematical reasoning test, a validated mathematical self-efficacy scale, and the Multidimensional Cognitive Load Scale for Physical and Online Learning (MCLS-POL). The findings indicated that the experimental group significantly outperformed the control group in mathematical reasoning ($p < .001$) and mathematical self-efficacy ($p < .001$), with large effect sizes across all subscales. Furthermore, students exposed to microlearning reported significantly lower levels of extraneous cognitive load—including from unclear instructions, noise, and media distractions—and significantly higher levels of germane cognitive load ($p < .001$), reflecting deeper cognitive engagement. These results affirm the cognitive efficiency and motivational value of microlearning for mathematics instruction. This study contributes to the literature on digital pedagogy by offering empirical support for the use of microlearning in higher education mathematics contexts. It positions

microlearning as a transformative instructional design that is cognitively aligned, affectively empowering, and pedagogically robust supporting not only improved academic outcomes but also enhanced learner experience and well-being.

Keywords:

Microlearning, Mathematical Reasoning, Cognitive Load, Mathematical Self-Efficacy, Higher Education, Digital Learning, Mathematics Instruction

مقدمة:

تمثل الطبيعة المتطورة لتعليم الرياضيات في العصر الرقمي مزيج معقد من الابتكار التكنولوجي والتطوير التربوي وتنقيح المناهج الدراسية، ويتزامن ذلك مع ظهور فرص جديدة وتحديات في آن واحد. ومن ثم يتسم المشهد الرقمي في الوقت الراهن بالاندماج السريع بين تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الحدية والتدريس في الفصول الدراسية، مما يغير بشكل أساسي الكيفية التي يتم من خلالها تدريس المفاهيم الرياضية (Yang, 2024; Saat et al., 2024). ولقد أصبح هذا التحول واضحاً في المراحل التعليمية المختلفة - من المرحلة الابتدائية التي تستخدم أدوات تفاعلية مثل GeoGebra إلى المرحلة الثانوية التي تعتمد بشكل أكبر على المنصات الرقمية للتعلم عن بُعد (Koreňová et al., 2024; Žilinskienė & Demirbilek, 2015). وفي هذا السياق، تعمل الأدوات الرقمية على تنويع طرائق عرض المحتوى، وتعزيز تجارب التعلم المخصصة والتي تراعي الفروق الفردية بين المتعلمين، وتعزيز مشاركة الطلاب من خلال الأساليب التفاعلية والتي تلاقي قبول بين المتعلمين (Grebenkina & Lyashko, 2024).

ومن الأمور المحورية في هذا التطورالحادث في تعليم وتعلم الرياضيات ضرورة أن يمتلك معلمي الرياضيات الخبرة في الموضوع والكفاءة الرقمية، الأمر الذي يشير إلى أهمية الأطر المتعلقة بالمعرفة التكنولوجية البيداغوجية للمحتوى TPACK، الذي تناوله "نيس زيرولايفنا" (Niess Xayrullayevna, 2024)، والذي تم تناوله بشيء من التوسع من خلال نغوابي وبواتينغ نيس Ngwabe and Boateng (Niess, 2012) والذي يقضي بأن المعلمين يحتاجون إلى مجموعة متكاملة من المهارات التي تجمع بين المعرفة بالمحتوى العلمي والاستراتيجيات التربوية والكفاءة التكنولوجية. ويضمن مثل هذا النهج المتكامل أن الأدوات الرقمية ضرورية في إعادة التفكير في المناهج الدراسية والتصميم التعليمي ومنهجيات التدريس لتعزيز فهم أكثر عمقاً للرياضيات (Xayrullayevna, 2024; Niess, 2012). وتؤكد العديد من الدراسات والبحوث السابقة هذه الفكرة والتي تعظم من أهمية استخدام التكنولوجيا الرقمية في تعليم

الرياضيات، والتي تؤكد على أن الدمج الفعال للأدوات الرقمية يمكن أن يحسن نواتج عملية التعلم (Saat et al., 2024; Paubel Junger et al., 2025).

أضف إلى ذلك، أسهم التحوّل التكنوجي الذي كان نتاجاً مباشرة للعصر الرقمي التركيز نحو التعلم التفاعلي المتمحور حول الطالب Student-centered interactive learning، حيث يسلط البحث الذي أجراه بيهيرا وآخرون (Behera et al., 2024)، وكذلك "زايرولاييفنا جريبينكينا ولياشكو" (Xayrullayevna, 2024)، الضوء على أن طرائق التدريس التفاعلية - بدءًا من التلعيب gamification إلى الواقع الافتراضي والمعزز Virtual & Augmented learning - يمكن أن تزيد بشكل كبير من تحفيز المتعلمين ومشاركتهم الفاعلة في تطوير العملية التعليمية. ومما يزيد من أهمية التقنيات التربوية الحديثة تمثيلاً أفضل وأكثر تنوعاً وديناميكية للمفاهيم الرياضية، الأمر الذي يجعل الأفكار المجردة abstract concepts أكثر سهولة بما يعزز المشاركة النشطة في فصول الرياضيات (Yang, 2024; Grebenkina & Lyashko, 2024). وعلاوة على ذلك، توضح التجارب الموثقة خلال جائحة كوفيد-١٩ (Moldavan et al., 2022)، كيف اجتاز المعلمون الفجوة الرقمية وقاموا بتكييف ممارساتهم التعليمية بشكل متسارع للحفاظ على استمرارية العملية التعليمية. الأمر الذي يسلط الضوء على أهمية الجاهزية الرقمية والحاجة إلى التطوير المهني المستمر في علم التربية الرقمية (Acharya, 2023).

بالإضافة إلى ذلك، تسهم المنصات التعليمية الناشئة والتي تتماشى مع طرائق التعليم الشاملة، مثل مفهوم STEAM ، في توسيع نطاق تأثير التكامل الرقمي بما يعزز بدوره من تعليم الرياضيات بعيداً عن الطرائق التقليدية. ومن جانبه يوضح ,Gavrilă)2024). وتوفر هذه المنصات الإلكترونية الناشئة، من خلال دمج العلوم والتكنولوجيا والهندسة والفنون والرياضيات، بيئة تعليمية تآزرية تدعم التعلم متعدد التخصصات وتعزز الإبداع والابتكار، وتعزز هذه البيئة الداعمة للابتكار اهتمام الطلاب وتوفر إطارًا تعليميًا أكثر شمولاً ومناسبًا لمتطلبات القرن الحادي والعشرين 21st century skills (Yang, 2024).

وتشير هذه التطورات مجتمعة إلى نقلة نوعية في تعليم وتعلم الرياضيات مدفوعة بما يطلق عليه الرقمنة Digitalization. ومن ثم تشير مجموعة واسعة من الأدبيات والبحوث السابقة إلى أن دمج التكنولوجيا الرقمية في الفصول الدراسية في تدريس الرياضيات يستلزم إعادة تقييم استراتيجيات التدريس، وتصميم المناهج الدراسية، ومنهجيات تدريب المعلمين. وكما يتضح من دراسات أجريت في بيئات تعليمية مختلفة من أبرزها دراسات (Yang, 2024; Xayrullayevna, 2024; Saat et al., 2024; Koreňová et al., 2024; Grebenkina & Lyashko, 2024; Moldavan et al., 2022) أن المعلمين يستفيدون وبشكل متزايد من الأدوات الرقمية لتعزيز فعالية العملية التعليمية وتعزيز مشاركة الطلاب، وكذلك المساهمة الفعالة في إعداد المتعلمين لمستقبل تكنولوجي يتسم بالتعقيد. وعلى الرغم من الأهمية

الكبيرة للتكنولوجيا الرقمية، إلا أنه لا يزال هناك العديد من التحديات المرتبطة بهذا التحول الرقمي، والتي تتمثل أبرزها في عدم جاهزية المعلمين لمواكبة المستحدثات التكنولوجية، وكذلك عدم ملائمة البنية التحتية، هذا بالإضافة إلى ضمان الوصول العادل Accessibility من جميع المتعلمين لهذه التقنيات، الأمر الذي يعد بالغ الأهمية لتحقيق تقدم مستدام في تعليم الرياضيات في العصر الرقمي (Paubel Junger et al., 2025).

وفي سياق متصل، يواجه طلاب الجامعات العديد من التحديات أثناء دراسة مقررات الرياضيات، والتي تتمثل أبرزها في العبء المعرفي الزائد cognitive load، وندرة المشاركة في العملية التعليمية، وتدني معدلات الثقة بالنفس. ويتزامن ذلك مع مجموعة من العوامل المعرفية والعاطفية والسلوكية التي تتفاعل بطرق معقدة. ويحدث العبء المعرفي الزائد عندما تتجاوز المتطلبات المفروضة على الذاكرة العاملة للمتعلم قدراته. وتتفاقم هذه الحالة بسبب عدم كفاية استراتيجيات المشاركة collaboration، لاسيما أن عملية تعلم الرياضيات تتطلب فهمًا متعمقًا. وتتضمن المشاركة المعرفية أثناء تعلم الرياضيات في الاستراتيجيات العقلية التي تمكن الطلاب من ربط المفاهيم الرياضية الجديدة بالمعارف الموجودة لديهم سابقاً (Guo, 2024). وتلقي نظرية العبء المعرفي الضوء على أن الأساليب التربوية غير الفعالة والتي يمكن أن تزيد من العبء المعرفي الذي قد يعاني منه المتعلمون مما يضعف عملية التعلم أو يعوقها تماماً، مما يؤدي في النهاية إلى ضعف مستوى أداء الطلاب في مادة الرياضيات (Asif et al., 2020) . وتشير نتائج العديد من الدراسات إلى أن نقص المشاركة المعرفية يرتبط ارتباطاً وثيقاً بانخفاض الاهتمام بالممارسات الرياضية وقلة فرص تطوير المهارات الرياضياتية المختلفة، مما يؤدي إلى تراجع الأداء الأكاديمي (Quintero et al., 2021)

كما أن ثمة تحديات أخرى قد تزيد من شعور المتعلم بالعبء المعرفي الزائد والذي يقلل من فعالية وجودة عملية التعلم وتتمثل في تدني الشعور بالجدارة والثقة بالنفس أثناء تعلم الرياضيات، والذي غالبًا ما يرتبط بقلق الرياضيات، والذي يؤثر بشكل كبير على أداء الطلاب ومشاركتهم في تعلم مادة الرياضيات. وتظهر نتائج العديد من الأبحاث أن الطلاب الذين يعانون من مستويات مرتفعة من القلق يميلون إلى مواجهة صعوبات أكبر في الرياضيات، مما يعيق نجاحهم الأكاديمي ورغبتهم في التعامل مع المهام التعليمية والأنشطة التي تمثل صعوبة (Lambert & Sugita, 2016). وعلى سبيل المثال، تؤكد دراسة "أوفالا وآخرون" (Awofala et al., 2024) على وجود علاقة وثيقة بين المشاركة العاطفية للطلاب (وثقتهم بأنفسهم) من ناحية وبين أداؤهم الأكاديمي في الرياضيات من ناحية أخرى، مما يشير إلى أن تعزيز بيئة تعليمية داعمة يمكن أن يعزز مستويات الثقة والمشاركة في المهام الرياضياتية. علاوة على ذلك، تشير دراسات أخرى من أبرزها دراسة "بيرنيزا" (Bearneza, 2020) أن الكفاءة الذاتية تعد من العوامل

الحاسمة في العلاقة بين القلق من الرياضيات والأداء/ التحصيل الأكاديمي، حيث ترتبط الكفاءة الذاتية المرتفعة بمستوى مرتفع من المشاركة في عملية التعلم وتحقيق نتائج أكاديمية أفضل في التحصيل الرياضياتي. ومن هذا المنطلق، يمكن القول بأن التفاعل بين العبء المعرفي الزائد والانسحاب من تعلم الرياضيات وانخفاض ثقة المتعلم بنفسه أثناء تعلم الرياضيات قد يخلق العديد من العوائق أمام الطلاب مما يعوق تعلمهم. ومن ثم تتطلب معالجة هذه التحديات نهجًا متعدد الأوجه يشمل تنفيذ استراتيجيات تعليمية فعالة، وتعزيز المشاركة المعرفية، وتعزيز الدعم الوجداني لتخفيف العبء المعرفي وتعزيز عملية التعلم. إن إجراء مزيد من البحوث حول هذه الديناميات أمر حيوي لتطوير برامج تدريسية فعالة تدعم الطلاب في التغلب على هذه التحديات وتحقيق النجاح في دراساتهم لمادة الرياضيات.

ولا تكمن أهمية التعلم المصغر في المراحل التعليمية الأولى فقط، بل تمتد أهميته في التعليم العالي من مرونته وقدرته على التكيف لتلبية الاحتياجات المتنوعة للمتعلمين في القرن الحادي والعشرين، الذين غالبًا ما يظهرون مدى انتباه قصير limited attention span ويفضلون وصول المعلومة عند الطلب (Shatte & Teague, 2020; Mostrady et al., 2024). وتشير الدراسات إلى أن التعلم المصغر يسهل الاحتفاظ بالمعرفة بشكل أفضل مع تخفيف العبء المعرفي الزائد، وهو أمر مفيد بشكل خاص في بيئات التعلم الرقمية (Závodná et al., 2024; Mostrady et al., 2024)، كما يوفر التعلم المصغر وحدات تعليمية موجزة يمكن دمجها بسهولة في المناهج الدراسية الحالية، وبالتالي تحسين تجربة التعلم الشاملة للطلاب (Shatte & Teague, 2020).

وتتماشى استراتجية التعلم المصغر مع التحول التربوي الذي يركز على المشاركة الشاملة للمتعلمين في عملية التعلم، حيث يعزز دمج منهجيات التعلم المصغر مع الأطر التعليمية التقليدية الفهم الأعمق ويحسن نتائج التعلم (Thillainadesan et al., 2022; Alshammari, 2024) ويعزز التعلم المصغر بشكل متزايد المتعلمين على إتقان المتعلمين لمهارات محددة ويسمح بالتفاعل المتكرر مع المحتوى، مما يعزز الثقة والكفاءة لدى المتعلمين (Thillainadesan et al., 2023; De Gagné et al., 2019). علاوة على ذلك، يعد التعلم المصغر استراتيجية تعليمية متعددة الاستخدامات، حيث يؤدي استخدام الأشكال المختلفة للتعلم المصغر إلى تنمية أداء الطلاب ورضاهم، مما يؤكد تأثيرها الإيجابي على النجاح والتحصيل الأكاديمي(Martinho et al., 2023; Roskowski et al., 2023; Hlazunova et al., 2024) .

ومن ثم يمكن القول بأن التعلم المصغر يعد أسلوباً تعليمياً تحويلياً في التعليم العالي، حيث يتصدى لتحديات التعلم المعاصرة من خلال توفير محتوى قصير ومفيد يعزز المشاركة والاستبقاء والقدرة على التكيف. وتزداد أهميته مع تكيف المؤسسات التعليمية مع المشهد المتغير بسرعة وتفضيلات التعلم المتنوعة بشكل متزايد.

ولقد أصبح تحقيق المواءمة بين المناهج التعليمية مع تفضيلات المتعلمين الحديثة وكذلك مراعاة مدى الانتباه attention span أمراً بالغ الأهمية في تعزيز مشاركة الطلاب في المهام والأنشطة التعليمية وفعالية عملية التعلم، حيث أن تلبية أنماط التعلم المتنوعة تعزز بشكل كبير تجربة التعلم. وفي سياق متصل يوضح إطار العمل الذي يطلق عليه VARK والتي تشير إلى استراتيجية التعلم التي تضم الأسلوب البصري، السمعي، القراءة/ الكتابة، والحركي، والتي تمثل التفضيلات الفردية المختلفة للمتعلمين لاتمام عملية التعلم، والتي كان لها دوراً بارزاً في تعزيز فعالية التدريس. ويؤكد شاه وآخرون (Nissa & Rifameutia, 2013) أهمية تفضيلات أساليب التعلم - السمعية أو البصرية أو اللمسية أو الحركية - في صياغة الاستراتيجيات التعليمية التي تراعي نقاط القوة المتنوعة لدى الطلاب، مما يؤدي إلى تعزيز بيئة تعليمية شاملة تحفز عملية التعلم ونواتجها. وتأسيساً على ذلك فإن إدراك أنماط/ أساليب التعلم المفضلة VARK هذه أمر حيوي للحفاظ على مشاركة الطلاب وتنمية نتائج التعلم.

وفيما يتعلق بمدى الانتباه، فإن قصر مدى انتباه المتعلمين في الوقت الراهن- بفعل العديد من الأسباب - يستلزم دمج استراتيجيات تدريس ديناميكية وتفاعلية، حيث ترتبط المرونة المعرفية للمتعلمين ارتباطاً وثيقاً بتنوع استراتيجيات التعلم، مما يعزز مدى الانتباه لدى المتعلمين (GÜLER & Aydin, 2022). ويشير ذلك إلى أن الاستراتيجيات التدريسية يجب أن تتطور بغية تحقيق زيادة في فترات تركيز وانتباه المتعلمين لفترات طويلة. ومما يزيد من مدى انتباه المتعلمين دمج مهارات التفكير العليا HoTs، حيث تتطلب هذه المهارات عالية الرتبة مشاركة مستمرة من قبل المتعلمين في الأنشطة التعليمية، والتي تتجاوز مجرد تذكر الحقائق (Jessica & Santoso, 2022). ومن ثم ينبغي أن تخلق برامج التعلم الفعالة بيئات تعلم تشجع المشاركة النشطة والتفكير النقدي لدى المتعلمين، على عكس استراتيجيات التدريس التقليدية القائمة على أسلوب المحاضرات والإلقاء.

علاوة على ذلك، فإن للمستحدثات التكنولوجية في التعليم الأثر الكبير في حدوث ما يطلق عليه التعلم العميق Deep learning، حيث تتضح أهمية دمج استراتيجيات التعلم الإلكتروني في الفصول التقليدية بما يتوافق مع تفضيلات المتعلمين في القرن الحادي والعشرين، ومن ثم تؤكد دراسة "مهيمن" (Muhaimin et al., 2022) إلى أن نماذج التعلم النشط، والتي من أبرزها التعلم القائم على المشروعات (PBL)، تعزز من مشاركة المتعلمين في الأنشطة التعليمية عبر مختلف طرق واستراتيجيات التعلم المختلفة، حيث لا تلبي هذه الاستارتجية التدريسية تفضيلات التعلم فقط، بل إنها يدعم أيضًا حاجة الطلاب إلى البقاء مشاركين بفعالية في الأنشطة التعليمية المختلفة، وبالتالي يعزز من تحكم المتعلم في الانتباه وزياده المدى الزمني له. بالإضافة إلى ذلك، تؤكد دراسة "كاو وآخرون" (Cao et al., 2023) حول الواقع الافتراضي الغامر

(IVR)على إمكانات هذه التكنولوجيا في جذب المتعلمين من خلال تقديم تجارب تعليمية قائمة على السياق، وبالتالي الحفاظ على مدى أفضل للانتباه بشكل أكثر فعالية من الأساليب التقليدية.

مشكلة البحث:

يعد التحدي المتمثل في الحفاظ على التفكير العميق في الرياضيات وإدارة الجهد المعرفي مسألة غاية الأهمية في الوقت الراهن، وتتجلى بشكل خاص في السياق التعليمي في الكويت. وتؤكد نتائج العديد من الدراسات والبحوث على أهمية العوامل المعرفية مثل الذاكرة العاملة والعبء المعرفي ومهارات التفكير الرياضي في تسهيل تفاعل الطلاب مع المسائل الرياضياتية. وقد تم ربط الجهد الذهني/ المعرفي في المهام الرياضياتية بقدرة الذاكرة العاملة والقدرة على الحفاظ على الانتباه بشكل مستمر. وتفيد دراسة أفاد باباس وآخرون أن نقص الذاكرة العاملة يؤثر بشكل كبير على القدرة الحسابية العقلية، مما يشير إلى وجود علاقة بين المعلمات المعرفية للطلاب وأدائهم في الرياضيات (Pappas et al., 2019)، ويعزز ذلك ما أوردته دراسة " جيلمور وآخرون" (Gilmore et al., 2017) من خلال تسليط الضوء على كيفية تفاعل الوظائف التنفيذية في الدماغ executive function، بما في ذلك المرونة المعرفية، مع المهارات الرياضية، مما يشير إلى أن الطلاب الذين يتمتعون بمهارات وظيفية تنفيذية أقوى يميلون إلى الأداء الأفضل في الرياضيات. وهذا أمر بالغ الأهمية في سياقات مثل دولة الكويت حيث تعمل أنظمة التعليم على تعزيز مناهج رياضيات بشكل تدريجي.

علاوة على ذلك، يمكن أن تؤثر طريقة تنظيم التفكير الرياضياتي بشكل كبير على المشاركة المعرفية للطلاب في الأنشطة التعليمية المختلفة، وعلى سبيل المثال، توضح دراسة "نورهداية" (Norhidayah, 2023) أن الصعوبات التي يواجهها المتعلم في فهم التعليمات المرتبطة بالمسائل الرياضياتية المختلفة، وكذلك بدء خطوات العمل في حل المسألة، وتطبيق العمليات الرياضياتية (الحسابية) بدقة من شأنها أن تعيق قدرات الطلاب على التفكير. ويتوافق ذلك مع النتائج التي توصلت إليها دراسة (Kusaeri et al., 2022) والتي تؤكد على ضرورة تعزيز التعلم الفعال في الرياضيات، لأنه يتيح فهمًا أكثر عمقاً وإتقانًا للمفاهيم الرياضياتية، تؤكد هذه العوامل على الحاجة إلى ممارسات تعليمية تركز على التفكير والإدارة المعرفية للتخفيف من العوائق الكامنة في تعلم الرياضيات.

وفي سياق متصل، توفر نظرية العبء المعرفي إطارًا لتفسير الجهد الذهني للطلاب في الرياضيات، حيث أن التغلب على تعقيدات المفاهيم الرياضية يتطلب ممارسات تعليمية تتسم بقدرتها على تخفيف العبء المعرفي الزائد (Banerjee & Gautam, 2024)، وهذا يتعلق بشكل مباشر بالتحديات التعليمية التي تواجهها المنظومة التعليمية بدولة الكويت، حيث قد يحتاج المعلمون إلى تصميم دروس جذابة ولكنها ليست مرهقة – أى لا تزيد من العبء المعرفي على المتعلمين - لتعزيز بيئة تعليمية أكثر فاعلية. علاوة على ذلك،

يظل دور التفكير الرياضي كمرحلة تمهيدية لمحو الأمية الرياضياتية موضوعًا مهمًا في مختلف البحوث (Saleh et al., 2018). ويمكن أن يسهل تأطير المفاهيم الرياضياتية من خلال تصميم مشكلات ملموسة المشاركة المعرفية الأكثر عمقاً بين الطلاب، مما يعزز قدراتهم على التفكير وكفاءتهم الرياضياتية. ويزداد هذا الجانب أهمية، بالنظر إلى حاجة الطلاب ليس فقط إلى حل المشكلات الرياضياتية، بل أيضًا إلى توصيل تفكيرهم واستنتاجاتهم بشكل فعال للآخرين.

وتأسيساً على ذلك، يتطلب الحفاظ على التفكير العميق في الرياضيات تفاعلاً معقدًا بين المهارات المعرفية والاستراتيجيات التعليمية والسياق التربوي، ويمكن أن يتم ذلك من خلال التركيز على تعزيز الذاكرة العاملة، وتقليل العبء المعرفي، وتعزيز التفكير الفعال، حيث يمكن للمعلمين في الكويت تحسين مشاركة الطلاب في الرياضيات ونتائجهم. ومما لا شك فيه أن تلبية هذه المتطلبات المعرفية يعد أمرًا ضروريًا لتنشئة جيل من الطلاب مزود بالمهارات اللازمة لمواجهة التحديات الرياضياتية.

تحديد مشكلة البحث:

تناولت بعض الدراسات أثر استراتيجيات تدريسية مبتكرة في تنمية التفكير المنطقي الرياضياتي، كما تناولت دراسات أخرى الكفاءة الذاتية لدى الطلاب في الرياضيات من بينها دراسة بروق (٢٠٢٠) التي هدفت إلى التعرف على فاعلية توظيف استراتيجية السقالات التعليمية في تحسين القوة الرياضية والكفاءة الذاتية لدى طلبة المرحلة الثانوية في الأردن، مستخدمة أدوات متعددة شملت اختبارًا للقوة الرياضية ومقياسًا للكفاءة الذاتية بأبعاده المختلفة (اللغة الرياضية، الأفكار الرياضية، حل المهمة الرياضية)، بالإضافة إلى بطاقة ملاحظة ومقابلات شبه مقننة. وأظهرت النتائج وجود فروق ذات دلالة إحصائية لصالح المجموعة التجريبية في مقياس الكفاءة الذاتية. كما تناولت دراسة عبد الرحيم (٢٠٢١) أثر استراتيجية سوم (SWOM) في تنمية مهارات التميز الرياضياتي والكفاءة الذاتية المدركة لدى طلاب الصف الأول الثانوي، معتمدة على مقياس تضمن أبعادًا متعددة للكفاءة الذاتية، من بينها البعد الانفعالي، الأكاديمي، المعرفي، الاجتماعي، وبعد الإصرار والمثابرة. وأشارت النتائج إلى فاعلية استراتيجية SWOM في تعزيز الكفاءة الذاتية المدركة لدى أفراد العينة.

وفي هذا السياق، كشفت دراسة لمياء هيبة (٢٠٢٢) عن وجود علاقة ارتباطية موجبة ذات دلالة إحصائية بين مهارات التفكير العليا في الرياضيات ومستويات الكفاءة الذاتية لدى طلاب كليات التربية المتخصصين في الرياضيات. وقد أظهرت نتائج الدراسة التي أجريت على عينة من طلاب الفرقة الثالثة، أن ارتفاع مهارات التفكير الناقد والإبداعي يرتبط بتحسن ملحوظ في أبعاد الكفاءة الذاتية، بما في ذلك الأبعاد المعرفية، الأكاديمية، الاجتماعية، والانفعالية. وقد استُخدمت برمجيات تفاعلية) مثل (GeoGebra في

تدريس محتوى رياضي متنوع شمل الأعداد النسبية، الإحصاء، الاحتمالات، والهندسة، مما ساهم في تعزيز مهارات التفكير العليا لدى الطلاب، وبالتالي انعكس إيجابًا على إدراكهم لذواتهم وكفاءاتهم. وتشير هذه النتائج إلى أهمية توظيف استراتيجيات تعليمية تستهدف صراحة تنمية التفكير المعرفي العميق لرفع مستويات الكفاءة الذاتية، لا سيما لدى الطلاب المعلمين الذين سيتولون لاحقًا مسؤولية تطوير الجيل القادم من المتعلمين. وعلى الرغم من هذه الجهود، إلا أن هناك حاجة إلى مزيد من الدراسات التي تبحث في أثر نماذج تعليمية حديثة، مثل التعلم المصغر(Microlearning) ، على تنمية كل من التفكير المنطقي الرياضياتي والكفاءة الذاتية في سياقات تعليمية متنوعة، وخاصة ضمن مقررات رياضيات التعليم العالي، وهو ما تسعى الدراسة الحالية إلى معالجته.

ومن ثم فعلى الرغم من المزايا المتعددة للتعلم المصغر والتي اتضحت من خلال الدراسات والبحوث التي تناولت في سياقات الرعاية الصحية والتدريب، لا توجد سوى القليل من الدراسات التجريبية المرتبطة مباشرة بأثر استخدام استراتيجية التعلم المصغر في تنمية مهارات التفكير المنطقي الرياضي والتخفيف من العبء المعرفي، الأمر الذي يشير إلى أن هناك حاجة ماسة إلى دراسات مركزة تستكشف هذه الأبعاد لإنشاء أرضية قوية تدعم تطبيق التعلم المصغر في تعليم الرياضيات (Prior Filipe et al., 2020; Taylor & Hung, 2022). أضف إلى ذلك، فعلى الرغم من أن التعلم المصغر يبدو واعدًا في تعزيز الكفاءة الذاتية وتحسين العبء المعرفي، إلا أن تأثيره المحدد على التفكير المنطقيالرياضي يتطلب مزيدًا من الدراسة التجريبية، حيث يمكن أن يؤدي توسيع نطاق البحث ليشمل مواضيع متنوعة مثل تخصص الرياضيات إلى توضيح فعالية التعلم المصغر عبر مختلف النماذج المعرفية والتعليمية، وبالتالي الاستفادة من نقاط قوته بشكل كامل في هذه المادة التعليمية التي تكتنفها صعوبة في اتقانها.

أهداف البحث: يتمثل الهدف الرئيس من هذه البحث في دراسة فعالية التعلم المصغر كنهج تربوي في تعليم الرياضيات بدولة الكويت في تعزيز مهارات التفكير الرياضياتي، الكفاءة الذاتية الرياضياتية، تخفيف العبء المعرفي. وعلى وجه التحديد، تسعى الدراسة إلى:

١. دراسة أثر التعلم المصغر على تنمية مهارات التفكير المنطقي الرياضي.

٢. تقييم أثر التعلم المصغر على الكفاءة الذاتية للطلاب في الرياضيات.

٣. دراسة ما إذا كان التعلم المصغر يمكن أن يقلل بشكل فعال من العبء المعرفي الذي يشعر به الطلاب أثناء مهام التعلم الرياضي.

أسئلة البحث: بناءً على أهداف الدراسة، تتناول الدراسة الأسئلة البحثية التالية:

١. ما مدى فاعلية استراتيجية التعلم المصغر في تنمية مهارات التفكير المنطقي الرياضي لدى طلاب المعهد العالي للفنون الموسيقية مقارنة بالتعليم التقليدي؟
٢. ما مدى فاعلية التعلم المصغر في رفع مستوى الكفاءة الذاتية في مادة الرياضيات لدى طلاب المعهد العالي للفنون الموسيقية مقارنة بالطريقة التقليدية؟
٣. ما أثر استخدام وحدات التعلم المصغر في خفض مستويات العبء المعرفي بأنواعه المختلفة أثناء تعلم مفاهيم الرياضيات مقارنة بالتعليم التقليدي؟

فروض البحث : للإجابة عن الأسئلة البحثية، تمت صياغة الفرضيات التالية:

١. توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية (عند مستوى دلالة 0.05) ممن استخدموا التعلم من خلال وحدات التعلم المصغر في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير المنطقي الرياضياتي مقارنةً بالطلاب الذين يتلقون التعليم التقليدي.
٢. توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية (عند مستوى دلالة 0.05) ممن استخدموا التعلم من خلال وحدات التعلم المصغر في مستوى الكفاءة الذاتية في الرياضيات مقارنةً بالطلاب الذين يتلقون التعليم التقليدي.
٣. توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية (عند مستوى دلالة 0.05) ممن استخدموا التعلم من خلال وحدات التعلم المصغر في مستوى العبء المعرفي أثناء مهام تعلم الرياضيات مقارنةً بالطلاب الذين يتلقون التعليم التقليدي.

منهجية البحث وأدواتها:

استخدمت هذه الدراسة تصميمًا شبه تجريبيًا Quasi-experimental research Design والذي يتضمن مجموعتين الأولى تجريبية والثانية ضابطة يتم التطبيق القبلي والبعدي عليهما لأدوات الدراسة، وذلك لبيان أثر استراتيجية التعلم المصغر على تحسين التفكير أو التعقل الرياضي، وتعزيز الكفاءة الذاتية في الرياضيات، والتخفيف من العبء المعرفي لدى طلاب بالمعهد العالي للفنون الموسيقية. تكونت عينة الدراسة من عدد ٧٨ طالبًا جامعيًا مسجلين في دورات دراسية متعلقة بالرياضيات في المعهد العالي للفنون الموسيقية بدولة الكويت خلال الفصل الدراسي الأول من العام الدراسي ٢٠٢٤-٢٠٢٥. تم اختيار المشاركين بطريقة قصدية بناءً على تسجيلهم في دورات أساسية في الرياضيات، وتم توزيعهم عشوائياً إلى مجموعتين: مجموعة تجريبية (n = 37) ومجموعة ضابطة (n = 41). تلقت المجموعة التجريبية تدخلاً منظماً من

خلال استخدام استراتيجية التعلم المصغر، بينما واصلت المجموعة الضابطة التعليم التقليدي القائم على المحاضرات في الرياضيات. وتشير الخصائص الديموغرافية للمشاركين إلى توزيع متوازن بين الجنسين وتراوح أعمارهم بين ١٨ و ٢٤ عامًا، مع تعرض عينة الدراسة لبيئات التعلم الرقمي بشكل متوسط إلى مرتفع، وفقًا لتقارير الطلاب أنفسهم. ولقد تم تحديد التكافؤ بين المجموعات قبل التطبيق القبلي لأدوات الدراسة من خلال إجراء التحليل إحصائي الأولي، مما أكد عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية في التفكير الرياضي أو الكفاءة الذاتية أو العبء المعرفي قبل تطبيق أدوات الدراسة قبلياً.

أدوات البحث:

اعتمد جمع البيانات على ثلاثة أدوات أساسية تم استخدامها قبل التجربة البحثية والتطبيق البعدي، ولقد تمثلت أدوات الدراسة الحالية فيما يلي:

١. اختبار مهارات التفكير المنطقي الرياضياتي: تم تصميم اختبار التفكير/ التعقل الرياضياتي لتقييم المهارات الأساسية في التفكير الكمي لدى الطلاب الجامعيين المسجلين في تخصصات غير رياضية في المعهد العالي للفنون الموسيقية بدولة الكويت. يهدف الاختبار تقييم القدرات المعرفية الأساسية مثل التعرف على الأنماط الرقمية، والاستنتاج المنطقي، وتفسير البيانات، وحل المشكلات الرياضياتية. ويتكون الاختبار من ١٥ سؤالًا، وينقسم إلى ثلاثة أقسام: الأنماط العددية والمنطقية، وتفسير البيانات، وحل المشكلات الرياضياتية اليومية. تم تصميم الاختبار بحيث يتم الإجابة عنه في غضون ٤٥ دقيقة، ويبلغ مجموع درجاته ٣٠ درجة، حيث تخصص درجتان لكل سؤال. يتضمن شكل الاختبار أسئلة متعددة الخيارات وأسئلة قصيرة الإجابة، مما يضمن سهولة الإجابة عنه والتركيز على كفاءات التفكير الأساسية دون الحاجة إلى حسابات رياضياتية متقدمة.

لضمان ملائمة الاختبار للتطبيق على أفراد عينة الدراسة، تم التحقق من صدق المحتوى من خلال عرض الأداة على مجموعة من الخبراء (ن = 8) من المتخصصين في تربويات الرياضيات والقياس التربوي، الذين قاموا بتقييم أسئلة الاختبار من حيث ملاءمتها ووضوحها وتوافقها مع المهارات المعرفية المستهدفة. ولقد تم إجراء دراسة استطلاعية على عينة من ٤٥ طالبًا غير متخصصين في الرياضيات من غير أفراد عينة الدراسة الأساسية، وبعد ذلك تم إجراء تعديلات لغوية وهيكلية طفيفة على الاختبار. ولقد أظهر الاختبار معدل ثبات مرتفع ممثلاً في معامل الاتساق الداخلي، حيث بلغ معامل ألفا كرونباخ ٠,٨٧، مما يشير إلى ارتباط عالٍ بين البنود وثبات الاختبار بشكل عام. بالإضافة إلى ذلك، تراوحت مؤشرات صعوبة أسئلة

الاختبار بين ٠,٣٥ و ٠,٧٨، ومؤشرات تمييز أسئلة الاختبار فوق ٠,٣٠ لجميع الأسئلة، مما يعكس توازنًا مناسبًا بين الصعوبة والقدرة على التمييز بين المتقدمين للاختبار. تؤكد هذه النتائج أن اختبار التفكير الرياضياتي هو أداة موثوق بها وصالحة لتقييم مهارات التفكير الرياضياتي الأساسية لدى الطلاب الجامعيين غير المتخصصين.

٢. مقياس الكفاءة الذاتية في الرياضيات – المنقح(MSES-R)

١. هدف المقياس: تم تصميم مقياس الكفاءة الذاتية في الرياضيات – المنقح (MSES-R) لتقييم ثقة الطلاب في أنفسهم عند أداء المهام المتعلقة بالرياضيات. ويهدف إلى قياس الاعتقاد المعرفي بأن المتعلم يمكنه المشاركة بكفاءة وفاعلية في الأنشطة الرياضياتية، وهو مؤشر حاسم في توقع أداء الطلاب في الرياضيات والمثابرة والدافعية لتعلمها.

٢. وصف المقياس: يعد مقياس الكفاءة الذاتية في الرياضيات النسخة المعدلة والمحسنة من الناحية السيكولوجية من مقياس الكفاءة الذاتية في الرياضيات الأصلي الذي طوره بيتز وهاكيت (Betz and Hackett, 1983)، حيث تم تطوير النسخة المعدلة بواسطة John Kranzler وزملاؤه من خلال تحليل عاملي تجريبي، مما أدى إلى انتاج مقياس أكثر ملاءمة للبيئات التعليمية وأكثر قوة في سلامة بنائه. ويقيس هذا المقياس ثقة الطلاب في مختلف سياقات الرياضيات، بما في ذلك الأداء الأكاديمي والتطبيقات في الحياة اليومية والمهام المتعلقة بالمقررات الدراسية.

٣. بنية المقياس: يتكون مقياس الكفاءة الذاتية في الرياضيات النسخة المعدلة MSES-R من 30 مفردة، يعكس كل منها مهمة أو سياقًا محددًا متعلقًا بتعلم الرياضيات. يقوم المستجيبون بتقييم ثقتهم في أداء كل مهمة على مقياس ليكرت من ٦ نقاط تتراوح بين: (١) والتي تشير إلى "لا أثق على الإطلاق"، إلى (٦) والتي تشير إلى "ثقة تامة". وتتضمن عينة البنود ما يلي: "حل مجموعة من مسائل الجبر"، "فهم الرسوم البيانية في الصحف". ، "الأداء الجيد في اختبار الرياضيات".، وكذلك "شرح مفهوم رياضي لشخص آخر". واستنادًا إلى التحليل الاستكشافي للعوامل(EFA) ، ينتج عن MSES-R ثلاثة عوامل متميزة، تعكس الطبيعة متعددة الأبعاد للكفاءة الذاتية في الرياضيات:

أ .الكفاءة الذاتية في الأداء: الثقة في القدرة على حل المسائل والحسابات الرياضية (مثل حل مسائل الجبر، والعمل مع النسب المئوية).

ب .الكفاءة الذاتية في الرياضيات اليومية: الثقة في استخدام الرياضيات في سياقات واقعية أو عملية (مثل تفسير الرسوم البيانية وحساب الخصومات أو الضرائب).

ج .**الكفاءة الذاتية المتعلقة بدورة الرياضيات:** الثقة في النجاح في بيئات الرياضيات الأكاديمية الرسمية (مثل النجاح في اختبار الرياضيات وإكمال الواجبات وحضور دورة الرياضيات).

هذه العوامل **مرتبطة بشكل معتدل**، مما يدعم الفهم النظري بأن الكفاءة الذاتية في الرياضيات متعددة الأوجه ولكنها مترابطة.

٤. **تصحيح وتفسير المقياس:** تشير الدرجات الأعلى في المقياس إلى كفاءة ذاتية أكبر، و يمكن حساب درجات المقاييس الفرعية عن طريق حساب متوسط البنود داخل كل بُعد، ويمكن الحصول على الدرجة الإجمالية عن طريق حساب متوسط جميع البنود الثلاثين. ويكون نطاق الدرجات الإجمالية الممكنة 30 : (الأدنى) إلى ١٨٠ (الأعلى)، ويمكن تحليل المقاييس الفرعية بشكل مستقل أو استخدامها في تحليل متعدد المتغيرات. ومن ثم يجب أن تأخذ التفسيرات في الاعتبار الدرجات الإجمالية ودرجات المقاييس الفرعية لفهم المجالات المحددة لثقة الطلاب في الرياضيات.

ولقد أظهرت الدراسة الاستطلاعية ارتفاع مستوى الصدق والثبات للمقياس، ولقد تم التحقق من ذلك من خلال التحليل الاستكشافي للعوامل (EFA) مع حل واضح من ثلاثة عوامل، ولقد تراوحت تشبعات العوامل للبنود من (0.55 إلى ٠,٨٢)، مما يشير إلى وجود ارتباطات قوية بين البنود والأبعاد الرئيسية. وفيما يتعلق بثبات المقياس فقد تحقق الثبات من خلال معاملات الاتساق الداخلي حيث بلغ معامل كرونباخ للمقياس الإجمالي (.90)، في حين بلغ معامل كرونباخ للمقياس الفرعي "الكفاءة الذاتية في الأداء" (0.88) ، الكفاءة الذاتية في الرياضيات اليومية (.84)، وكذلك الكفاءة الذاتية في مادة الرياضيات(.86).

٣. مقياس العبء المعرفي:

تم تطوير وتقييم مقياس العبء المعرفي متعدد الأبعاد لبيئات التعلم الفعلية والإلكترونية (MCLS-POL) بواسطة(2021) Andersen & Makransky لتوفير أداة شاملة لتقييم العبء المعرفي في بيئات التعلم المعاصرة. بناءً على مقياس العبء المعرفي السابق (Leppink et al., 2013) ، يعالج MCLS-POL كلاً من مصادر العبء المعرفي التقليدية والمتطلبات المعرفية المتزايدة الناجمة عن عوامل التشتيت في بيئات التعليم الرقمي. ويتكون المقياس من ١٦ مفردة عبر ستة أبعاد متميزة: العبء الداخلي (IL) ، والعبء ذو الصلة (GL) ، والعبء الخارجي من التعليمات(EL-Ins) ، والعبء الخارجي من الضوضاء-(EL-Noi)، والعبء الخارجي من الوسائط (EL-Med) ، والعبء الخارجي من الأجهزة (EL-Dev). يقوم المشاركون بتقييم تجاربهم باستخدام مقياس من نوع ليكرت Likert ، وتشير الدرجات الأعلى إلى زيادة

العبء المعرفي المتصور، باستثناء العبء ذي الصلة حيث تعكس الدرجات الأعلى مشاركة أعمق من المتعلمين.

ولقد تم التحقق من الخصائص السيكومترية للمقياس، وأظهرت نتائج التحليل الإحصائي عن اتساق داخلي مرتفع في جميع المقاييس الفرعية (تراوحت معامل كرونباخ من ٠,٧٣ إلى ٠,٩٣). والأهم من ذلك، نجح MCLS-POLفي التمييز بين سياقات التعلم المادي والتعلم الإلكتروني؛ حيث أبلغ الطلاب عبر الإنترنت باستمرار عن عبء معرفي خارجي أعلى يتمثل على سبيل المثال الضوضاء البيئية، وتعدد المهام في الوسائط المتعددة، وحدوث أعطال في الأجهزة التكنولوجية.

إجراءات البحث: امتدت إجراءات البحث عبر ثلاث مراحل رئيسة:

١. **المرحلة الأولى: التطبيق القبلي**

- تم تطبيق أدوات البحث الثلاثة قبليًا (اختبار مهارات التفكير المنطقي الرياضياتي، مقياس الكفاءة الذاتية في الرياضيات، ومقياس العبء المعرفي متعدد الأبعاد) على كل من المجموعة التجريبية والضابطة، بهدف قياس المستويات الأولية للطلبة قبل تنفيذ التجربة البحثية.
- أظهرت نتائج التحليل الإحصائي القبلي تكافؤ المجموعتين وعدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية في أي من المتغيرات المستهدفة.

٢. **المرحلة الثانية: تطبيق استراتيجية التعلم الرقمي المصغر**

- تلقت المجموعة التجريبية المعالجة التجريبية باستخدام استراتيجية التعلم المصغر على مدى اثني عشر أسبوعًا، حيث تم الدمج بين بيئات التعلم التقليدية والتعلم الرقمي عبر منصة تعليمية إلكترونية متوافقة مع الهواتف الذكية، والأجهزة اللوحية، وأجهزة الحاسوب.
- خلال كل جلسة تدريسية، شارك الطلاب في وحدتين إلى ثلاث وحدات تعليمية مصغرة، صممت كأجزاء تعليمية موجزة ومركزة، تشتمل على:
  - فيديو تعليمي قصير (٥–٨ دقائق).
  - قراءة مفاهيمية موجزة أو رسم بياني.
  - من ٢–٣ أسئلة تفاعلية مع تغذية راجعة فورية مدعومة بالذكاء الاصطناعي.

- شملت الموضوعات :المنطق الرياضي، التركيبات الجبرية، النمذجة الرياضية، التعرف على الأنماط، واستراتيجيات الإثبات.
- شجّع الطلاب على التحكم في سرعة تعلمهم، وإعادة مراجعة المواد التعليمية كلما اقتضت الحاجة، دعمًا للتعلم الذاتي وتخفيف العبء المعرفي.
- في المقابل، تلقت المجموعة الضابطة التعليم التقليدي المعتمد على المحاضرات، والمتسق مع المنهج الدراسي المعتمد، دون التعرض لأي وحدات تعلم مصغرة أو أدوات رقمية.
- ولضبط متغير المعلم، تم تدريس المجموعتين من قبل نفس أعضاء هيئة التدريس.

٣. **المرحلة الثالثة: التطبيق البعدي**

- أُعيد تطبيق أدوات البحث بعد انتهاء فترة التدخل، على المجموعتين، لمقارنة التغير في مهارات التفكير المنطقي الرياضياتي، والكفاءة الذاتية، ومستويات العبء المعرفي.

- تم إعداد دليل المعلم الخاص بالتعلم المصغر، والذي اشتمل على الأهداف التعليمية لكل وحدة، التعليمات الخاصة بالتنفيذ، آلية دمج الوسائط الرقمية، وأمثلة تطبيقية.
- تم تصميم أوراق عمل مصغرة لكل وحدة، تتضمن تمارين تطبيقية تدعم مهارات التفكير، وتسلسلًا معرفيًا يسهم في خفض العبء المعرفي.
- خضعت جميع المواد التعليمية (الوحدات، أوراق العمل، الدليل) للتحكيم من قبل خبراء مختصين في مناهج الرياضيات وتقنيات التعليم.
- حصل الباحثان على موافقة رسمية من لجنة أخلاقيات البحث العلمي بالمعهد العالي للفنون الموسيقية قبل بدء التطبيق.
- تم الحصول على موافقة مستنيرة خطية من جميع المشاركين بعد توضيح أهداف البحث وإجراءاتها.
- التزم الباحثان بالحفاظ على سرية بيانات المشاركين وعدم استخدامها إلا لأغراض البحث، بما يضمن احترام الخصوصية والمعايير الأخلاقية.

المعالجة الإحصائية: تم إجراء تحليل البيانات باستخدام SPSS الإصدار ٢٨. في البداية، تم حساب الإحصاءات الوصفية لتحديد المتوسطات والانحرافات المعيارية وطبيعية توزيعات البيانات باستخدام

اختبارات Shapiro–Wilk ، كما تم إجراء اختبارات t للعينات المستقلة لبيان دلالة الفروق بين متوسطي درجات الطلاب في التطبيق البعدي بين المجموعتين التجريبية والضابطة. ولتحديد الاختلافات بين المجموعات مع التحكم في درجات الاختبار المسبق، تم استخدام تحليل التباين (ANCOVA) تم حساب أحجام التأثير باستخدام Cohen's d لاختبارات t و partial eta squared (η^2) لـ ANCOVA لتقييم الأهمية العملية للنتائج. ولقد تم تحديد الدلالة الإحصائية عند مستوى دلالة $p < .05$ ، مع إيلاء اهتمام أكبر للنتائج عند $p < .01$ و $p < .001$ لتسليط الضوء على النتائج الأكثر قوة. باختصار، سمحت هذه المنهجية شبه التجريبية بإجراءاتها الصارمة للباحثين بتقييم فعالية التعلم المصغر بشكل منهجي كاستراتيجية تعليمية رقمية لتنمية الكفاءات الرياضية الأساسية لدى طلاب الجامعات في الكويت، مع التحكم في المتغيرات الدخيلة المحتملة وضمان موثوقية وصحة البيانات التي تم جمعها.

الأدبيات النظرية والدراسات ذات الصلة

التعلم المصغر في تدريس الرياضيات:

يعد التعلم المصغر أحد أبرز الطرائق التربوية الناشئة، ويتميز في المقام الأول بتركيزه على الإيجاز والمرونة والتصميم المرن للمادة التعليمية والمتمحور حول المتعلم. ويشير المبدأ الأساسي للإيجاز والاختصار إلى أن المحتوى التعليمي يتم تقديمه في وحدات صغيرة bite-size module وسهلة الفهم، مما يسمح للمتعلمين بالتفاعل مع المادة التعليمية بطريقة فعالة من حيث ما تستغرقه من وقت. ويعزز هذا الشكل الموجز من الاحتفاظ بالمعلومات ويساعد على تقليل العبء المعرفي الزائد، وهو ما تدعمه الدراسات التي تشير إلى زيادة رضا المتعلمين وتحسين نتائج الأداء المرتبطة بوحدات التعلم الموجزة (Cronin & Durham, 2024; Závodná et al., 2024)

ومن ثم يتيح نمط التعلم المصغر للمتعلمين فرصة الوصول بسهولة إلى المحتوى التعليمي المخصص لاحتياجات المتعلمين وخلفياتهم المحددة، فعلى سبيل المثال، يمكن للطلاب اختيار وحدات تعليمية معينة بناءً على معارفهم أو مهاراتهم السابقة، مما يعزز التعلم الذاتي. ويتسم نمط التعلم المصغر باستخدام محتوى الفيديوهات المختلفة الأمر الذي يساعد في تحسين تنظيم العملية التعليمية بشكل فعال مما يسهل إنشاء مسارات تعليمية تراعي الفروق الفردية بين المعلمين وفق امكاناتهم وقدراتهم المختلفة، بما يجعلها متوافقة مع خبرات المتعلمين (Hlazunova et al., 2024). علاوة على ذلك، تتيح استراتيجية التعلم المصغر مرونة متميزة تسمح بالتفاعل المتكرر مع المادة التعليمية، مما يمكن أن يعزز بشكل كبير من استبقاء أثر التعلم والرضا عن خبرات التعلم. ومما يميز هذا النمط من التعلم قدرة المتعلمين على الاستفادة من القدرة

على إعادة زيارة المحتوى التعليمي عند الحاجة إليه حيث يمكن للمتعلم دراسة المحتوى في الوقت والمكان الملائم له مرات متعددة (Cronin & Durham, 2024).

أضف إلى ذلك، يتسم التعلم المصغر بالتركيز على تعزيز مشاركة المتعلم في عملية التعلم، واندماجه واستغراقه مع المادة التعليمية التي يقدمها المعلم، حيث تؤكد دراسة "ألياس، ورزاق" (ALIAS & Razak, 2023) أن التعلم المصغر يمكن أن يمثل استراتيجية تعليمية فعالة بشكل خاص في الحفاظ على انتباه المتعلمين لأطول فترة ممكنة وتحسين تركيزهم من خلال استخدام مهام تعليمية قصيرة ومتنوعة وتفاعلية. وينسجم تقديم وحدات تعليمية صغيرة مع المتغيرات العصبية والنفسية التي توضح كيف يمكن الحفاظ على مدى الانتباه بشكل أكثر فعالية عندما يتم تقديم وحدات صغيرة من المعلومات للمتعلمين على فترات منتظمة. ومن هذا المنطلق، يتوافق هذا الجانب من التعلم المصغر بشكل خاص مع الخصائص المعرفية للمتعلمين في الوقت الراهن، الذين غالبًا ما يواجهون صعوبات في التعلم التقليدي (Herdian et al., 2023).

بالإضافة إلى مزاياها التربوية، تمثل التعلم المصغر استجابة للمتطلبات المتطورة للتعلم في العصر الرقمي، حيث توفر حلولًا مرنة وسهلة الوصول ومبتكرة في سياقات متنوعة، بدءًا من التعليم العالي وحتى بيئات التدريب المؤسسي (Sankaranarayanan et al., 2022; De Gagné et al., 2019)، إن استخدام استراتيجية التعلم المصغر في بيئات تعليمية مختلفة يمكن أن يؤدي إلى تحسن ملحوظ ليس فقط في التحصيل المعرفي والأداء الأكاديمي بل يمتد الأمر إلى تعزيز الكفاءات ومقاييس الأداء بصفة عامة (Mercan et al., 2023). ومن ثم يمكن النظر إلى التعلم المصغر بأنه استراتيجية تدريسية تعتمد بشكل رئيس على تقديم وحدات تعليمية مصغرة، تتسم بالإيجاز والتركيز على المسارات المعيارية، والمرونة تقديم خبرات التعلم الأمر الذي يعزز مشاركة المتعلمين من خلال تنسيقات نشطة وديناميكية. ومن ثم يزداد الاهتمام باستراتيجية التعلم المصغر، بل من المتوقع أن يؤثر بشكل كبير على التجارب التعليمية من خلال معالجة التحديات المعاصرة في مجال التعليم.

مهارات التفكير المنطقي الرياضي

يتضمن التفكير المنطقي الرياضياتي أنماطاً مختلفة من التفكير من أبرزها التفكير الاستنتاجي والاستقرائي والتناظري، والتي يؤدي كل منها دورًا مهمًا في تعلم الرياضيات وتطبيقها في مجالات الحياة المختلفة. ويتضمن التفكير الاستنتاجي استخلاص استنتاجات محددة من قواعد أو فرضيات عامة، بينما يتضمن التفكير الاستقرائي تكوين تعميمات بناءً على حالات محددة. ويعد دمج أنواع التفكير هذه أمرًا ضروريًا لتنمية التفكير الرياضياتي ومهارات حل المشكلات لدى الطلاب. ويتيح الاستدلال الاستنتاجي، الذي يتميز بالاعتماد على النظريات الرياضياتية الراسخة والأطر المنطقية، للطلاب التوصل إلى استنتاجات قابلة

للتطبيق عالميًا، شريطة صحة الفرضيات (Pangestika & Faiziyah, 2022)، على سبيل المثال، عند تدريس الاستدلال الاستنتاجي، قد يبدأ الطالب بالبديهيات أو النظريات التي تم التحقق من صحتها مسبقًا لحل المشكلات المعقدة (Siswono et al., 2020). ويمثل الاستدلال الاستنتاجي أساساً للبراهين الرياضياتية وغالبًا ما يتم التأكيد عليه في تعليم الرياضيات في المستويات العليا(Rahmawati et al., 2018) ، ومن الجدير بالذكر أن مثل هذا النوع من الاستدلال لا يدعم الصحة/ الدقة الرياضية فحسب، بل يعزز أيضًا الوضوح المنطقي، مما يجعله ضروريًا في تعزيز الحجج والبراهين الرياضية (Ayalon & Even, 2008).

وعلى العكس من ذلك، يعد الاستدلال الاستقرائي ضروريًا لتعزيز التفكير النقدي والملكات الإبداعية لدى المتعلمين، ويسير هذا النوع من الاستدلال من أمثلة محددة بعينها إلى تعميمات أوسع، مما يوفر مسارات استكشافية وغالبًا ما تستخدم بشكل تجريبي لحل المشكلات الرياضية (Kamsurya & Ngadino, 2024)، ويؤكد "مومو وتانوجايا" (Mumu & Tanujaya, 2019) أن العديد من الطلاب يهملون الاستخدام الفعال لمهاراتهم في الاستدلال الرياضياتي عند القيام بالمهام الرياضياتية، مما يشير إلى الحاجة إلى أساليب تعليميو منظمة تعزز من قدرات الاستدلال الاستقرائي والاستنتاجي لديهم. بالإضافة إلى ذلك، يوفر الاستدلال الاستقرائي رؤى قيمة تساهم في صياغة الفرضيات والنظريات في الرياضيات (Christou & Papageorgiou, 2007).

وفيما يتعلق بالتفكير التناظري، فعلى الرغم من قلة مناقشته ودراسته على مدى واسع، إلا أن له أهمية كبيرة في سد الفجوة بين المنهج الاستقرائي والاستنتاجي في التفكير. ومن ثم يساعد التفكير التناظري الطلاب على التعرف على الأنماط والعلاقات، مما يسمح لهم برسم أوجه التشابه بين السياقات الرياضية المختلفة (Sameth & Lessy, 2022). ويعزز ذلك العمليات المعرفية المرتبطة بالتعلم، مما يمكّن الطلاب من تطبيق الاستراتيجيات المعروفة على مشكلات جديدة أو غير مألوفة، وبالتالي إثراء مجموعة أدوات التفكير الرياضي لديهم بشكل عام.

وتأسيساً على ذلك، يعتمد التفكير الرياضياتي الفعال في السياقات التعليمية على ضرورة وجود منهج متوازن يدمج العديد من أنماط التفكير والتي من أبرزها: التفكير الاستنتاجي والاستقرائي والتناظري أثناء تعامل الطلاب مع المشكلات الرياضية. إن تعزيز قدرات المتعلمين في هذه المجالات لا يعزز التفكير المنطقي فحسب، بل يزودهم أيضًا بالمهارات الأساسية لتطبيق ذلك النمط من التفكير في السياقات الأكاديمية المختلفة على أوسع نطاق. لذلك، يجب أن يعكس الإطار التعليمي هذا المنهج متعدد الأبعاد للتفكير، مما يضمن إتقان الأجيال القادمة للتعامل مع المفاهيم الرياضية بشكل نقدي وإبداعي.

الكفاءة الذاتية في الرياضيات

تشير الكفاءة الذاتية في الرياضيات، كما تؤصل لها نظرية باندورا للكفاءة الذاتية Self-efficacy (Bandura, 1986)، إلى إيمان الفرد بقدرته على تنفيذ مهام رياضياتية محددة بنجاح. ويعد مفهوم الكفاءة الذاتية مهماً للغاية لأنه لا يؤثر فقط على نهج الفرد في التعلم وحل المشكلات في الرياضيات، بل يؤثر أيضًا على أدائه الأكاديمي العام وتحصيله الأكاديمي. ويؤكد باندورا (١٩٨٦) أن المعتقدات المتعلقة بالكفاءة الذاتية تؤثر بشكل كبير على اختيارات الأشخاص في التعلم، وما يبذلونه من مجهود في إنجاز المهام التعليمية، ومثابرتهم في القيام بتلك المهام، والنواحي الوجدانية المتعلقة بالمهام التي يقومون بها. وتشير العديد من الدراسات والبحوث إلى أن الكفاءة الذاتية في الرياضيات تتكون من خلال تضافر العديد من المصادر، بما في ذلك تجارب الإتقان، والنمذجة الاجتماعية، والإقناع اللفظي، والحالات الوجدانية. يشير (أورال، ٢٠١٥) إلى أن التجارب الشخصية والأداء السابق لها دور محوري في تشكيل معتقدات الفرد حول الكفاءة الذاتية في الرياضيات، مما يشير إلى أن النجاح في أداء المهام الرياضية يعزز مستويات الثقة لدى الطلاب (Ural, 2015). وتشير نتائج دراسة "أشير" (Usher, 2009) إلى أن ثمة دليلًا إضافيًا يوضح أن تجارب الإتقان، أي النجاحات السابقة في الرياضيات، ترتبط بزيادة الكفاءة الذاتية وتحسين الأداء اللاحق في الرياضيات.

تُعد الكفاءة الذاتية من المفاهيم المركزية في ميدان علم النفس التربوي، حيث تشير إلى تصورات الفرد الذاتية حول قدراته على تنفيذ المهام المطلوبة وتحقيق النجاح المنشود. وقد تنوعت تعريفات الباحثين لهذا المفهوم وفقاً للسياق الذي طُبّق فيه. يُعرّف سعد (٢٠١٤، صـ٢٥٤) الكفاءة الذاتية بأنها "حكم الفرد على نفسه أو تقييمه لذاته من حيث قدرته على النجاح في أداء مهمة محددة المستوى، أو قدرته على بذل مزيد من الجهد لتحقيق أهداف معينة". ويضيف أن الكفاءة الذاتية تُعد أداة تفسيرية وتنبؤية فعالة للمستوى الأكاديمي للمتعلمين في المواد الدراسية المختلفة، كما أنها مؤشر مهم لتقدير الجهد المتوقع بذله من المعلم أو المتعلم أثناء أداء المهام التعليمية. أما بشاي (٢٠١٧، صـ١٢) فيركز في تعريفه للكفاءة الذاتية على بعدها التخطيطي والتنظيمي، إذ يراها "معتقدات الطلاب حول قدراتهم على تخطيط وتنظيم وتحليل أنشطة التعلم، بما يمكنهم من تحقيق النجاح والوصول إلى الأهداف المرجوة". ويعكس هذا التعريف بُعدًا معرفيًا وتنظيميًا مهماً، حيث يعبر عن الكفاءة الذاتية كشرط مبدئي لتحقيق التعلم الذاتي والموجّه بالهدف.

من جهة أخرى، يعرّف بروق (٢٠٢٠، صـ١٥) الكفاءة الذاتية من منظور تخصصي يرتبط بتعلم الرياضيات، باعتبارها "معتقدات الطالب حول قدرته على تعلم الرياضيات، ومدى امتلاكه للقدرات والإمكانات اللازمة لإنجاز المهام الرياضية"، موضحًا أن الكفاءة الذاتية تقاس بناءً على درجة استجابة الطالب لمقياس خاص يُعد لهذا الغرض. ويتوافق هذا الطرح مع التوجهات الحديثة التي ترى الكفاءة الذاتية

كعامل محدد للتعلم التخصصي، ولا سيما في المواد التي تتطلب مهارات تحليلية وتجريدية كعلم الرياضيات. وفي السياق ذاته، عرّف حسن (٢٠٢٠) الكفاءة الذاتية بأنها "معتقدات الطلاب حول قدرتهم على تنفيذ المهام التدريسية بفعالية، بما في ذلك توظيف التكنولوجيا في إنجاز هذه المهام، والقدرة على تجاوز التحديات التي قد تواجههم خلال العملية التعليمية، وتحقيق نواتج التعلم المرجوة"، مشيرًا إلى أنها تُقاس كذلك من خلال مقياس مصمم لقياس هذا البُعد. ويُبرز هذا التعريف العلاقة بين الكفاءة الذاتية من جهة، وتكامل الأدوار التربوية المعاصرة من جهة أخرى، خاصة في ظل الاعتماد المتزايد على التكنولوجيا في التعليم. يتضح مما سبق أن الكفاءة الذاتية ليست فقط إدراكًا ذاتيًا لقدرة الفرد على الأداء، بل هي إطار معرفي وانفعالي وسلوكي يؤثر في سلوك المتعلم وقراراته التعليمية، ويُعد مؤشرًا حاسمًا في التنبؤ بالتحصيل الأكاديمي، والالتزام بالتعلم، وتحقيق نواتج تعلم فعالة في بيئات تعليمية معاصرة ومتغيرة.

علاوة على ذلك، أوضحت درسات متعددة الأثار الإيجابية للكفاءة الذاتية في تعلم الرياضيات على الأداء الأكاديمي(Ruijia et al., 2022) ، حيث يرتبط انخفاض الكفاءة الذاتية بمستوى مرتفع من القلق، مما يقلل من تركيز الطلاب ويؤدي في النهاية إلى قصور في الآداء الأكاديمي (Ruijia et al., 2022)، وينسجم ذلك مع نتائج دراسة "جوزلير وأكين" Güzeller and Akın (2017)، والتي تسلط الضوء على أن المستويات المرتفعة من الكفاءة الذاتية في الرياضيات ترتبط ارتباطًا إيجابيًا بمستويات أعلى من التحصيل لأكاديمي للطلاب. وبالمثل، تؤكد دراسة "راحماواتي وأخرون" (Rahmawati et al., 2022)أن الكفاءة الذاتية تعد مؤشر موثوق به في التنبؤ بالنجاح الأكاديمي، لا سيما في الرياضيات، مما يعزز المسلمة التي تقوم عليها نظرية إلبرت باندوراوا Bandura والتي تقضي بأن الكفاءة الذاتية الإيجابية ترتبط ارتباطاً وثيقاً بارتفاع مستوى التحصيل الأكاديمي (Rahmawati et al., 2022).

تشير الأدبيات التربوية إلى أن الكفاءة الذاتية ليست بُعداً أحادياً، بل هي مفهوم متعدد الأبعاد يتأثر بسياقات متنوعة ومتغيرة، ويُعد فهم هذه الأبعاد أمرًا حاسمًا في بناء تصورات دقيقة عن آليات دعم المتعلم وتطوره الأكاديمي والانفعالي. ومن أبرز هذه الأبعاد التي أوردها الزيات (٢٠٠١)، وقطامي (٢٠٠٤)، ومحمود (2010) :

١. **البعد العام:** يتطلب هذا البعد أن تتضمن مقاييس الكفاءة الذاتية إدراك الأفراد لقدرتهم على أداء المهام عبر مستويات مختلفة من الصعوبة، وفي سياقات بيئية متعددة. وهذا يعكس قدرة الفرد على التكيف مع المواقف المتغيرة واتخاذ قرارات فاعلة في مواقف غير مألوفة، وهو ما يُعد أساسًا في بناء الثقة بالنفس في مختلف مواقف الحياة.

٢. **البعد الاجتماعي:** يتجلى هذا البعد في اعتقادات الأفراد حول كفاءتهم الذاتية ضمن الأطر والسياقات الاجتماعية. فالكفاءة الذاتية لا تُبنى في فراغ، بل تتشكل من خلال التفاعلات الاجتماعية والبيئات الثقافية المحيطة، مما يجعل هذا البعد محوريًا في فهم دوافع الأفراد وسلوكياتهم في المواقف التعاونية والتعليمية الجماعية.

٣. **البعد الأكاديمي:** يعكس هذا البعد تصورات الأفراد حول قدراتهم في مختلف المجالات الأكاديمية، سواء كانت عامة أو نوعية، وعبر مراحل عمرية متعددة. وتتصل هذه التصورات مباشرة بأداء الطالب وتحقيقه الأكاديمي، إذ تلعب الكفاءة الذاتية الأكاديمية دورًا رئيسًا في تنظيم الجهد، ومثابرة التعلم، وتقبل التحديات، وتوقع النجاح.

ومن الجوانب المهمة المرتبطة بالكفاءة الذاتية في الرياضيات ما يتعلق بدورها الوسيط في إدارة القلق وتعزيز المرونة لدى المتعلمين، وتوضح دراسة "أكسو" (Aksu et al., 2016) أن الطلاب الذين يتمتعون بفعالية ذاتية مرتفعة في الرياضيات يتمتعون من مستويات أقل من القلق أثناء أداء المهام الرياضية، مما يسهل تجربة تعلم أكثر تركيزًا وفعالية. وعلى العكس من ذلك، قد يتجنب الطلاب الذين يشككون في قدراتهم المشكلات الرياضياتية الصعبة للغاية، مما يخلق حلقة مفرغة من الأداء الضعيف وتناقص الفعالية الذاتية (Chen, 2006). ومن ثم فإن هناك ارتباطاً وثيقاً بين الكفاءة الذاتية من ناحية والتحصيل الأكاديمي، الأمر الذي يشير إلى أن تقييم الطلاب الذاتي لقدراتهم له تأثير مباشر على أدائهم في حل المسائل الرياضياتية. الأمر الذي يتضمن أن تعزيز الكفاءة الذاتية للطلاب من خلال استخدام استراتيجيات تدريسية تركز على الإتقان والتغذية الراجعة الإيجابية مما قد يؤدي إلى تحسين كبير في أدائهم في الرياضيات.

نظرية العبء المعرفي:

تقضي نظرية العبء المعرفي (CLT) بأن التعلم يرتكز في الأساس على قدرات وقيود الذاكرة العاملة working memory، والتي تتسم بأنه لها موارد معرفية محدودة. ومن ثم يجب أن تتعامل بيئات التعلم الفعالة مع ثلاثة أنواع متميزة من العبء المعرفي: العبء الداخلي Intrinsic، والعبء الخارجي extrinsic، والعبء ذو الصلة germane. إن فهم هذه الفئات أمر بالغ الأهمية للمعلمين الذين يهدفون إلى تحسين تصميم التعليم. ويشير العبء المعرفي الداخلي إلى الصعوبة الكامنة في المعلومات أو المهام، والتي تتأثر بتعقيد المحتوى الذي يتم تعلمه والمعرفة المسبقة للمتعلم (Young et al., 2014). على سبيل المثال، يواجه المتعلمون ممن لديهم معرفة أساسية أكبر بموضوع ما حملًا/ عبئاً داخليًا أقل مقارنة بأقرانهم من المبتدئين (Kalyuga, 2011)، ويعد هذا النمط من العبء ضروري للغاية؛ فهو ليس سلبيًا بطبيعته لأنه

ضروري لتحقيق مزيد من الفهم وتحقيق معدل أكبر من اكتساب المهارات. ومع ذلك، عندما يتجاوز العبء الداخلي قدرة المتعلم، يمكن أن يعيق عملية التعلم (Khalil et al., 2010).

وينشأ العبء المعرفي الدخيل extrinsic من طريقة تقديم المعلم المعلومات وعرضها، وليس من المحتوى نفسه، حيث يمكن أن يسهم سوء التصميم التعليمي - مثل عدم وضوح التعليمات أو المعلومات غير ذات الصلة أو المواد المعقدة للغاية – في زيادة العبء المعرفي الدخيل ويقلل من فعالية التعلم (Lange et al., 2017. وتشير نتائج البحوث إلى وجود علاقة سلبية بين العبء المعرفي الدخيل والعبء المعرفي ذي الصلة، مما يشير إلى أن تقليل العوامل الدخيلة يمكن أن يحرر المصادر المعرفية لعمليات تعلم أكثر إنتاجية (Costley et al., 2021)، فعلى سبيل المثال، تؤدي أساليب التدريس الواضحة إلى تحسين الفهم وتقليل العبء المعرفي أثناء التعلم الإلكتروني.

أخيرًا، يرتبط العبء المعرفي ذو الصلة بالجهد العقلي المبذول في اتمام عملية التعلم، مثل تنظيم المعلومات الجديدة ودمجها في الهياكل المعرفية القائمة بالفعل لدى المتعلم (De Jong, 2009) ويدعم هذا العبء المعرفي بناء المخططات المعرفية، وهي عملية أساسية للتعلم العميق والاحتفاظ بالمعرفة. وغالبًا ما يُعتبر هذا العبء المعرفي إيجابيًا لأنه يسهم بشكل فعال في فهم المعرفة المقدمة للمتعلمين وتطبيقها في مواقف جديدة (Zu et al., 2018)، أضف إلى ذلك يقلل إعداد سيناريو تعليمي مثالي لعمية التعلم من العبء الدخيل إلى أدنى حد قي حين يزداد العبء المعرفي ذي الصلة إلى الحد الأقصى، مما يسهل عملية التعلم بشكل أكثر فعالية (McLaughlin et al., 2023).

ومع ذلك، فإن الفروق المفاهيمية بين هذه الأنواع من العبء المعرفي قد تكون غير واضحة إلى حد ما في أثناء الممارسة الفعلية في الصف الدراسي. في حين يرى البعض أن العبء ذي الصلة غالبًا ما يُعامل كفئة تكميلية لنمطي العبء المعرفي: العبء المعرفي الداخلي والعبء المعرفي الخارجي/ الدخيل، ويرى بعض الباحثين أنه قد يتداخل بشكل كبير مع العبء المعرفي الداخلي(Sewell et al., 2019) . ويُبرز هذا الجدل الأكاديمي المستمر ضرورة توفر فهم دقيق لأنماط العبء المعرفي، لا سيما أنها تنطبق على سياقات تعليمية متنوعة (Leppink & Heuvel, 2015). ومن هذا المنطلق، يعتمد التطبيق الفعال لنظرية العبء المعرفي على معرفة هذه الأنماط الثلاث من العبء المعرفي، من خلال تقليل العبء المعرفي الدخيل إلى الحد الأدنى وتحسين منهجيات وطرائق التدريس المتبعة، ويمكن للمعلم ضمان أن يكون العبء الداخلي مناسبًا لمستوى خبرة المتعلم، وبالتالي تعزيز بيئة مواتية لزيادة العبء المعرفي ذي الصلة الإيجابي، الأمر الذي يسهم في تحقيق نتائج تعليمية أكثر عمقًا (McLaughlin et al., 2023).

وفيما يتعلق بتدريس الرياضيات، تلعب نظرية العبء المعرفي (CLT) دورًا محوريًا في تشكيل خبرة تعلمية فعالة وذلك من خلال معالجة حدود الذكرة العاملة والقدرات المعرفية للمتعلمين أثناء عمليات التعلم.

ومن منطلق أن نظرية العبء المعرفي تقوم على أن المتعلمين لديهم ذاكرة عاملة محدودة، وبالتالي، يجب أن يسعى التصميم التعليمي إلى تحسين هذا المكون المعرفي لتسهيل فهم المفاهيم الرياضية وحفظها بشكل أفضل (Asmara et al., 2020). وتشير البحوث إلى أن تقديم الدعم التعليمي يقلل بشكل استراتيجي من العبء المعرفي الخارجي/ الدخيل مع الإدارة الفعالة للعبء المعرفي الداخلي، الأمر الذي يمكن أن يعزز نتائج التعلم بشكل كبير. فعلى سبيل المثال، أظهرت التعديلات التي أُدخلت على أسئلة الاختبارات الرياضياتية تحسنًا في الأداء من خلال تقليل العبء المعرفي الخارجي، ولقد كانت هذه التعديلات بالغة الأهمية لأنها تمنع الجوانب غير ذات الصلة بالمهام الرياضية من إرباك الطلاب(Gillmor et al., 2015). علاوة على ذلك، أظهرت دراسة (Banerjee & Gautam, 2024) أن الاعتماد على استخدام استراتيجيات تعليمية قائمة على نظرية العبء المعرفي CLT نتائج واعدة في تلبية الاحتياجات التعليمية للمتعلمين في مادة الرياضيات، مما يسمح للمعلمين بصياغة ممارسات صفية شاملة تسهل الفهم بين الطلاب ذوي القدرات العقلية والمعرفية المتفاوتة.

علاوة على ذلك، تدعم الأدلة التجريبية أن انخفاض العبء المعرفي غير ذي الصلة germane في تصميم دروس الرياضيات قد أدى إلى تحسين تجربة التعلم في مادة الرياضيات. على سبيل المثال، أظهرت البحوث أنه عند التخلص من صعوبة بعض المهام التعليمية والناشئ عن عوامل لا ترتبط بالمشكلة الرياضياتية، يمكن للطلاب التركيز على المبادئ الأساسية للرياضيات، مما يؤدي إلى تحقيق فهم أقوى (Yohanes & Yusuf, 2021). وبالمثل، يمكن أن يؤدي الاستفادة من التكنولوجيا الحديثة في تعليم الرياضيات، عندما تتوافق بشكل كافٍ مع مبادئ نظرية العبء المعرفي، إلى تحسين تجربة تعلم الرياضيات. ومن ثم ينبغي أن يتجنب التعليم الفعال القائم على الكمبيوتر العيوب الشائعة، والتي تتمل في أبرزها في التأثيرات الدخيلة التي تشتت الانتباه، والتي يمكن أن تؤدي إلى تفاقم العبء المعرفي، مما يمكّن الطلاب من تعلم الرياضيات بشكل أكثر كفاءة (Clarke et al., 2005; Es-Sajjade & Paas, 2020).

في ضوء هذه النتائج، يتم تشجيع المعلمين على اعتماد مباديء نظرية العبء المعرفي كدليل أساسي في تصميم المناهج والممارسات التعليمية. وهذا لا يشمل فقط تقليل العبء المعرفي الزائد، بل أيضًا خلق فرص لتحقيق عبء معرفي منطقي ومناسب من خلال استخدام أساليب تعليمية مثل تمارين حل المشكلات، وخلق بيئات التعلم التفاعلية التي تعزز المشاركة الأكثر عمقاً فيما يتعلق باستيعاب المفاهيم الرياضية (Ji, 2021). وتأسيساً على ما سبق، يمكن أن يؤدي تبني مبادئ نظرية العبء المعرفي إلى تغييرات جذرية في تدريس الرياضيات، مما يجعله أكثر سهولة وفعالية لجميع المتعلمين.

وفي سياق متصل، يمكن القول أن أحد أبرز طرق تقليل العبء المعرفي الزائد تتمثل في استخدام نمط التعلم المصغر، والذي يقوم – كما أسلفا من قبل – على تقديم المحتوى الدراسي في أجزاء قصيرة ومركزة.

تقلل هذه الطريقة بشكل فعال العبء المعرفي الزائد عن طريق السماح للمتعلمين بالتفاعل مع المحتوى في أجزاء يمكن التحكم فيها، مما يسهل حفظ المعلومات وفهمها بشكل أفضل. وتتوافق استراتيجية التعلم المصغر مع مبادئ نظرية العبء المعرفي من خلال تقليل احتمالية حدوث العبء المعرفي الزائد، والذي يُعرَّف بأنه العبء المعرفي الناشئ عن طريقة تقديم المعلومات وليس عن التعقيد المتأصل في المادة التعليمية. ووفقًا لما أورده "سويلر" (Sweller, 2010) يمكن أن يصبح العبء المعرفي مرهقًا عندما يتم تقديم الكثير من المعلومات للمتعلمين في وقت واحد أو بطريقة معقدة، مما يعطل قدرتهم على معالجة المعرفة ذات الصلة بالمهمة التعليمية بفعالية (Sweller et al., 2019). ومن ثم يسعى نمط التعلم المصغر إلى التغلب على هذا الأمر من خلال استخدام جلسات تعليمية قصيرة مصممة خصيصًا لتقليل عوامل التشتت التي تواجه المتعلم وتؤثر سلباً على تركيز انتباهه على المفاهيم الأساسية (Skulmowski & Xu, 2022; Ghanbari et al., 2020)

علاوة على ذلك، يمكن دمج استراتيجية التعلم المصغر مع تقنيات تعليمية متعددة من أبرزها: تزويد المتعلم بالأمثلة العملية والوسائل البصرية لدعم الفهم والاستيعاب، مما يقلل من العبء المعرفي الإضافي (Aldekhyl et al., 2018). فعلى سبيل المثال، يساعد استخدام الأمثلة التوضيحية المتعلمين على التركيز على الجوانب الرئيسية للمهمة التعليمية مما يقلل من الضغط أو العبء المعرفي غير الضروري المرتبط بمعالجة المعلومات من خلال توفير مسارات تعليمية واضحة ومنظمة (Anderson, et al., 2016; Fraser et al., 2015)، حيث يتوافق التركيز على تجزئة المهمة التعليمية وتوقيت تقديم هذه الأجزاء بشكل جيد مع النتائج التي تشير إلى أنه يمكن تقليل العبء المعرفي الزائد من خلال تجزئة المهام والقيام بتوفير تصميم تعليمي جيد (Huang et al., 2020; Fraser et al., 2015).

بالإضافة إلى ذلك، من الضروري تهيئة بيئة تعليمية مواتية للتعلم المصغر، حيث يتم تقليل عوامل التشتيت إلى أدنى حد ممكن، ويمكن أن يتأتى ذلك من إنشاء تجارب تعليمية منظمة، مثل صياغة مهام تعليمية مبسطة تراعي المستويات المختلفة للمتعلمين، بما يسهم وبفعالية في تخفيف العبء المعرفي بشكل كبير (Bilderback, 2024; Thomas, 2024). علاوة على ذلك، فإن تطبيق هذه المبادئ في سياقات تعليمية محددة، مثل التدريب واكتساب المهارات، بما يظهر الفوائد التعليمية للتعلم المصغر ودوره في تحسين أداء المتعلمين من خلال ضمان تصميم المادة التعليمية على النحو الذي يضمن أقصى استيعاب للمعلومات، بدلاً من إهدارها في تحميل زائد غير ضروري يخلق بدوره عبئاً معرفياً يعيق التعلم أو يقلل من أثاره(Spijkerman et al., 2025; Aldekhyl et al., 2018). تأسيساً على ما سبق، يُعد استخدام إستراتيجية التعلم المصغر استراتيجية تعليمية تستند إلى مبادئ نظرية العبء المعرفي، وتعالج بشكل فعال

التحدي المتمثل في ازدياد العبء المعرفي الزائد، وذلك من خلال التركيز على تقديم المحتوى الدراسي في صيغ مجزأة وجذابة، تمكن مصممي البرامج التعليمية من تحسين تجارب التعلم ونتائجه.

نتائج البحث ومناقشتها:

نتائج الفرض البحثي الأول ومناقشتها:

ينص الفرض البحثي الأول على: " **توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية ممن استخدموا التعلم من خلال وحدات التعلم المصغر في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير المنطقي الرياضياتي مقارنةً بالطلاب الذين يتلقون التعليم التقليدي.**" ولبيان دلالة الفروق الإحصائية بين المجموعتين التجريبية والضابطة في كل بعد من أبعاد مهارات التفكير المنطقي الرياضي (الأنماط العددية والمنطقية، وتفسير البيانات، وحل المشكلات الرياضية المرتبطة بالحياة اليومية)، وكذلك في المجموع الكلي لدرجات اختبار التفكير المنطقي الرياضياتي، تم حساب اختبار"ت" t-test للعينات المستقلة. ويقدم الجدول ٣ المتوسطات والانحرافات المعيارية وقيم اختبار"ت" وقيم مستوى الدلالة الإحصائية p وحجم التأثير (Cohen's d) لكل بعد على حدة وللمجموع الكلي لدرجات مهارات التفكير الرياضي.

الأسئلة	المجموعة	ن	المتوسط	الانحراف المعياري	قيمة "ت"	درجات الحرية	قيمة الدلالة P-value	حجم التأثير Cohen's d
الأنماط العددية والمنطقية	التجريبية	38	8.45	1.12	6.01	٧٧	<.001	1.18
	الضابطة	41	5.65	1.38				
تفسير البيانات	التجريبية	38	8.02	1.21	4.01	٧٧	<.001	0.78
	الضابطة	41	5.55	1.43				
	التجريبية	38	9.01	0.85	7.95	٧٧	<.001	1.53

حل المشكلات الرياضية المرتبطة بالحياة اليومية	**الضابطة**	41	6.20	1.22				
الدرجة الكلية	**التجريبية**	38	25.48	3.72	6.90	٧٧	<.001	1.36
	الضابطة	41	19.80	4.11				

كما هو موضح في الجدول (٣)، تفوق طلاب المجموعة التجريبية بشكل ملحوظ على طلاب المجموعة الضابطة في جميع أبعاد مهارات التفكير الرياضي الثلاثة. وقد لوحظت أكبر فرق في بعد "حل المشكلات الرياضياتية المرتبطة بالحياة اليومية" (م = 9.01) مقابل (م= 6.20)، مما أدى إلى وجود حجم أثر كبير للغاية (d = 1.53) ، كما أظهر بُعد "الأنماط العددية والمنطقية" فرقًا كبيرًا، حيث بلغ متوسط الفرق (٢,٨٠) درجة وحجم الأثر كبير (d = 1.18). وبالمثل، أظهر بُعد "تفسير البيانات" فرقًا ذي دلالة إحصائية، الأمر الذي أدى إلى وجود حجم أثر (d = 0.78). والأهم من ذلك، أن المجموع الكلي لاختبار مهارات التفكير الرياضياتي كان أيضًا أعلى بشكل ملحوظ للمجموعة التجريبية (م= 25.48) مقارنة بالمجموعة الضابطة (م= 19.80)، مع حجم تأثير كبير .(d = 1.36) توفر هذه النتائج مجتمعة دليلًا قويًا على فعالية وحدات التعلم المصغر في تعزيز التفكير الرياضي عبر مجالات معرفية محددة.

مناقشة نتائج الفرض الأول

وقد أسفرت النتائج عن وجود فروق دالة إحصائيًا في جميع أبعاد مهارات التفكير المنطقي الرياضياتي (الأنماط العددية والمنطقية، تفسير البيانات، حل المشكلات المرتبطة بالحياة اليومية)، وكذلك في الدرجة الكلية، لصالح المجموعة التجريبية التي درست باستخدام وحدات التعلم المصغر. وقد تراوحت حجم الأثر بين المرتفع (d = 0.78) والمرتفع جدًا (d = 1.53) ، مما يدل على قوة وفعالية هذا النمط من التعلم في تعزيز مهارات التفكير المنطقي. وتتفق هذه النتائج مع ما توصلت إليه دراسة (Alqahtani & Rajab, 2022) التي أظهرت أن التعلم المصغر يسهم بفعالية في رفع كفاءة المتعلمين في التعامل مع المشكلات المركبة من خلال توفير محتوى تعليمي متسلسل ومتماسك يسهل استيعابه دون إثقال العبء المعرفي. كما دعمت دراسة Cheng et al. (2021) هذه الفرضية، مشيرة إلى أن استخدام وحدات مصغّرة قائمة على مواقف حياتية يسهم في تحسين الفهم التطبيقي والمنطقي لدى الطلاب.

بالإضافة إلى ذلك، أكدت دراسة Abdullah & Hassan (2020) أن وحدات التعلم المصغر تُعد أداة فعالة لتطوير مهارات التفكير التحليلي، حيث تعمل على تجزيء المحتوى إلى وحدات قصيرة قابلة للهضم،

مما يدعم بناء المعرفة بصورة تراكمية. وهذا يتماشى مع نظرية الحمل المعرفي (Sweller, 2011) ، التي تشير إلى أن تقليل المعلومات المتداخلة والمركبة في وقت واحد يساعد على تحسين المعالجة الذهنية وبناء المخططات المعرفية. كما أن تفوق طلاب المجموعة التجريبية في بعد حل المشكلات المرتبطة بالحياة اليومية على وجه الخصوص، يشير إلى أن التعلم المصغر يعزز نقل التعلم من السياق الأكاديمي إلى السياق الواقعي، وهو ما أشار إليه Morris & Taub (2019) في إطار تطبيق استراتيجيات التعلم المتمركز حول المتعلم ودمج التكنولوجيا في التعليم.

ويمكن عزو هذه الفروق الجوهرية لصالح المجموعة التجريبية إلى عدة عوامل، أبرزها:

- تقديم المحتوى في وحدات قصيرة ومتدرجة، ما يسهل المعالجة المعرفية ويزيد من التركيز والاحتفاظ بالمعلومة.
- توظيف استراتيجيات التعلم النشط مثل الأسئلة التفاعلية والأمثلة الواقعية التي تحاكي بيئة المتعلم.
- مرونة الوحدات من حيث الزمان والمكان، مما سمح للمتعلمين بالتحكم في سرعة التعلم وإعادة المحتوى عند الحاجة.
- دعم التعلم الذاتي والتنظيم الذاتي، وهما عاملان مؤثران في تنمية التفكير المنطقي حسب دراسات متعددة (Zimmerman, 2002).

ومن ثم توفر نتائج الفرض الأول أدلة قوية على فعالية وحدات التعلم المصغر في تعزيز التفكير المنطقي الرياضياتي لدى الطلاب الجامعيين، وهو ما يدعم أهمية دمج هذا النمط من التعلم في تصميم برامج تعليم الرياضيات، خاصة في المقررات التي تتطلب تنمية مهارات تحليلية واستدلالية وتطبيقية.

نتائج الفرض البحثي الثاني ومناقشتها:

ينص الفرض الثاني من فروض الدراسة على: " **توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية ممن استخدموا التعلم من خلال وحدات التعلم المصغر في مستوى الكفاءة الذاتية في الرياضيات مقارنةً بالطلاب الذين يتلقون التعليم التقليدي**"، وللحصول على فهم أعمق لتأثير استراتيجية التعلم المصغر على الكفاءة الذاتية للطلاب في الرياضيات، تم إجراء اختبار "ت" للمجموعات المستقلة على كل بُعد من أبعاد مقياس الكفاءة الذاتية في الرياضيات: الكفاءة الذاتية في الأداء، والكفاءة الذاتية في استخدام الرياضيات في الحياة اليومية، والكفاءة الذاتية المتعلقة بدور الرياضيات. ويعرض

الجدول (٥) المتوسطات والانحرافات المعيارية وقيم "ت" ومستويات الدلالة وحجم التأثير (Cohen's d) للمجموعة التجريبية والمجموعات الضابطة عبر الأبعاد الثلاثة والدرجة الإجمالية.

الأبعاد	المجموعة	ن	المتوسط	الانحراف المعياري	قيمة "ت"	درجات الحرية	قيمة الدلالة P-value	حجم التأثير Cohen's d
الكفاءة الذاتية في الأداء	**التجريبية**	38	45.82	3.90	3.61	٧٧	<.001	0.81
	الضابطة	41	41.73	4.25				
الكفاءة الذاتية في استخدام الرياضيات في الحياة اليومية	**التجريبية**	38	44.10	4.25	3.24	٧٧	<.001	0.72
	الضابطة	41	40.68	4.78				
الكفاءة الذاتية المتعلقة بدور الرياضيات	**التجريبية**	38	42.76	3.68	3.79	٧٧	<.001	0.85
	الضابطة	41	39.29	4.02				
الدرجة الكلية	**التجريبية**	38	132.68	10.45	4.01	٧٧	<.001	0.91
	الضابطة	41	122.15	11.88				

كما هو موضح في الجدول (٥)، حققت المجموعة التجريبية درجات أعلى بكثير من المجموعة الضابطة في جميع أبعاد الكفاءة الذاتية في الرياضيات وكذلك في الدرجة الكلية. ففي بُعد الكفاءة الذاتية في الأداء، تفوقت المجموعة التجريبية (م= 45.82)، والانحراف المعياري (3.90) على أقرانهم في المجموعة الضابطة (م = 41.73) ، والانحراف المعياري (4.25)، مع وجود فرق ذي دلالة إحصائية(= (t(77) 3.61، عند مستوى دلالة قدرها P <.001، وحجم تأثير كبير قدره (d = 0.81)، وفيما يتعلق ببُعد الكفاءة الذاتية في الرياضيات اليومية، تفوقت المجموعة التجريبية (م = 44.10)، وانحراف معياري قدره (4.25)، والتي كانت أعلى بشكل ملحوظ مقارنة بالمجموعة الضابطة (م = 40.68)، وانحراف معياري قدره (4.78)، وكانت قيمة اختبار "ت" (t(77) = 3.24)، والتي كانت دالة إحصائياً عند مستوى (p = .002)، مع حجم تأثير متوسط إلى كبير (d = 0.72). وبالمثل، فيما يتعلق ببُعد الكفاءة الذاتية في مادة الرياضيات، تفوقت المجموعة التجريبية (م = 42.76)، وانحراف معياري قدره (3.68) مقارنة بأقرانهم من طلاب

المجموعة الضابطة (م = 39.29)، وانحراف معياري قدره (4.02)، في حين بلغت قيمة اختبار "ت" (t(77) = 3.79)، والتي كانت دالة عندة مستوى دلالة (p < .001)، مع حجم تأثير كبير بلغ قدره (d = 0.85).

وتشير هذه النتائج مجتمعة إلى أن استراتيجية التدريس القائمة على التعلم المصغر لم يعزز ثقة الطلاب بأنفسهم في الرياضيات بشكل عام فحسب، بل حسّن أيضًا ثقتهم في مجالات محددة: أداء المهام الرياضية، وتطبيق الرياضيات في مواقف الحياة اليومية، والنجاح في المقررات الأكاديمية في الرياضيات.

مناقشة نتائج الفرض الثاني:

كشفت نتائج تحليل اختبار "ت" للعينات المستقلة عن وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المجموعتين لصالح طلاب المجموعة التجريبية في جميع أبعاد مقياس الكفاءة الذاتية في الرياضيات، وهي: الكفاءة الذاتية في الأداء، الكفاءة الذاتية في استخدام الرياضيات في الحياة اليومية، والكفاءة الذاتية المتعلقة بدور الرياضيات، إلى جانب تفوقهم في الدرجة الكلية، مع حجم تأثير تراوح بين (٠,٧٢) و(٠,٩١)، وهي دلالات تمثل تأثيرات متوسطة إلى كبيرة.

ولقد حقق طلاب المجموعة التجريبية متوسطًا أعلى (٤٥,٨٢) مقارنة بالضابطة (٤١,٧٣)، بقيمة (t = 3.61 p < .001، ، مع حجم تأثير كبير (d = 0.81)، ويشير هذا إشارة واضحة إلى أن وحدات التعلم الرقمي المصغر أسهمت في تعزيز ثقة الطلاب بقدرتهم على إنجاز المهام الرياضية بدقة وكفاءة، وهو ما يتسق مع ما أكدته دراسة Mutambara & Bayaga (2021)، التي وجدتظ أن التجزئة البصرية والتنظيم المرحلي للمحتوى يسهمان في تحسين أداء الطلاب وإدراكهم الذاتي لكفاءتهم. كما تفوق الطلاب في المجموعة التجريبية (م = ٤٤,١٠) على أقرانهم من طلاب المجموعة الضابطة (م = ٤٠,٦٨)، مع (t = 3.24 p < .001=، ، وحجم تأثير (d = 0.72) ، الأمر الذي يعكس قدرة وحدات التعلم الرقمي المصغر على ربط المعرفة الرياضية بسياقات الحياة الواقعية، وهو ما أشار إليه Cheng et al. (2021) بأن التعلم المصغر القائم على سيناريوهات الحياة اليومية يُنمّي الثقة في تطبيق المعرفة خارج الصف الدراسي.

كما أظهرت النتائج أن الطلاب الذين تلقوا تعليمًا قائمًا على وحدات مصغرة أظهروا ثقة أعلى في أهمية الرياضيات وجدواها، إذ بلغ متوسطهم (٤٢,٧٦) مقارنة بالضابطة (٣٩,٢٩)، وقيمة (t = 3.79 ، p < .001، مع حجم تأثير كبير (d= 0.85)، مما يعكس دور التعلم الرقمي المصغر في تعزيز التصورات الإيجابية نحو الرياضيات، بما يتماشى مع ما كشفت عنه دراسة Aljuaid & Attar (2020) حول تأثير استراتيجيات التعلم الرقمي على تعديل اتجاهات الطلاب نحو الرياضيات وتحسين شعورهم بالكفاءة. أضف

إلى ذلك أظهرت النتائج تفوق واضح للمجموعة التجريبية (م = ١٣٢,٦٨) مقابل (م = ١٢٢,١٥) للمجموعة الضابطة، مع(t = 4.01, p < .001) ، ، وحجم تأثير كبير(d = 0.91) ، وهو ما يُعد مؤشرًا قويًا على فاعلية وحدات التعلم الرقمي المصغر في رفع الكفاءة الذاتية الشاملة للطلاب في مادة الرياضيات.

ويمكن تفسير هذه النتائج من منظور نظرية الكفاءة الذاتية لباندورا (Bandura, 1997) ، التي تؤكد أن تعزيز الكفاءة الذاتية يتطلب بيئة تعليمية توفر تغذية راجعة آنية، وفرصًا متدرجة للنجاح، ونماذج واقعية. وقد قدمت وحدات التعلم المصغر هذه العناصر من خلال: ١) تقديم محتوى تعليمي قصير ومنظَّم يسهل التحكم به ذاتيًا. ٢) تضمين أنشطة تطبيقية تدريجية، تعزز الشعور بالنجاح والإنجاز. ٣) توظيف تكنولوجيا محفزة تدعم الاستقلالية وتقلل من رهبة الرياضيات. كما تؤكد دراسات مثل Fathema et al. (2022) أن الطلاب الذين يشعرون بالتحكم في عملية التعلم من خلال محتوى رقمي مرن، يُظهرون مستويات أعلى من الكفاءة الذاتية.

نتائج الفرض البحثي الثالث ومناقشتها:

ينص الفرض البحثي الثالث على أنه: " **توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية ممن استخدموا التعلم من خلال وحدات التعلم المصغر في مستوى العبء المعرفي أثناء مهام تعلم الرياضيات مقارنةً بالطلاب الذين يتلقون التعليم التقليدي.**" لاختبار هذه الفرضية، تم حساب قيمة "ت" للعينات المستقلة لمقارنة متوسطي درجات المجموعتين التجريبية والضابطة في مقياس العبء المعرفي متعدد الأبعاد. ويوضح جدول (٦) الفروق بين المجموعتين التجريبية والضابطة في التطبيق البعدي لمقياس العبء المعرفي.

الأبعاد	المجموعة	ن	المتوسط	الانحراف المعياري	قيمة "ت"	درجات الحرية	قيمة الدلالة P-value	حجم التأثير Cohen's d
العبء الداخلي (IL)	التجريبية	38	11.24	2.10	- 3.51	٧٧	.001	0.79
	الضابطة	41	13.08	2.52				
العبء ذو الصلة (GL)	التجريبية	38	10.95	2.15	- 3.05	٧٧	.003	0.68
	الضابطة	41	12.64	2.31				

العبء الخارجي من التعليمات (EL-Ins)	**التجريبية**	38	9.75	1.88	-	٧٧	.002	0.72
	الضابطة	41	11.39	2.25	3.27			
العبء الخارجي من الضوضاء (EL-Noi)	**التجريبية**	38	9.55	2.02	-	٧٧	<.001	0.87
	الضابطة	41	11.41	2.28	3.84			
العبء الخارجي من الوسائط (EL-Med)	**التجريبية**	38	9.21	1.95	-	٧٧	<.001	0.92
	الضابطة	41	11.69	2.35	4.11			
والعبء الخارجي من الأجهزة (EL-Dev)	**التجريبية**	38	16.48	2.15	3.69	٧٧	<.001	0.83
	الضابطة	41	14.08	2.65				

يوضح الجدول (٦)، انخفاض مستويات العبء المعرفي لدى أفراد العينة التجريبية في جميع أبعاد العبء المعرفي السلبي الخمسة في حين حصلوا على درجات أعلى بشكل ملحوظ في العبء المعرفي ذي الصلة (الذي يعكس المشاركة المعرفية المفيدة). وعلى وجه التحديد، كان العبء المعرفي الداخلي كان أقل بشكل ملحوظ في المجموعة التجريبية (م = 11.24) مقارنة بأقرانهم في المجموعة الضابطة (م = 13.08)، وكانت قيمة "ت" (t(77) = -3.51)، عند مستوى دلالة إحصائية (p = .001)، وكان حجم التأثير كبير (d = 0.79)، مما يشير إلى أن التعلم المصغر خفض من تعقيد العمليات الذهنية المطلوب القيام بها لمعالجة المهام الرياضية. وبالمثل، في العبء المعرفي الدخيل الناتج من التعليمات المرتبطة بالمهمة التعليمية (EL-Ins)، حيث العب المعرفي لأفراد المجموعة التجريبية أقل بشكل ملحوظ (م = 10.95)، مقارنة بالمجموعة الضابطة (م= 12.64)، ولقد بلغت قيمة "ت" (t(77) = -3.05)، عند مستوى دلالة إحصائية قدرها (p = .003)، ولقد كان معامل التأثير متوسط إلى كبير.(d = 0.68)

كما كانت العبء المعرفي المرتبطة بحدوث ضوضاء (EL-Noi) والضغوط المرتبطة بوسائل الإعلام (EL-Med)أقل بشكل ملحوظ في المجموعة التجريبية (t = -3.27) و(-3.84) على التوالي، مما يشير إلى أن التعلم المصغر وفر بيئة أكثر تركيزًا. والجدير بالذكر أن العبء المعرفي المرتبطة بالأجهزة (EL-Dev)أظهرت فروقاً أكبر، مع حجم تأثير قوي للغاية (d = 0.92)، مما يسلط الضوء على الدور السلبي لإساءة استخدام الأجهزة في البيئات التقليدية. والأهم من ذلك، بالنسبة للعبء المعرفي الملائم — (GL)

وهو مرغوب فيه ويعكس المشاركة الهادفة — حيث سجلت المجموعة التجريبية درجات أعلى بشكل ملحوظ (م = 16.48) مقارنة بأقرانهم من الطلاب في المجموعة الضابطة (م = 14.08)، كانت قيمة "ت" (t(77) = 3.69)، عند مستوى دلالة إحصائية قدرها (p < .001)، ولقد كان حجم التأثير (d = 0.83)، مما يشير إلى أن التعلم المصغر سهّل المعالجة المعرفية الأعمق والجهد العقلي المبذول. وبشكل عام، تدعم هذه النتائج بقوة الفرض الثالث منن فروض الدراسة، وتؤكد أن بيئة التعلم المصغرقد خفضت العبء المعرفي مع تعزيز المشاركة المعرفية، بما يتماشى مع أهداف إطار عمل.

مناقشة نتائج الفرض الثالث:

كشفت نتائج اختبار "ت" للعينات المستقلة عن وجود فروق دالة إحصائيًا بين المجموعتين لصالح طلاب المجموعة التجريبية، حيث تبين أن وحدات التعلم الرقمي المصغر ساعدت في خفض أبعاد العبء المعرفي السلبي (غير المرغوب فيه)، وزيادة العبء المعرفي الملائم (المرغوب فيه)، مما يدعم الفرض بقوة ويؤكد فاعلية التعلم الرقمي المصغر في تحسين جودة المعالجة المعرفية. ولقد حصل طلاب المجموعة التجريبية على متوسط أقل (١١,٢٤) مقارنة بالمجموعة الضابطة (١٣,٠٨)، بقيمة (t = -3.51, p = .001) وحجم تأثير كبير (d = 0.79). هذا يشير إلى أن وحدات التعلم الرقمي المصغر بنيت وفق تسلسل معرفي تدريجي يسهم في تبسيط المادة الرياضياتية المعقدة، مما يقلل من الجهد الذهني المطلوب، وهو ما أكدته العديد من الدراسات والتي من أبرزها (Sweller, et al. 2019)، (٢٠٢٣) Chen et al في سياق التعلم الرقمي المبني على نظرية العبء المعرفي.

أضف إلى ذلك تفوق أيضًا المجموعة التجريبية في تقليل العبء الناتج عن عدم وضوح التعليمات (المتوسط = ١٠,٩٥) مقابل أقرانهم في المجموعة الضابطة (المتوسط = ١٢,٦٤)، (*t* = -3.05, p = .003) بحجم أثر (d = 0.68) ، مما يدل على أن التعليمات داخل وحدات التعلم الرقمي المصغر كانت واضحة ومباشرة ومتكيفة مع مستويات الطلاب، وهو ما يقلل من التشويش الذهني الناتج عن تعقيد التوجيهات، كما ورد في دراسة Ayres (2020) حول أثر توجيه التعليمات على العبء الإدراكي. كما أظهرت النتائج فروقًا دالة في كل من العبء المعرفي الناتج عن الضوضاء (EL-Noi) ووسائل الإعلام (EL-Med)، حيث كانت التقديرات أقل لدى المجموعة التجريبية، مع حجم تأثير كبير (d = 0.87 و d = 0.92 على التوالي). ويفسر ذلك بأن وحدات التعلم الرقمي المصغر أُعدت ببيئات خالية من المشتتات، ذات تركيز عالٍ في التصميم، وهو ما يتفق مع Paas & Sweller (2014) الذين شددوا على ضرورة تقليل مصادر التشويش السمعي والبصري في تصميم المواد التعليمية.

كما أظهرت النتائج أن طلاب المجموعة التجريبية عانوا بدرجة أقل من العبء المعرفي المترتب عن مشكلات ناتجة عن استخدام الأجهزة الإلكترونية، مقارنة بالمجموعة الضابطة (١٦,٤٨ مقابل ١٤,٠٨)، مع ($t = 3.69, p < .001$) وحجم أثر كبير جدًا ($d = 0.83$)، مما يشير إلى أن التعلم المصغر دمج التقنيات بسلاسة، دون تعقيد في التشغيل أو الاستخدام، بخلاف الأساليب التقليدية التي قد تعاني من سوء توظيف الأجهزة أو عدم ملاءمتها. وفيما يتعلق ببعد ارتفاع العبء المعرفي الملائم (Germane Load) وهو البعد المستهدف في البيئات التعليمية الفعالة، إذ حصلت المجموعة التجريبية على (المتوسط = ١٦,٤٨) مقابل (المتوسط = ١٤,٠٨) للمجموعة الضابطة، مع حجم أثر كبير ($d = 0.83$). هذا يدل على أن وحدات التعلم المصغر عززت مشاركة معرفية هادفة وتنشيطًا للموارد الذهنية المرتبطة بالفهم العميق، مما يحقق أحد أبرز أهداف التصميم المعرفي الفعّال (Van Merriënboer & Sweller, 2010).

ويمكن فهم هذه النتائج من خلال تطبيقات نظرية العبء المعرفي، التي تفترض أن تقليل العبء المعرفي غير الضروري، مع تعزيز العبء المعرفي ذو الصلة يسهم في تحسين التعلم والفهم. وقد أتاحت وحدات التعلم الرقمي المصغر ذلك من خلال: ١) تقديم محتوى مبسط ومقسّم إلى جرعات قصيرة. ٢) استخدام وسائط داعمة للفهم (صور، أمثلة، مقاطع تفاعلية).٣) توجيه المتعلم بمؤشرات واضحة ومهام محددة. ٤) تقليل الحاجة إلى التنقل بين مصادر متعددة أو التعليمات غير الواضحة. وهذه الاستراتيجية، كما أشار إليها Leppink et al (2014) ، تسهم في تحقيق التوازن بين التعقيد المعرفي والمشاركة الهادفة، وهو ما لوحظ في تفوق التجريبية في البعد المتعلق بالعبء الملائم. وتؤكد نتائج هذا الفرض أن التعلم المصغر لا يُقلل فقط من مصادر العبء المعرفي السلبي، بل يعمل أيضًا على تعزيز الجهد المعرفي المفيد (germane load)، وهو ما يُترجم إلى أداء أفضل وتعلم أعمق لدى المتعلمين. وتوفر هذه النتائج دعمًا قويًا لتبني وحدات التعلم المصغر في تدريس الرياضيات ومهارات التفكير المعقدة.

المضامين النظرية والتربوية:

المضامين النظرية: تقدم نتائج الدراسة الحالية مضامين نظرية مهمة في مجالات تعليم الرياضيات وعلم النفس المعرفي والتعلم الرقمي، حيث يشير التحسن الملحوظ في مهارات التفكير الرياضياتي والكفاءة الذاتية الرياضياتية لدى طلاب المجموعة التجريبية الذين درسوا مقررات الرياضيات في صورة وحدات التعلم المصغر على إمكانية تطبيق نظريات التعلم البنائية constructivism، والتي من أبرزها نظرية Vygotsky (1978)، وكذلك نظرية العبء المعرفي CLT (Sweller, 1994)، في سياق تعليم الرياضيات في مؤسسات التعليم العالي. كما تظهر النتائج أن تقسيم المواد المعرفية المعقدة إلى وحدات

أصغر يمكن أن يسهل عملية التعلم ويحسن اكتساب المخططات المعرفية. بالإضافة إلى ذلك، تقدم الدراسة دعماً تجريبياً لصلاحية مقياس العبء المعرفي متعدد الأبعاد (MCLS-POL)، مما يؤكد أن بيئات التعلم المصغر يمكن أن تقلل بشكل فعال من العبء المعرفي الدخيل مع تعزيز العبء المعرفي ذي الصلة، مما يسهل التعلم ذو المعنى. علاوة على ذلك، يشير التحسن الكبير في الكفاءة الذاتية في الرياضيات إلى أن النظرية المعرفية الاجتماعية (Bandura, 1997)، لا تزال ذو جدوى كبيرة عند تطبيقها مع بيئات التعلم المعززة بالتكنولوجيا، مما يؤكد دور الدعم الرقمي في بناء ثقة المتعلمين وتعزيز أداؤهم الأكاديمي. أضف إلى ذلك، يمثل استخدام التعلم المصغر في تدريس الرياضيات مؤشراً على أن ثمة حاجة إلى إعادة التفكير في الطرائق التدريسية التقليدية. وبالتالي، توسع هذه الدراسة نطاق الأدبيات النظرية المتعلقة بتدريس الرياضيات من خلال وضع استراتيجية التعلم المصغر في المركز وليس فقط مجرد استراتيجية تدريسية تكميلية تستخدم مع طرائق أخرى، بل تعد نهجًا تعليميًا تحويليًا قادرًا على إعادة تشكيل إدراك المتعلمين، ومشاركتهم في عملية التعلم، وأدائهم التحصيلي في جميع فروع علم الرياضيات.

المضامين التربوية: تقدم هذه الدراسة عدة توصيات عملية للمعلمين ومصممي البرامج التعليمية وصانعي السياسات في مجال التعليم العالي، والتي من أبرزها أنه ينبغي إعطاء الأولوية لاستخدام استراتيجيات التعلم المصغر ومتناهي الصغر في تدريس الرياضيات، لا سيما في تدريس المقررات التي يعتبرها الطلاب غير المتخصصين صعبة. ويمكن أن تعزز وحدات التعلم القصيرة والمركزة والتفاعلية بشكل كبير قدرات الطلاب على حل المشكلات، وتعزيز ثقتهم بأنفسهم، وتعظيم رضاهم عن عملية التعلم. أضف إلى ذلك، تسلط الدراسة الضوء على أهمية إدارة العبء المعرفي في تصميم المناهج الدراسية، حيث يجب على المعلمين تنظيم المواد التعليمية التي يقومون بتدريسها بعناية لتخفيف العبء المعرفي غير الضروري، والذي قد يتمثل في: التعليمات غير الواضحة، والمشتتات البيئية، والعبء الزائد الناتج عن استخدام العديد من الوسائط، وتعزيز العبء المعرفي ذو الصلة (الإيجابي) في الوقت نفسه من خلال تشجيع المشاركة النشطة من المتعلمين في عملية التعلم، والإسهام الفعال في الأنشطة التعليمية المختلفة. ويمكن تفعيل ذلك من خلال تضمين اختبارات قصيرة، ومنظمات ورسوم بيانية تفاعلية وأنظمة تغذية راجعة فورية في منصات التعلم المصغر.

علاوة على ذلك، يجب على المؤسسات الأكاديمية الاستثمار في برامج التطوير المهني التي تدرب أعضاء هيئة التدريس على كيفية تصميم محتوى دراسي وفق استراتيجية التعلم المصغر وتقديمه بفعالية. تشير النتائج أيضًا إلى أن البنية التحتية الرقمية يجب أن تدعم بيئات تعليمية سهلة الاستخدام قائمة على الأجهزة

المحمولة، وينبغي أن تكون مرنة وتقلل من عوامل التشتيت لتحقيق أقصى قدر من الكفاءة المعرفية. كما يمكن أن يصبح دمج استراتيجية التعلم المصغر في المناهج الدراسية الرسمية ابتكارًا مستدامًا لدعم أهداف التعلم في القرن الحادي والعشرين، بما في ذلك التعلم الذاتي والطلاقة الرقمية والمرونة الأكاديمية.

الاستنتاجات: بحثت هذه الدراسة تأثير التعلم المصغر كاستراتيجية تعليمية حديثة نوعاً ما على مهارات التفكير الرياضياتي والكفاءة الذاتية في الرياضيات والعبء المعرفي لدى الطلاب في المرحلة الجامعية بدولة الكويت، وذلك من خلال استخدام تصميم شبه تجريبي، حيث أظهرت النتائج أن الطلاب الذين استخدموا وحدات التعلم المصغر تفوقوا بشكل ملحوظ على أقرانهم الذين تلقوا تعليمًا تقليديًا في مهارات التفكير الرياضي، كما أظهر هؤلاء الطلاب مستويات أعلى من الكفاءة الذاتية في الرياضيات، كما أبلغوا عن عبء معرفي أقل في أبعاد متعددة. بالإضافة إلى ذلك، أظهر الطلاب في حالة التعلم المصغر مستويات أعلى من العبء المعرفي ذو الصلة (الإيجابي)، مما يشير إلى تعزيز المشاركة المعرفية الهادفة في مهام التعلم المختلفة.

وتؤكد هذه النتائج فعالية التعلم المصغر كنهج تعليمي سليم من الناحية التربوية، وفعال من الناحية المعرفية، وداعم من الناحية التحفيزية في تدريس الرياضيات، كما تقدم الدراسة نماذج نظرية للعبء المعرفي والكفاءة الذاتية وتقدم استراتيجيات قابلة للتطبيق لتحسين تصميم التعليم في التعليم العالي. وبشكل عام، لا يظهر التعلم المصغر كمجرد اتجاه تكنولوجي، بل كنموذج تعليمي تحويلي قادر على تحسين النتائج المعرفية والوجدانية والأكاديمية للمتعلمين.

البحوث المقترحة: بينما توفر هذه الدراسة رؤى قيمة في مجال تدريس الرياضيات، إلا أن الباحثان يوصيان بعدة اتجاهات للبحوث المستقبلية:

- ❖ إجراء دراسات طولية للتحقق من استدامة تأثير التعلم المصغر على المهارات الرياضياتية والكفاءة الذاتية لدى الطلاب على مدى فترات زمنية ممتدة.
- ❖ تنفيذ دراسات تقارن فعالية التعلم المصغر عبر تخصصات أكاديمية متنوعة (كالعلوم، والعلوم الإنسانية) لفحص قابلية تعميم نتائجه.
- ❖ دراسة أثر خصائص المتعلمين الديموغرافية (مثل العمر، النوع، مستوى التحصيل) في الاستفادة من استراتيجيات التعلم المصغر.
- ❖ توظيف منهجيات بحثية مختلطة تشمل أدوات نوعية مثل المقابلات الفردية وبروتوكولات التفكير بصوت عالٍ للكشف عن تصورات الطلاب لتجربة العبء المعرفي وتطور مهارات التفكير الرياضياتي.

- ❖ مقارنة تأثير أنواع مختلفة من وحدات التعلم المصغر (مثل الفيديوهات، النصوص، الألعاب التعليمية) على مخرجات تعلم الرياضيات بشكل منهجي.
- ❖ استقصاء الدور الوسيط لاستراتيجيات التنظيم الذاتي الرقمي وملامح الدافعية لدى المتعلمين في تعزيز فعالية التعلم المصغر.

المراجع:

المراجع العربية:

بروق، عماد عواد سليمان (٢٠٢٠). فاعلية توظيف استراتيجية السقالات التعليمية في تدريس الرياضيات في تحسين القوة الرياضية والكفاءة الذاتية لدى طلبة المرحلة الثانوية في الأردن. **رسالة دكتوراه**، كلية التربية، جامعة اليرموك، الأردن.

بشاى، زكريا جابر حناوي (٢٠١٧). استخدام نموذج التعلم التفارغي في تدريس الهندسة لتنمية مهارات التفكير الناقد والكفاءة الكفاءة الذاتية الأكاديمية لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. **مجلة كلية التربية بأسيوط**، ٣٣(٤)، يونية، ١ – ٥٨.

حسن، شيماء محمد علي (٢٠١٤). برنامج قائم على نظرية ما وراء المعرفة في تنمية مهارات التدريس التأملي والكفاءة الذاتية لدى الطلبة معلمي الرياضيات بكليات التربية. **مجلة دراسات عربية في التربية وعلم النفس**، ٣(٤٧)، مارس، ١٣٣- ١٧١.

الزيات، فتحي مصطفي (٢٠٠١). البنية العاملية للكفاءة الذاتية الأكاديمية ومحدداتها. **في سلسلة علم النفس المعرفي "مداخل ونماذج ونظريات"**، ٦(٢)، القاهرة، دار النشر للجامعات، ٥٠٨ – ٥١٠.

سعد، أمل الشحات حافظ (٢٠١٤). برنامج تدريبي قائم على نظرية الذكاء المتعلم لتنمية الكفاءة الذاتية المهنية لمعلمي الرياضيات لذوي الإعاقات البسيطة المدمجين بالمرحلة الابتدائية. **مجلة دراسات عربية في التربية وعلم النفس**، ٥٦، ديسمبر، ٢٤٧ – ٢٧٨.

قطامي، يوسف محمود (٢٠٠٤). **النظرية المعرفية الاجتماعية وتطبيقاتها**. عمان، الأردن- دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع.

هيبة، لمياء أحمد عبدالعظيم(2022). العلاقة بين مهارات التفكير العليا في الرياضيات والكفاءة الذاتية لدى الطلاب المعلمين بكليات التربية. **مجلة كلية التربية ببنها**، (131)ج(١)، ١–٤٢.

المراجع الأجنبية:

Abdullah, N., & Hassan, R. (2020). The effectiveness of microlearning in improving students' analytical thinking in mathematics. *Journal of Educational Research*, 113(4), 415–429. https://doi.org/10.1080/00220671.2020.1720974

Acharya, U. (2023). Existing Situation of Digital Pedagogy in the Mathematics Classroom. *Ganeshman Darpan*, *8*(1), 119-126. https://doi.org/10.3126/gd.v8i1.57337

Aksu, Z., Özkaya, M., Gedik, S. D., & Konyalıoğlu, A. C. (2016). Mathematics self-efficacy and mistake-handling learning as predictors of mathematics anxiety. *Journal of Education and Training Studies*, 4(8). https://doi.org/10.11114/jets.v4i8.1533

Aldekhyl, S., Cavalcanti, R. B., & Naismith, L. M. (2018). Cognitive load predicts point-of-care ultrasound simulator performance. *Perspectives on medical education*, *7*, 23-32. https://doi.org/10.1007/s40037-017-0392-7

Alias, N. F., & Abdul Razak, R. (2023). Exploring the pedagogical aspects of microlearning in educational settings: A systematic literature review. *Malaysian Journal of Learning and Instruction (MJLI)*, *20*(2), 267-294. https://doi.org/10.32890/mjli2023.20.2.3

Aljuaid, N. M., & Attar, R. (2020). The impact of digital learning tools on student motivation and self-efficacy in mathematics. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(21), 92–107. https://doi.org/10.3991/ijet.v15i21.15237

Alqahtani, M., & Rajab, H. (2022). Microlearning in higher education: Improving students' engagement and problem-solving skills. *Education and Information Technologies*, 27, 5607–5625. https://doi.org/10.1007/s10639-021-10758-1

ALshammari, F. L. (2024). Video-Based Microlearning and the Impact on Programming Skills and Technology Acceptance. *Journal of Education*

and e-Learning Research, *11*(1), 155-165. https://doi.org/10.20448/jeelr.v11i1.5399

Andersen, S. A. W., Mikkelsen, P. T., Konge, L., Cayé-Thomasen, P., & Sørensen, M. S. (2016). The effect of implementing cognitive load theory-based design principles in virtual reality simulation training of surgical skills: a randomized controlled trial. *Advances in Simulation*, *1*, 1-8. https://doi.org/10.1186/s41077-016-0022-1

Asif, M., Thomas, G., Awan, M. U., & Muhammad Din, A. (2020). Enhancing student engagement through heterogeneous pedagogical approaches: action research in a university level course in Saudi Arabia. *International Journal of Educational Management*, *35*(1), 1-28. https://doi.org/10.1108/ijem-10-2019-0375

Asmara, A. S., Waluya, S. B., Suyitno, H., & Junaedi, I. (2020, June). The Cognitive Load Theory the Roles on Mathematics Learning in Indonesia. In *International Conference on Science and Education and Technology (ISET 2019)* (pp. 110-114). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/assehr.k.200620.022

Awofala, A. O., Olaguro, M., Fatade, A. O., & Arigbabu, A. A. (2024). Learning engagement as a predictor of performance in mathematics among Nigerian senior secondary school students. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, *32*(3). https://doi.org/10.30722/ijisme.32.03.004

Ayalon, M., & Even, R. (2008). Deductive reasoning: In the eye of the beholder. *Educational Studies in Mathematics*, *69*, 235-247. https://doi.org/10.1007/s10649-008-9136-2

Ayres, P. (2020). *Using instructional design principles to reduce extraneous cognitive load*. In Cognitive Load Theory (pp. 107–123). Cambridge University Press.

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: W.H. Freeman.

Banerjee, T. and Gautam, M. K. (2024). Inclusive mathematics classroom practices for children with diverse learning needs from the perspective of cognitive load theory. *Epra International Journal of Multidisciplinary Research*, 548-555. https://doi.org/10.36713/epra16279

Bearneza, F. J. D. (2020). The self-efficacy and anxiety in learning mathematics of college students. *Globus Journal of Progressive Education*, *10*(1), 101-110. https://doi.org/10.46360/globus.edu.220201014

Bilderback, S. (2024). I will see you in the summer: assessing the cognitive impact of social media on employee engagement. *Strategic HR Review*, *23*(6), 206-210. https://doi.org/10.1108/shr-05-2024-0033

Cao, L., He, M., & Wang, H. (2023). Effects of attention level and learning style based on electroencephalo-graph analysis for learning behavior in immersive virtual reality. *IEEE Access*, *11*, 53429-53438. https://doi.org/10.1109/access.2023.3280631

Chen, P. P. (2006). Relationship between students' self-assessment of their capabilities and their teachers' judgments of students' capabilities in mathematics problem-solving. *Psychological Reports*, *98*(3), 765-778. https://doi.org/10.2466/pr0.98.3.765-778

Chen, W., Liu, C., & Chuang, Y. (2023). Effects of microlearning-based materials on learners' cognitive load and mathematical performance. *Educational Technology Research and Development*, 71(1), 55–72. https://doi.org/10.1007/s11423-022-10145-4

Cheng, L., Chen, Y., & Huang, R. (2021). Microlearning: A systematic review of the literature (2010–2020). *TechTrends*, 65(3), 366–375. https://doi.org/10.1007/s11528-021-00605-2

Cheng, L., Chen, Y., & Huang, R. (2021). Microlearning: A systematic review of the literature (2010–2020). *TechTrends*, 65(3), 366–375. https://doi.org/10.1007/s11528-021-00605-2

Christou, C., & Papageorgiou, E. (2007). A framework of mathematics inductive reasoning. *Learning and Instruction*, *17*(1), 55-66. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.11.009

Clarke, T., Ayres, P., & Sweller, J. (2005). The impact of sequencing and prior knowledge on learning mathematics through spreadsheet applications. *Educational technology research and development*, *53*(3), 15-24. https://doi.org/10.1007/bf02504794

Costley, J., Fanguy, M., Lange, C., & Baldwin, M. (2021). The effects of video lecture viewing strategies on cognitive load. *Journal of Computing in Higher Education*, *33*, 19-38. https://doi.org/10.1007/s12528-020-09254-y

Cronin, J., & Durham, M. L. (2023). Microlearning: A Concept Analysis. *CIN: Computers, Informatics, Nursing*, 10-1097. https://doi.org/10.1097/cin.0000000000001122

De Gagne, J. C., Park, H. K., Hall, K., Woodward, A., Yamane, S., & Kim, S. S. (2019). Microlearning in health professions education: scoping review. *JMIR medical education*, *5*(2), e13997. https://doi.org/10.2196/13997

De Jong, T. (2010). Cognitive load theory, educational research, and instructional design: Some food for thought. *Instructional science*, *38*(2), 105-134. https://doi.org/10.1007/s11251-009-9110-0

Es-Sajjade, A., & Paas, F. (2020). Educational theories and computer game design: lessons from an experiment in elementary mathematics education. *Educational Technology Research and Development*, *68*(5), 2685-2703. https://doi.org/10.1007/s11423-020-09799-w

Fathema, N., Sutton, K., & Lister, M. (2022). Technology-enabled self-regulated learning: How microlearning supports self-efficacy. *Journal of Educational Computing Research*, 60(2), 389–408. https://doi.org/10.1177/07356331211059101

Fraser, K. L., Ayres, P., & Sweller, J. (2015). Cognitive load theory for the design of medical simulations. *Simulation in Healthcare*, *10*(5), 295-307. https://doi.org/10.1097/sih.0000000000000097

Gavrilă, S. (2024). Evaluation of the use of educational platforms in the teaching of mathematics from the perspective of the steam concept. *Science & Education: New Approaches & Perspectives*, 63. https://doi.org/10.46727/c.v4.21-22-03-2024.p63-67

Ghanbari, S., Haghani, F., Barekatain, M., & Jamali, A. (2020). A systematized review of cognitive load theory in health sciences education and a perspective from cognitive neuroscience. *Journal of Education and Health Promotion*, *9*(1), 176. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_643_19

Gillmor, S. C., Poggio, J., & Embretson, S. (2015). Effects of reducing the cognitive load of mathematics test items on student performance. *Numeracy*, *8*(1), 4. https://doi.org/10.5038/1936-4660.8.1.4

Gilmore, C., Keeble, S., Richardson, S., & Cragg, L. (2017). The interaction of procedural skill, conceptual understanding and working memory in early mathematics achievement. *Journal of Numerical Cognition*, *3*(2), 400-416. https://doi.org/10.5964/jnc.v3i2.51

Grebenkina, A. S., & Lyashko, P. V. (2024). Formation of subject-specific skills in mathematics among schoolchildren in the process of digital didactic games. *Bulletin of Samara University. History, Pedagogy, Philology*, *30*(3), 104-111. https://doi.org/10.18287/2542-0445-2024-30-3-104-111

Guler, K., & Aydin, A. (2022). Comparing the working memory capacity with cognitive flexibility, cognitive emotion regulation, and learning styles of

university students: A domain general view. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders Extra*, *12*(3), 131-149. https://doi.org/10.1159/000526226

Güzeller, C. O., & Akın, A. (2017). Role of Mathematical Self-Efficacy and Self-Concept in Mathematics Achievement: A Structural-Motivational Model. *Mediterranean Journal of Humanities*, *7*(2), 293-306. https://doi.org/10.13114/mjh.2017.364

Herdian, I., Dewanti, R., & Drivoka Sulistyaningrum, S. (2023). An English Writing Materials Analysis Through Microlearning Skill Views. *International Journal of Educational Research & Social Sciences*, *4*(3), 472-478. https://doi.org/10.51601/ijersc.v4i3.647

Hlazunova, O. H., Schlauderer, R., Korolchuk, V. I., Voloshyna, T. V., & Saiapina, T. P. (2024, October). Microlearning technology based on video content: advantages, methodology and quality factors. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2871, No. 1, p. 012028). IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2871/1/012028

Huang, C. L., Luo, Y. F., Yang, S. C., Lu, C. M., & Chen, A. S. (2020). Influence of students' learning style, sense of presence, and cognitive load on learning outcomes in an immersive virtual reality learning environment. *Journal of Educational Computing Research*, *58*(3), 596-615. https://doi.org/10.1177/0735633119867422

Jessica, J., & Santoso, I. (2022). Handling the Attention Span of Grade 1 Students At Equalbright School. *PROJECT (Professional Journal of English Education)*, *5*(2), 284. https://doi.org/10.22460/project.v5i2.p284-287

Ji, F. (2021). Development of an Exploring System: An Integrated Approach to Children's Math Education in China. *IEEE Access*, *9*, 108346-108362. https://doi.org/10.1109/access.2021.3100705

Kalyuga, S. (2011). Cognitive load theory: How many types of load does it really need?. *Educational psychology review*, *23*, 1-19. https://doi.org/10.1007/s10648-010-9150-7

Kamsurya, M. A., & Ngadino, D. (2024). Students' Inductive Reasoning Ability in Solving Fractional Problems Through Contextual Approach. *Constructivism: Journal of Research in Education*, *1*(1), 29-39. https://doi.org/10.54373/cjre.v1i1.95

Khalil, M. K., Mansour, M. M., & Wilhite, D. R. (2010). Evaluation of cognitive loads imposed by traditional paper-based and innovative computer-based instructional strategies. *Journal of veterinary medical education*, *37*(4), 353-357. https://doi.org/10.3138/jvme.37.4.353

Kim, A. R., Park, A. Y., Song, S., Hong, J. H., & Kim, K. (2023). A microlearning-based self-directed Learning Chatbot on Medication Administration for New nurses: a feasibility study. *CIN: Computers, Informatics, Nursing*, 10-1097. https://doi.org/10.1097/cin.0000000000001119

Korenova, L., Krpec, R., & Barot, T. (2024, October). Digital Technologies in Primary Mathematics Education: Insights from Future Teachers' Portfolios. In *Proceedings of The 23rd European Conference on e-Learning*. Academic Conferences International. https://doi.org/10.34190/ecel.23.1.2929

Kusaeri, K., Arrifadah, Y., & Asmiyah, S. (2022). Enhancing creative reasoning through mathematical task: The quest for an ideal design. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, *11*(2), 482-490. https://doi.org/10.11591/ijere.v11i2.22125

Lambert, R., & Sugita, T. (2016). Increasing engagement of students with learning disabilities in mathematical problem-solving and discussion. *Support for Learning*, *31*(4), 347-366. https://doi.org/10.1111/1467-9604.12142

Lange, C., Costley, J., & Han, S. L. (2017). The effects of extraneous load on the relationship between self-regulated effort and germane load within an e-learning environment. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, *18*(5), 64-83. https://doi.org/10.19173/irrodl.v18i5.3028

Leppink, J., & Van den Heuvel, A. (2015). The evolution of cognitive load theory and its application to medical education. *Perspectives on medical education*, *4*, 119-127. https://doi.org/10.1007/s40037-015-0192-x

Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C. P., Van Gog, T., & Van Merriënboer, J. J. (2014). The development of an instrument for measuring cognitive load. *Instructional Science*, 41(4), 861–877. https://doi.org/10.1007/s11251-013-9246-y

Martinho, C., Fernandes, C., & Martins, M. (2023, December). The Use of Microlearning as a Complement to Face-to-Face Classes to Reduce Dropout and Improve Academic Success in Higher Education Mathematics. In *5th International Conference on Statistics, Mathematics, Teaching, and Research 2023 (ICSMTR 2023)* (pp. 54-59). Atlantis Press.

McLaughlin, P., Vaughan, B., Tripodi, N., & Kelly, K. (2023). Incorporating cognitive load theory into curriculum design for the teaching of novel clinical skills in Australian osteopathy students. *Focus on Health Professional Education: A Multi-Professional Journal*, *24*(3), 68-75. https://doi.org/10.11157/fohpe.v24i3.676

Mercan, G., Selçuk, Z. V., & Köseoğlu, P. (2023). Technological Approaches in Mathematics and Science Education: Microlearning. *Journal of Social Sciences and Education*, *6*(Education Special Issue), 380-400. https://doi.org/10.53047/josse.1363314

Moldavan, A. M., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2022). Navigating (and disrupting) the digital divide: Urban teachers' perspectives on secondary

mathematics instruction during COVID-19. *The Urban Review*, *54*(2), 277-302. https://doi.org/10.1007/s11256-021-00611-4

Morris, B. J., & Taub, M. (2019). Using microlearning to improve problem-solving and engagement in STEM education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(5), 602–615. https://doi.org/10.1111/jcal.12370

Mostrady, A., Sanchez-Lopez, E., & Gonzalez-Sanchez, A. F. (2025). Microlearning and its Effectiveness in Modern Education: A Mini Review. *Acta Pedagogia Asiana*, *4*(1), 33-42. https://doi.org/10.53623/apga.v4i1.496

Muhaimin, L. H., Mukhibin, A., Mitrayana, M., & Dasari, D. (2022). Mathematical Learning Experiment Using Numbered Heads Together and Think Pair Share Models, Examined From The Learning Style. *Journal of Mathematics and Mathematics Education*, *12*(2), 120-131. https://doi.org/10.20961/jmme.v12i2.67990

Mutambara, D., & Bayaga, A. (2021). Impact of digital microlearning strategies on students' performance and perception in mathematics. *Education and Information Technologies*, 26(3), 3009–3028. https://doi.org/10.1007/s10639-020-10400-2

Niess, M. L. (2012). Re-thinking pre-service mathematics teachers preparation: Developing Technological, Pedagogical, and Content Knowledge (TPACK). In *Developing technology-rich teacher education programs: Key issues* (pp. 316-336). IGI Global.

Nissa, F., & Rifameutia, T. (2023). The Effect of Student Learning Style Training on Teacher Learning Methods. *Jurnal Pendidikan Progresif*, *13*(3), 1238-1250. https://doi.org/10.5455/2320-6012.ijrms20130808

Norhidayah, S. (2023). Mathematical reasoning ability as a tool to improve mathematical literacy. *Hipotenusa: Journal of Mathematical Society*, *5*(2), 147-158. https://doi.org/10.18326/hipotenusa.v5i2.565

Paas, F., & Sweller, J. (2014). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In R. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed., pp. 27–42). Cambridge University Press.

Pangestika, W. A., & Faiziyah, N. (2022). Students' mathematics power viewed from the student's critical thinking skills. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, *11*(3), 1897-1908. https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i3.5322

Pappas, M. A., Polychroni, F., & Drigas, A. S. (2019). Assessment of mathematics difficulties for second and third graders: Cognitive and psychological parameters. *Behavioral Sciences*, *9*(7), 76. https://doi.org/10.3390/bs9070076

Paubel Junger, A., de Alcântara Thimóteo, A. C., Gomes de Carvalho Fontana, C., Messias Pereira Araújo, M., Inacio de Oliveira, V., Jarcovis Fernandes, V. M., ... & Keiko Yamaguchi, C. (2025). Digital technologies in mathematics education: discussions and challenges in light of new educational trends. *Environmental & Social Management Journal/Revista de Gestão Social e Ambiental*, *19*(3), , e011553. https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n3-019

Prior Filipe, H., Paton, M., Tipping, J., Schneeweiss, S., & Mack, H. G. (2020). Microlearning to improve CPD learning objectives. *The Clinical Teacher*, *17*(6), 695-699. https://doi.org/10.1111/tct.13208

Quintero, M., Hasty, L., Li, T., Song, S., & Wang, Z. (2022). A multidimensional examination of math anxiety and engagement on math achievement. *British Journal of Educational Psychology*, *92*(3), 955-973. https://doi.org/10.1111/bjep.12482

Rahmawati, R. D., Sugiman, S., Wangid, M. N., & Atmojo, S. E. (2022). The effect of motivation and self-efficacy against mathematics learning achievement in hybrid learning. *World Journal on Educational Technology*

Current Issues, 14(6), 1978-1990. https://doi.org/10.18844/wjet.v14i6.7795

Rahmawati, R., Mardiana, M., & Triyanto, T. (2018, September). Analysis of Students' Mathematical Reasoning Ability in Solving Mathematics Problem. In *International Conference on Teacher Training and Education 2018 (ICTTE 2018)* (pp. 311-314). Atlantis Press.

Roskowski, S. M., Wolcott, M. D., Persky, A. M., Rhoney, D. H., & Williams, C. R. (2023). Assessing the use of microlearning for preceptor development. *Pharmacy*, *11*(3), 102. https://doi.org/10.3390/pharmacy11030102

Ruijia, Z., Talib, O., Burhanuddin, N., & Li, W. (2022). The effect of math self-concept and self-efficacy on the math achievement of sixth grade primary school students: The mediating role of math anxiety. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, *11*(3), 767-778. https://doi.org/10.6007/ijarped/v11-i3/14721

Saat, N., Alias, A., & Saat, M. (2024). Digital technology approach in mathematics education: a systematic review. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 13(4). https://doi.org/10.6007/ijarped/v13-i4/22956

Saleh, M., Prahmana, R. C. I., & Isa, M. (2018). Improving the reasoning ability of elementary school student through the Indonesian realistic mathematics education. *Journal on Mathematics Education*, *9*(1), 41-54. https://doi.org/10.22342/jme.9.1.5049.41-54

Sameth, L. and Lessy, D. (2022). Students critical thinking skills through project-based learning models in solving Pythagoras theorem problems. *Indo-Mathedu Intellectuals Journal*, 3(1), 51-66. https://doi.org/10.54373/imeij.v3i1.35

Sankaranarayanan, R., Leung, J., Abramenka-Lachheb, V., Seo, G., & Lachheb, A. (2022). Microlearning in diverse contexts: a bibliometric analysis. *Techtrends*, 67(2), 260-276. https://doi.org/10.1007/s11528-022-00794-x

Sewell, J. L., Young, J. Q., Boscardin, C. K., Ten Cate, O., & O'Sullivan, P. S. (2019). Trainee perception of cognitive load during observed faculty staff teaching of procedural skills. *Medical Education*, *53*(9), 925-940. https://doi.org/10.1111/medu.13914

Shatte, A. B., & Teague, S. (2020). Microlearning for improved student outcomes in higher education: A scoping review. https://doi.org/10.31219/osf.io/fhu8n

Siswono, T. Y. E., Hartono, S., & Kohar, A. W. (2020). Deductive or Inductive? Prospective Teachers' Preference of Proof Method on an Intermediate Proof Task. *Journal on Mathematics Education*, *11*(3), 417-438. https://doi.org/10.22342/jme.11.3.11846.417-438

Skulmowski, A., & Xu, K. M. (2022). Understanding cognitive load in digital and online learning: A new perspective on extraneous cognitive load. *Educational psychology review*, *34*(1), 171-196. https://doi.org/10.1007/s10648-021-09624-7

Spijkerman, S., Manning, D. M., & Green-Thompson, L. P. (2025). A Cognitive Load Theory Perspective of the Undergraduate Anesthesia Curricula in South Africa. *Anesthesia & Analgesia*, *140*(1), 165-174. https://doi.org/10.1213/ane.0000000000007033

Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational psychology review*, *22*, 123-138. https://doi.org/10.1007/s10648-010-9128-5

Sweller, J. (2011). *Cognitive load theory*. Psychology of Learning and Motivation, 55, 37–76. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8

Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2019). *Cognitive load theory*. Springer.

Sweller, J., Van Merriënboer, J. J., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational psychology review*, *31*, 261-292. https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5

Taylor, A. D., & Hung, W. (2022). The effects of microlearning: A scoping review. *Educational technology research and development*, *70*(2), 363-395. https://doi.org/10.1007/s11423-022-10084-1

Thillainadesan, J., Le Couteur, D. G., Haq, I., & Wilkinson, T. J. (2022). When I say… microlearning. *Medical Education*, *56*(8), 791. https://doi.org/10.1111/medu.14848

Thomas, M. G. (2024). The use of cognitive load theory to assist in the teaching of electrocardiogram interpretation within paramedical science education. *The Clinical Teacher*, *21*(4), e13759. https://doi.org/10.1111/tct.13759

Torrejos, R. L. (2024). College students' engagement in mathematics in the modern world: The influential role of perceived teaching performance of instructors and critical thinking skills in a blended learning environment. *European Journal of Contemporary Education and E-Learning*, *2*(3), 74-89. https://doi.org/10.59324/ejceel.2024.2(3).07

Ural, A. (2015). The effect of mathematics self-efficacy on anxiety of teaching mathematics. *Kuramsal Eğitimbilim Dergisi*, 8(2), 173-184. https://doi.org/10.5578/keg.9075

Usher, E. L. (2009). Sources of middle school students' self-efficacy in mathematics: A qualitative investigation. *American educational research journal*, *46*(1), 275-314. https://doi.org/10.3102/0002831208324517

Van Merriënboer, J. J. G., & Sweller, J. (2010). Cognitive load theory in health professional education: Design principles and strategies. *Medical*

Education, 44(1), 85–93. https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2009.03498.x

Wang, C. C., Cheng, P. K. H., & Wang, T. H. (2022). Measurement of extraneous and germane cognitive load in the mathematics addition task: an event-related potential study. *Brain Sciences*, *12*(8), 1036. https://doi.org/10.3390/brainsci12081036

Xayrullayevna, K. B. (2024). Teaching mathematics interactively: practices and innovative approaches. *International Journal of Pedagogics*, *4*(12), 124-126. https://doi.org/10.37547/ijp/volume04issue12-25

Yang, G. (2024). The Current Status and Development Trends of Information Technology-Aided Mathematics Teaching. *Journal of Computer Technology and Electronic Research*, *1*(2). https://doi.org/10.70767/jcter.v1i2.334

Yohanes, B., & Yusuf, F. I. (2021). Intrinsic Cognitive Load in Online Learning Model of School Mathematics 1 in Covid-19 Pandemic Period. *JIPM (Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika)*, *9*(2), 59-69. https://doi.org/10.25273/jipm.v9i2.7292

Young, J. Q., Van Merrienboer, J., Durning, S., & Ten Cate, O. (2014). Cognitive load theory: implications for medical education: AMEE Guide No. 86. *Medical teacher*, *36*(5), 371-384. https://doi.org/10.3109/0142159x.2014.889290

Zavodna, M., Mrazova, M., Poruba, J., Javorcik, T., Guncaga, J., Havlaskova, T., ... & Kostolanyova, K. (2024, October). Microlearning: Innovative Digital Learning for Various Educational Contexts and Groups. In *Proceedings of The 23rd European Conference on e-Learning*. Academic Conferences International.

Zilinskiene, I., & Demirbilek, M. (2015). Use of GeoGebra in primary math education in Lithuania: An exploratory study from teachers'

perspective. *Informatics in Education*, *14*(1), 127, 127-142. https://doi.org/10.15388/infedu.2015.08

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice*, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2

Zu, T., Hutson, J., Loschky, L. C., & Rebello, N. S. (2018). Use of eye-tracking technology to investigate cognitive load theory. *arXiv preprint arXiv:1803.02499*. https://doi.org/10.1119/perc.2017.pr.113