الاسهام النسبي لاكتساب المخططات المعرفية والتفكير الرياضي وقلق الرياضيات كمنبئات بالإحجام عن حل مشكلات الديناميكا لطلاب المرحلة الثانوية العامة

د. محمود علي موسى
أستاذ علم النفس التربوي المساعد
كلية التربية، جامعة قناة السويس، مصر
Mahmoud_muhanna@edu.suez.edu.eg

ملخص

هدفت الدراسة إلى التحقق من اسهام اكتساب المخططات المعرفية والتفكير الرياضي وقلق الرياضيات للتنبؤ بالإحجام عن حل مشكلات الديناميكا لدى طلاب المرحلة الثانوية. اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي الارتباطي. وتكونت عينة الدراسة من ١٢٠ طالبا وطالبة اختيرت مقصودة من طلاب القسم العلمي تخصص الرياضيات من دارسي الديناميكا. تراوحت أعمار العينة بين ١٦ إلى ١٨ عاماً بمتوسط عمري ١٦.٢ عاماً. استخدمت الدراسة **مقياس** الاحجام عن حل مشكلات الديناميكا لـ (2021) Ahmad، ومقياس قلق الرياضيات لـ (2011) Bai، ومقياس التفكير في الرياضيات المطور، وذلك بعد تكييفه على فرع الديناميكا، وأعد الباحث بإعداد مقياس اكتساب المعرفة الرياضية في ضوء الدراسات السابقة. وباستخدام التحليل العاملي ثبتت مصداقية المقاييس. وقد تم تقدير معاملات ارتباط بيرسون للعلاقات بين متغيرات الدراسة، ووجدت علاقة موجبة بين الاحجام وبين التلخيص الدلالي والقلق السلبي، بينما كانت العلاقة سلبية بين الاحجام والقلق الدافعي. كما تم استخدم تحليل الانحدار المتعدد في الدراسة ومن ثم الوصول إلى النتائج التي خلصت إلى أن التلخيص الرمزي والقلق السلبي منبئات إيجابية بالإحجام عن حل مشكلات الديناميكا.

الكلمات المفتاحية: قلق الرياضيات؛ التفكير الحسابي؛ الاحجام؛ اكتساب المعرفة؛ المخططات المعرفية.

The relative contribution of cognitive schema acquisition, mathematical thinking, and math anxiety as predictors of solving Dynamics problems reluctance among general secondary stage students

Abstract:
The study aimed to verify the contribution of acquiring cognitive schema, mathematical thinking, and math anxiety in predicting solving Dynamics problems reluctance among secondary stage students. The study relied on the descriptive correlational approach. The study sample consisted of 120 male and female students purposely selected from students of the scientific section specializing in mathematics among Dynamics students. The age of the sample ranged from 16 to 18 years old with an average age of 16.2 years old. The study used the reluctance to solving Dynamics problems scale by Ahmad (2021), the math anxiety scale by Bai (2011), and the developed mathematical thinking scale, which were adapted for the Dynamics branch. The researcher also developed a knowledge acquisition scale considering previous studies. The validity of the scales was confirmed using factor analysis. Pearson correlation coefficients estimated the relationships between the study variables. A positive relationship between reluctance and semantic summarization and negative math anxiety was found, while the relationship was negative between reluctance and motivational anxiety. Multiple regression analysis indicated that semantic summarization and negative math anxiety were positive predictors of reluctance to solving Dynamics problems.

Keywords: Math anxiety; Mathematical thinking; Reluctance; Knowledge acquisition; Cognitive schemata.

مقدمة:

الرياضيات هي أكثر من مجرد مجموعة من المفاهيم والنظريات والبراهين، إنه نسيج منسوج بشكل ثري من الروابط التي تتضمن التصور، والتخيل، والتحليل، ووجود أفكار مرتبطة مجردة (Nwoke & Ugwuegbulam, 2016). فالرياضيات تركز بشكل أساسي على طريقة حل المشكلات ثم تزويد الطلاب بفرص تطبيق الطريقة على مجموعة من المشكلات ذات السياق المماثل لدعم نمو المعرفة المتصلة والفهم المفاهيمي ونقل معارفهم إلى سياقات غير مألوفة (Shield & Dole, 2013). وتتطلب الرياضيات التخطيط والتنفيذ الجيد وأنشطة التعلم الذاتي لتكوين الخبرة، كما تتطلب الاطلاع والتفكير العقلاني والواقعية (Onivehu & Ziggah, 2004)، وتشجع الرياضيات التطبيقية على التخيل وإعمال مهارات التفكير العليا وحل المشكلات، وتتقاطع أهمية الرياضيات في أعمال الحياة، وتساعد على إعطاء تفسير دقيق للأفكار والاستنتاجات (Dewck, 1996; Nwoke & Ugwuegbulam, 2016).

ويشمل مقرر الرياضيات للمرحلة الثانوية فروعا متنوعة تتمثل في التفاضل والتكامل والجبر وحساب المثلثات والهندسة الفراغية والديناميكا، وتختلف الديناميكا في طبيعتها أنها تتطلب أنماطا متماسكة من الادراك والتأثير والسلوك وتوفر نمطا شخصيا للمرء في التعامل مع المشكلات بشيء من الحساسية للسياق وتخيل العمليات (Dewck, 1996)، وتتطلب الديناميكا كأحد فروع الرياضيات التطبيقية مهارات التفكير التناظري Analogical thinking skills: وهي مهارة معرفية تدعم العملية المفاهيمية للتعرف على العناصر المشتركة لأنظمة العلاقات بين القوى والتحليل الاتجاهي لعزوم القوى المختلفة، وتتطلب هذه المهارة الاستدلال القياسي التي يدرك به المتعلم أنظمة العلاقات التي يمكن معالجتها ومقارنتها (Richland & Begolli, 2016). وتتطلب الديناميكا كفرع من فروع الرياضيات قدرا من الاستدلال والادراك البصري والتخيل لتحليل القوى المتجسدة في حركة الاجسام، وتفسيرها وتحويل الأفكار الرياضية إلى دلالات معرفية متماسكة تمهيداً لتفسير تلك الظواهر وإعطائها المعنى في ضوء تفسيرات السياق الديناميكي (Redish & Kuo, 2015).

وتفترض نظرية المعنى للمعرفة الرياضية التوافق والتكامل بين ثلاثة نماذج للتمثيلات الرياضية المعرفية التي تؤثر على الفهم الرياضي (Godino et al., 2021). كما أن التأرجح العقلي بين البحث عن تمثيلات شبيهة لبناء الحل، أو تكوين تمثيل شفري جديد لبناء الحل هو خلل في

الادراك ناتج عن التفاعل الشديد بين السياق المعرفي والانفعالي الناتج عن سوء الفهم في مشكلات الديناميكا (Beltrán-Pellicer & Godino, 2020; Mariotti, 2000).

اكتساب المخططات المعرفية Cognitive Schema acquisition:

يعتمد توليد الإجابة الصحيحة المناسبة لنص المشكلات على بنيات لمعرفة يتم تخزينها في الذاكرة العاملة مسبقاً. ويعتمد هذا على المرونة المعرفية لعمليات المعالجة لتوسيع البنيات المعرفية أو إنشائها أو تعديلها (Singer & Donlan, 1982). ويتضمن حل المشكلات تمارين رياضية تتطلب تقديم المعلومات ذات الصلة إلى الطلاب حول مشكلة عبر النص، بدلاً من أن تأخذ شكل رموز رياضية. فالأساس المنطقي هو أن الأداء في المشكلات اللفظية (الكلامية) يعمل بمثابة وكيل لقياس قدرة الطالب على تحليل موقف يحدث في العالم الحقيقي، واستخدام التفكير الرياضي لتحديد الحل، ويأتي تفسير الحل بناء على السياق (Peltier & Vannest, 2017).

ويتم تكوين المخطط المعرفي نتيجة ممارسة قائمة على الأدلة أثناء حل المشكلات للطلاب الذين يعانون صعوبات رياضية، وبالأخص في مشكلات الرياضيات التطبيقية: الاستاتيكا والديناميكا (Peltier & Vannest, 2017). فالمخطط المعرفي هو نظام أو إطار عمل يتم نماؤه لحل المشكلات عن طريق تنظيم المعرفة وتوفير دعائم وقرائن لدعم التعلم في المستقبل، ويتضمن المخطط مشكلات كلامية وقدرة منطقية على سرد واستعراض المشكلة والربط بين المطلوب وبرهان الحل (Peltier & Vannest, 2017). ويتم اكتساب المخططات بطريقتين هما:

١) توسيع المخطط، ويتم في ضوء الخطوات الأتية (Peltier & Vannest, 2017): (أ) تحديد المخطط، و(ب) كتابة المعادلات الجبرية المقابلة، و(ج) تحديد خطة الحل، و(د) تنفيذ الخطة والتحقق من مدى معقوليتها. وتزيد عملية توسيع المخططات من احتمال تعرف المرء على العلاقات بين المشكلات المألوفة، والجديدة والتعرف على توقيت تطبيق طرق الحل المتعددة التي تعلمها (Fuchs et al., 2004).

أ) الاعتماد على مخططات سابقة في ضوء عدة خطوات (Peltier & Vannest, 2017): (أ) تحديد المخطط، و (ب) إكمال الرسم التخطيطي المقابل، و(ج) تحديد خطة الحل، و(د) تنفيذ الخطة والتحقق من مدى معقوليتها.

والطريقتان تعتبران متشابهتين، إلا أن الاختلاف الرئيسي هو أن طريقة توسيع المخطط تتضمن تعليمات حول ميزات انتقال المعلومات السابقة وتطويعها لتمكين المتعلم من التعميم والتقسيم والنقد المجرد للمشكلات الكلامية الجديدة (Peltier & Vannest, 2017). والخلل في تكوين المخططات في مادة الميكانيكا يعتمد على القصور في استرجاع الحقائق والقدرة على التخيل، والتحليل لمتغيرات المشكلة الرياضية إذ تتطلب المشكلات استخدام معلومات دلالية ورقمية معاً في حل المشكلات (Rockwell et al., 2011).

كما أن هناك خلل في الوظائف التنفيذية تعمل على إيجاد صعوبات في حل مشكلات الديناميكا تحديداً، إذ يؤدي الانتباه الضعيف إلى أخطاء في الاستدلال وأخطاء إجرائية في الحساب وصعوبات تعلم الحقائق وتطبيقها، والاستدلال والتبرير المنطقي، كما أن قدرة الذاكرة العاملة قد تكون عائقاً في تشكيل المزيد من المخططات بسبب الأخطاء الإجرائية الناتجة عن الخلل في فهم العلاقة بين المخططات المعرفية والعمليات الدلالية (Rockwell et al., 2011). كما أن كفاءة تكوين المخطط تعتمد على ثلاثة متغيرات (Fuchs et al., 2004) هي: ١(أ) اتقان قواعد حل المشكلات، و(ب) تطوير فئات فرز المشكلات التي تتطلب حلولاً مماثلة، و (ج) إدراك أن المشكلات الجديدة مرتبطة بالمشكلات التي تم حلها مسبقاً. كما أن اتقان القواعد في الديناميكا والاستاتيكا يعتمد في تخصيص سعة أقل لتفاصيل الحل بالذاكرة العاملة بدلاً من تخصيص مزيد من الموارد المعرفية لتحديد الروابط بين المعلومات السابقة والجديدة (Fuchs et al., 2004).

اكتساب مخططات المعرفة بفرع الديناميكا:

تقتصر طبيعة الديناميكا على دراسة ديناميـة الحركة للأجسام والقوى والعزوم المؤثرة فيها، ودراسة أنظمة الحركة، وهي فرع مركب يولف بين الجبر والهندسة الاقليدية وحساب المثلثات، وعلم الاستاتيكا (Dray et al., 2023). ويرى Mdaka et al. (2023) أن النمذجة الرياضية لمشكلات الديناميكا توفر تمثيلات عقلية معرفية تزود المتعلم بفرص أو سياقات لتطوير الخبرة وطرق ذات مغزى لحل المشكلات من خلال التفكير المنطقي لتحليلات القوى بالعمليات الرأسية والأفقية. وأكد Davies et al. (2023) اكتساب المخططات المعرفية بمثابة نوع من تمثيل لتطبيقات حياتية للحركة للأجسام المتحركة بقوى متعددة عبر الإثبات الرياضي. كما أن الاكتساب العميق يتطلب انعكاس تطبيقات صورة المفهوم المتضمنة لخصائص الصور الذهنية

لتطبيق قوانين الحركة وقوانين نيوتن وغيرها، وكذلك فهم كيفية تفسير المعادلات هندسياً واتجاهياً وفهم الحالات الخاصة للتحليل الاتجاهي لتعميمها واستخدامها في حل مسائل الديناميكا كما أشار Dray et al. (2023).

والتمثيلات هي عبارة عن عمليات وارتباطات معقدة يتم انتاجها وفقا للقواعد التي تسمح بوصف نظام أو عملية أو مجموعة من الظواهر لإنتاج المعرفة الجديدة وليس فقط لتوصيل أي تمثيل عقلي معين. ويمكن أن تكون التمثيلات عبارة عن معتقدات أو مفاهيم وقد تكون سوء فهم لدى الأفراد، بصورة تمكن من الوصول إليها من خلال الإنتاج اللفظي أو التخطيطي (Duval, 2006). وهذه التمثيلات هي نوع من المعرفة الذاتية التي تفسر العلاقات بين المجالات المعرفية والانفعالية (Beltrán-Pellicer & Godino, 2020). ويعمل تضافر المجالات المعرفة والانفعالية على توفير تجربة ترفيه تتسم بتعدد أبعادها ومراحلها (Lee et al., 1994). وتحدث المشكلة في فهم الرياضيات لدى المتعلم في كل مرحلة من مراحل المنهج من خلال الصراع المعرفي بين مطلبين متناقضين هما: كيف يمكن التمييز بين الكائن المماثل، والتمثيل الشفري المستخدم إذا لم يتمكن من الوصول إلى الكائن الرياضي بصرف النظر عن التمثيلات العقلية، وعليه فإن القدرة على التغيير من نظام تمثيل إلى أخر غالبا ما تكون العتبة الحاسمة للتقدم في التعلم وحل المشكلات وقد ينعكس هذا على الجانب الانفعالي للمتعلم بصورة تنعكس على أدائه وتسبب التشتت له (Beltrán-Pellicer & Godino, 2020; Duval, 2006). فالموقف المعرفي والانفعالي مقترنان أثناء ممارسات حل المشكلات في الديناميكا إذ يملك المتعلم انفعالا عقليا نحو نوع معين من سياقات المشكلات يؤثر على أساليب الاستدلال أو الاعتقاد حول طبيعة المشكلة الرياضية (Beltrán-Pellicer & Godino, 2020).

وقد يرتبط الصراع المعرفي والانفعالي المتعلق بتعلم الديناميكا من خلال الخلل بين نوعين من فهم المعاني: الأول ويشير إلى معني المفاهيم الرياضية والعلميات، والأخر ويرتبط بمعاني العلاقات والمعادلات والمتتاليات والتعبيرات، وهذا ينعكس في تطوير الادراك والاحساس بالمشكلة والبحث عن سبل مبتكرة في التفكير في سياق منطقي للحل (Godino et al., 2021). وقد يكون من مسببات الصراع بين الجوانب المعرفية والانفعالية هي تحليل معنى العناصر اللغوية الرياضية وتحويلها إلى تمثيلات بصرية مرسومة، واختيار اللغة والمعادلات

والإجراءات والافتراضات والحجج المناسبة لإنتاج الحل (Godino et al., 2021; Mariotti, 2000).

أما بالنسبة للاكتساب العميق للمخططات المعرفية فقد يكون بسبب التعقيد في بناء الاثبات والتبرير اللازم لانتقاء الخطوات خصوصا في المشكلات متعددة المراحل (Lahdenpera et al., 2023). ويعتمد الاكتساب العميق للمخططات المعرفية على المعرفة السابقة ومدى المرونة المعرفية في الربط بين المعادلات بصورة متسلسلة لبناء الاثبات اعتمادا على المنطق الرياضي وتحليل القوى اعتمادا على الحجج الرياضية والقواعد الرياضية ومن ثم يحدث تطوير للمعتقدات المعرفية لدى المتعلم فيما يتعلق بتحليل القوى والعزوم وتخطيط متجهات الحركة (Davies et al., 2023).

قلق الرياضيات Mathematics Anxiety:

اختلفت تعاريف قلق الرياضيات باختلاف المنظور الذي تتبناه الدراسات المختلفة، فقد عرفه Stoehr (2017) على أنه أكثر من مجرد عدم الاعجاب بالرياضيات، بينما عرفه أخر على أنه حالة من عدم الراحة التي تحدث استجابة للمواقف التي تنطوي على مهام رياضية ينظر إليها على أنها تهدد تقدير الذات. فهي رد فعل انفعالي سلبي، أو عامل سلبي في المواقف، يدرك عندما يطلب من المتعلم اكمال المهام الرياضية. أو هي استجابة انفعالية سلبية تتسم بالخوف والعصبية المرتبطة بالمشاركة في الرياضيات أو التفكير في الرياضيات (Buckley & Sullivan, 2021). وهناك نوعان من قلق الرياضيات: قلق السمة وقلق الحالة. ويشير القلق من الرياضيات كحالة عابرة بأنه نوع من القلق يشعر به المرء أثناء أداء المهمة، في حين أن قلق السمة هو خاصية أكثر ثباتاً ويرتبط بمستوى الخوف والتهديد الذي يربط الفرد بالرياضيات (Buckley & Sullivan, 2021). والقلق في مجمله له نتيجتان سلبيتان هما تجنب الرياضيات وضعف الأداء (Daker et al., 2021). أو أن قلق الرياضيات هو مشاعر سلبية تتعلق بالانخراط في أنشطة الرياضيات أو توقعها أو في تنفيذ الأنشطة اليومية التي تتطلب حسابات (Hasty et al., 2021). وهذه المشاعر تعزز التجنب السلوكي الذي يعوق فرص الطلاب في اكتساب المعرفة ومهارات الممارسة (Hasty et al., 2021). والتجنب هو نوع من المماطلة أو التأجيل بسبب المعاناة من الشعور الانفعالي السلبي المصاحب للمهام

التعليمية (Hasty et al., 2021). أو أن انخفاض الدوافع يؤدي إلى ميول انسحابيه في المواقف المرهقة معرفياً.

وقلق الرياضيات هو توتر اجتماعي خاص، أو رهاب يمكن أن يهدد الطلاب بالرياضيات، ويعمل كعامل مقيد للفرص التعليمية. ويعتبر ارتفاع قلق الرياضيات ظاهرة خطيرة تحد من قدرات المتعلم المعرفية على تعلم الرياضيات وتحد من أدائه (Albelbisi et al., 2022). ويؤثر قلق الرياضيات على مواقف الرياضيات تجاه حل مشكلات الرياضيات بطريقتين هما (Kargar et al., 2010):

أ. تجنب المتعلم القلق من الرياضيات بصورة تجعله لا يكتسب الكفاءة أو التمكن من عمليات الرياضيات. وهو سلوك غير تكيفي ينتج عن نوات شخصية أو اجتماعية غير مرغوب فيها نتيجة تعرضه لمواقف سخيفة أمام زملائه (Onivehu & Ziggah, 2004).

ب. يؤثر القلق بشكل مباشر على مواقف الرياضيات، حيث تقل قدرته على اكمال حل المشكلات الرياضيات بنجاح. وينمو الأمر لديه ليصل إلى حد الاحجام عن الرياضيات. حيث تقل المرونة المعرفية لدى المتعلم وتختل القدرة على إيجاد الروابط المختلفة بين المعرفة الإجرائية والمعرفة المفاهيمية وبالتالي تقل نسبيا كفاءة حل المشكلات (Jiang et al., 2021). وخير مثال على ذلك هو سوء الفهم لطبيعة تحويل القوى إلى متجهات في مركبات رأسية وافقية بالرغم من معرفته بتواجد تلك القوى ورصدها على الرسم (Dray et al., 2023).

بينما تم تعريف قلق الرياضيات على أنه مشاعر الخوف أو التوتر، أو الرهبة عند مواجهة الرياضيات، أو حتى احتمال دراسة الرياضيات. فالطالب الذي يعاني من القلق في الرياضيات هو أكثر عرضة لأداء ضعيف في تقييمات الرياضيات وتجنب تعلم الرياضيات (O'Hara et al., 2022). في حين ربط Jiang et al. (2021) الشعور بقلق الرياضيات بمواقف الرياضيات، أو المشكلات الرياضية. وينشأ قلق الرياضيات خلال تقييمات الرياضيات، أو توقعها، أو المهام المتدرجة، وغالبا ما يكون قلق تعلم الرياضيات أكثر حدوثا نتيجة للتأثر ببيئة التعلم عند مقارنته بقلق تقييم الرياضيات (O'Hara et al., 2022). وغالبا تنشأ مشكلة قلق

الرياضيات مع المتعلم منذ الصغر في المراحل المبكرة من التعليم، سواء بسبب تدني خصائص المتعلم المعرفية حيث يحدث تفاعل معقد بين العوامل المعرفية والانفعالية أثناء عملية اكتساب الرياضيات أو العوامل البيئية (O'Hara et al., 2022; Živković et al., 2022). ويرتبط القلق باهتمام الشخص بمستقبله إلى الحد الذي يسهل عليه الانزعاج عند ارتكاب الأخطاء أثناء الحلول (Onivehu & Ziggah, 2004). وفشل تعزيز التعبيرية وتعميق الروابط بين الرموز وطبيعة المعرفة في مادة الديناميكا (Moreno-Armella et al., 2008).

ويعتبر قلق الرياضيات مرادفا لقلق الأرقام، وقد يؤدي القدر المعتدل من القلق إلى تسهيل التفكير والمواقف، بينما تشير مستويات القلق المرتفعة إلى طلاقة أقل في التفكير والمواقف الرياضية، وتجعل المتعلم أقل دراية، وتخفض الثقة بالنفس وفي قدرات المتعلم، وتزيد الخوف من الفشل (Kargar et al., 2010). وبما أن الباحث يركز بحثه على مادة الديناميكا بالمرحلة الثانوية، فيكون قلق الرياضيات هو حالة يعاني فيها المرء من تأثير سلبي عند الانخراط في مهام تتطلب مهارات رقمية ورياضية (Stoehr 2017). ويعتبر مصدر القلق في تعلم الديناميكا هو اعتقاد ان المعادلات والأفكار المفاهيمية نوعان منفصلان من المعرفة يفشل في تنشيط معرفته المفاهيمية عند التفكير في كيفية استخدام معادلة معينة في الحل (Gupta & Elby, 2011). ويتضمن حل المشكلات في مادة الديناميكا تحويل أنظمة التمثيل الرياضي من الصورة الرمزية إلى الصورة المرئية متعددة التمثيلات المرتبطة (Karadag, 2009).

التفكير الرياضي Mathematical Thinking:

يعتقد أن التفكير الرياضي عملية تحتوي على واحد على الأقل من الأنشطة الذهنية والمتعلقة بتجسيم الأنشطة الحركية والتجارب ودراسة العلاقات المرتبطة بها رياضياً باستخدام مهارات عليا كالاستدلال والتجريد والتخمين والتمثيل والتبديل بين التمثيلات المختلفة والتصور والاستنتاج والحث والتحليل والتركيب والربط والتعميم والاثبات (Karadag, 2009; Mdaka et al., 2023). والرياضيات نشاط يتضمن التجريد والتمثيل الرمزي والمعالجة الرمزية في واقع مضبوط رياضياً من الناحية الرمزية والشكلية (Karadag, 2009). ويتضمن التفكير الرياضي البحث عن المعنى الرياضي، والتماسك الشكلي للمعرفة الرياضية، وتتم صناعة المعنى من خلال الترجمة الرياضية للعلاقات السببية أو الوظيفية (Gupta & Elby, 2011). ويتم الارتباط بين معنى المفاهيم والعمليات واستخدام المتغيرات والمتجهات والتعبيرات والمعادلات والعلاقات

لتطوير الإحساس بالمشكلة وفهم الأفكار الرياضية (Dray et al., 2023; Godino et al., 2021). ويزيد تعقيد المشكلة الرياضية في مادة الديناميكا بسبب كونها مشكلات لغوية دلالية في الرياضيات تنوع فيها الشفرات الدلالية (لغة، رسوم، رموز محددة، جداول، اتجاهات، أشياء مادية)، وتحتاج هذه المشكلة إلى التفكير لتحليل المعنى للعناصر اللغوية الرياضية الداخلة في الحل (اللغة، المفاهيم، الإجراءات، الافتراضات، الحجج) (Godino et al., 2021). ويتسم التفكير الديناميكي بالتغيير في السياق والتغيير في المحتوى، وتغيير أوضاع التكوينات التي كانت تبحث عن الاستقرار أو لتحليل الكل إلى أجزاء يمكن إعادة ترتيبها، وقد تؤدي هذه الإجراءات إلى فهم أفضل للمشكلة وطريقة فعالة لاكتشاف الإجابات الصحيحة أو استراتيجية الحل (Pelczer et al., 2014). ويحدث الاحجام عن حل المشكلات بسبب الحالة الوجدانية السلبية المصاحبة للقلق مع أنماط التفكير أثناء حل المشكلات أو التحويل الرمزي القائم على تحليل القوى الاتجاهي مما يعيق مشاركة المعلومات العميقة لحل المشكلات (Redish & Kuo, 2015).

تأثير عمليات التفكير الرياضي بقلق الرياضيات:

وتعتمد عمليات التفكير في الرياضيات على اجراء القياس وإيجاد العلاقات ومعالجات المعادلات مما يتطلب بعض الاستغراق المعرفي من المتعلم. وهذا يتطلب من المتعلم وضع تمثيلات معقدة في الاعتبار والتعامل معها لتحديد استراتيجيات الحل أو التمثيلات البديلة أثناء عملية التخطيط والتنفيذ للحل متعدد الخطوات بشكل متكرر (Živković et al., 2022). وتقوم بتزويد المتعلم الكفايات المناسبة للاستخدام الفوري طويل المدى (Shield & Dole, 2013)، وتتطلب عمليات التفكير في العلاقات نظام الوظائف التنفيذية بالذاكرة العاملة وهو نظام محدود القدرات (Richland & Begolli, 2016; Živković et al., 2022). وتتطلب عملية المعالجة الرياضية كفاءة رياضية باعتبارها استعداد المتعلم للتصرف بمقتضى التحدي الرياضي في سياق تعليمي معين (Thomsen & Jankvist, 2022). وتعتمد المرونة المعرفية في التفكير على انتقاء القواعد الرياضية الأنسب لحل المشكلات وتكوين البراهين الرياضية (Živković et al., 2022).

ويعتمد تعلم الديناميكا على التركيز على الادراك والتمثيلات واستخدام الثقافة الافتراضية لتطوير النمو المعرفي للإدراك بحيث ينتقل المتعلم من الصياغات الشفوية أو اللغوية للرياضيات إلى

الصيغة الرمزية والافتراضية، أي الانتقال إلى عمق المعالجة وفك التشفير والتجسيد الحسابي الرقمي عن طريق تخيل الحركة والاتجاه والتحليل وإنتاج حلول في صورة تمثيلات دلالية (Moreno-Armella et al., 2008). ويعد الخلل في أنماط التفكير واكتساب مخططات المعرفة بمثابة سوء للتفسير نتيجة الفهم السطحي، وخلل اكتساب المعرفة الإجرائية وتطوير سياقات المعرفة المجردة ورصدها في صورة واعية لبناء البرهان الرياضي في حل مشكلات الديناميكا (Mdaka et al., 2023).

وتقوم الوظائف التنفيذية بالذاكرة العاملة بإجراء الضبط والمعالجة في الانتباه لإضافة المعلومات ذات الصلة إلى الذاكرة العاملة، وتكبح معرفيا المعلومات عديمة الصلة والمشتتة للانتباه. وعملية الكبح المعرفي أثناء المعالجة تؤدي إلى المرونة المعرفية أثناء تحييد دور العبء المعرفي وتكوين مخططات أكثر نشاطاً أثناء تكوين الحلول والاحتفاظ بالمعلومات (Richland & Begolli, 2016)؛ وهذا يتطلب قدر متنوع من المسائل لاستخدام المعرفة الإجرائية في حل الأفكار الجديدة بصورة واعية (Mdaka et al., 2023).

ويعد الاحتفاظ بالمعلومات والتمثيلات والمخططات المعرفية المكتسبة في الذاكرة العاملة أمر هام للتنسيق ومعالجة التمثيلات. ولإنشاء الروابط والعلاقات بين المعلومات فهذا يتطلب وجود منطق بين مثيرات الحل أثناء عمليات المعالجة لعمل استنتاجات حول تلك العلاقات ذات المستويات العليا من التفكير (Richland & Begolli, 2016). وتؤدي عمليات الإخفاق نتيجة صعوبات كبح المعرفة التي لا علاقة لها بالحل إلى التفكير النمطي الذي بدوره يصبح مهددا راسخا يؤرق المتعلم ويصيبه بالقلق الرياضي والفوبيا في المراحل التالية من الدراسة (Kapitanoff & Pandey, 2017). وغالبا يزيد القلق لدى مرتفعي التفكير النمطي حيث تتدنى قدراتهم على حل المشكلات والمعالجة المعرفية والاستنتاج الرياضي (Albelbisi et al., 2022).

كما أن التفكير الرياضي يمكن أن ينمو في ضوء حل المشكلات المعقدة، التي تتطلب تكوين مخططات معرفية متنوعة والتفكير الناقد التحليلي (Albelbisi et al., 2022). وتتطلب هذه المخططات مرونة معرفية عن طريق استخدام المعرفة الإجرائية لحل المشكلات الجديدة، وتتطور وتنمو خبرة المتعلم وقدرته على توظيف القواعد وتوليف البراهين نتيجة مرونة المخططات المعرفية وقدرته على التخيل نتيجة الاستغراق المعرفي والانفعالي في حل

المشكلات، إذ تكون الذاكرة العاملة متحررة من محفزات القلق والاستثارة الانفعالية (Jiang et al., 2021; Sorvo et al., 2017).

مشكلة الدراسة:

تتلخص مشكلة الدراسة في العديد من المظاهر السلوكية من ضمنها العزوف الواضح لدى طلاب المرحلة الثانوية عن حل التمارين المرتبطة بمادة الديناميكا، إذ أنها تربط بين قواعد الجبر، والهندسة وحساب المثلثات، وتتطلب قدرا من التخيل والدمج بين القواعد والمسلمات بعيداً عن القوالب والانماط المعرفية المألوفة عن نظيرتها مادة الاستاتيكا التي تأتي واضحة وصريحة إلى حد ما.

كما يعاني الطلاب بالمرحلة الثانوية بالفرع العلمي شعبة الرياضيات من خلل في عمليات التفكير الرياضي نتيجة تهديدات الصور النمطية في حل المشكلات لدى الاناث أكثر منه في الذكور كما أشار Kapitanoff & Pandey (2017). بينما تعتمد الدراسة في فرع الديناميكا علي رصد العديد من الأفكار الرياضية التي يتحرك من خلالها المتعلم، الأمر الذي يجعل التحصيل متدنيا نتيجة الاحجام عن حل المشكلات التي تتضمن أفكارا جديدة نتيجة الاكتساب السطحي للمعرفة الرياضية، كما أن قصور المتعلم عن التخيل في التحليل الاتجاهي والتلخيص الرمزي يجعل الذاكرة العاملة تستغرق وقتاً طويلاً لبحث عن تعديلات بالمخططات المعرفية السابقة الاكتساب. وفي سبيل البحث عن حل منهجي لتلك المشكلة، فإن الدراسة الحالية تطرح الأسئلة البحثية الأتية:

١. ما طبيعة العلاقة بين اكتساب المخططات المعرفية والتفكير الرياضي وقلق الرياضيات وبين الإحجام عن حل مشكلات الديناميكا لطلاب المرحلة الثانوية العامة؟
٢. ما الاسهام النسبي لكل من اكتساب المخططات المعرفية والتفكير الرياضي وقلق الرياضيات كمنبئات بالإحجام عن حل مشكلات الديناميكا لطلاب المرحلة الثانوية العامة؟

أهداف الدراسة:

١. تقدير العلاقات بين اكتساب المعرفة والتفكير الرياضي وقلق الرياضيات في التنبؤ بالإحجام عن حل المشكلات في مادة الديناميكا لطلاب المرحلة الثانوية العامة.

٢. دراسة الاسهام النسبي لاكتساب المعرفة والتفكير الرياضي وقلق الرياضيات في التنبؤ بالإحجام عن حل المشكلات في مادة الديناميكا لطلاب المرحلة الثانوية العامة.

أهمية الدراسة:

دراسة العوامل المسببة للإحجام عن حل المشكلات في مادة الديناميكا باعتبارها أحد فروع الرياضيات التطبيقية لدى طلاب الثانوية العامة، وتحديد المسببات المعرفية والانفعالية التي تؤدي إلى ذلك. خاصة وأن المشكلة لها تبعات عديدة منها أن الطلاب تقوم بالتحويل من القسم العلمي شعبة رياضيات إلى القسم العلمي شعبة العلوم، أو التحويل إلى الشعبة الأدبية هروباً من الرياضيات التطبيقية وبالأخص في الصف الثالث الثانوي. كما أن الاكتساب السطحي للمعلومات يوجد عقبات في فهم المسائل الرياضية في الديناميكا – إذ تتطلب العرض التفصيلي لمهارات البرهان الرياضي المعتمد على الجبر والهندسة الاقليدية وحساب المثلثات والتخيل، وغيرها من قوانين الفيزياء لتطويعها معاً، وبالتالي فالبرهان المختصر يؤدي إلى سوء اكتساب المعرفة لدى متعلم الديناميكيا، وبالتالي فإن ذلك يسبب تفكيرا نمطيا إلى حد ما، وبالتالي ينتاب المتعلم قلق الرياضيات المستمر نتيجة مروره بخبرة عرقلته عن تقدم مسار التعلم.

فروض الدراسة:

١. توجد فروق دالة احصائياً في درجات الطلاب على مقياس الإحجام عن حل المشكلات في مادة الديناميكا لطلاب المرحلة الثانوية العامة راجعة إلى تأثير الجنس والعمر المستوى الدراسي.
٢. توجد علاقة ارتباطية بين اكتساب المعرفة والتفكير الرياضي وقلق الرياضيات وبين الإحجام عن حل المشكلات في مادة الديناميكا لطلاب المرحلة الثانوية العامة.
٣. يسهم اكتساب المعرفة والتفكير الرياضي وقلق الرياضيات في التنبؤ بالإحجام عن حل المشكلات في مادة الديناميكا لطلاب المرحلة الثانوية العامة.

الطريقة والاجراءات

أولاً: منهجية وتصميم الدراسة: اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي الارتباطي الذي يهتم بدراسة علاقات السبب والنتيجة بين متغيرات الدراسة. كما اعتمدت الدراسة على تصميم الدراسات المستعرضة.

ثانياً: عينة الدراسة: تكونت عينة الدراسة من ١٢٠ طالبا وطالبة بالمرحلة الثانوية العامة، بالصفين الثاني والثالث، وانقسمت العينة في ضوء الجنس إلى ٥٨ (٤٨٪) ذكور و٦٢ (٥٢٪) إناث، ويعلل الباحث صغر حجم العينة بأن الطلاب من دارسي الرياضيات التطبيقية (الديناميكا) بالمرحلة الثانوية هو عدد قليل بالصف الثاني الثانوي الذي يدرس فرع الديناميكا بالفصل الدراسي الثاني، بينما تدرس لطلاب الصف الثالث طيلة العام الدراسي. وتراوحت أعمار الطلاب بين ١٦ إلى ١٨ عاماً، بمتوسط عمري ١٦.٢ عاماً وانحراف معياري ٠.٨٦ عاماً.

ثالثاً: أدوات الدراسة وتطبيقها:

١. **مقياس الاحجام عن حل مشكلات الديناميكا:** أعد المقياس Ahmad (2021) وقد تكون من ١٥ مفردة تشير إلى الأسباب المحتملة لإحجام الفرد عن المشاركة في المناقشات الصفية. ويشير المستجيب إلى درجة موافقته أو عدم موافقته على المفردات ذات الصلة بأسباب إحجام الطلاب عن المشاركة في مناقشات الفصل الدراسي من خلال وضع علامة أمام تدريج خماسي طبقا لمقياس ليكرت بحيث ٥ تعني دائماً، و٤ غالبا، و٣ أحياناً، و٢ نادراً، و١ أبداً.

صدق وثبات المقياس: تم حساب الصدق باستخدام التحليل العاملي التوكيدي بطريقة أقصى احتمال لمفردات المقياس، وكانت مؤشرات المطابقة على النحو المبين بالجدول:

جدول (١): مؤشرات سن المطابقة للنموذج التوكيدي لمقياس الاحجام عن حل المشكلات لطلاب المرحلة الثانوية العامة

المؤشر	X^2	Df	P	CFI	TLI	SRMR	RMSEA
القيمة	١٣٧	٨٤	> ٠.٠٠١	٠.٩٢٦	٠.٩٠٧	٠.٠٧٠	٠.٠٧٣

توصلت النتائج إلى مؤشرات حسنة المطابقة في ضوء مؤشر RMSEA الذي وقع في المدى المقبول له بين ٠.٠٥ إلى ٠.٠٨ بينما جاءت المؤشرات TLI, CFI مقبولة حيث تخطت قيمتها ٠.٩٠ وكان مؤشر SRMR في المدى المقبول له حيث بلغت قيمته القيمة ٠.٠٧٠ وهي قيمة قريبة من الصفر، في حين كان مؤشر مربع كاي سيء المطابقة إذ كان دالا احصائياً، وقد قام

الباحث بناءً على مؤشرات التعديل بإقامة ارتباطات بين تباينت البواقي، وفيما يلي تشبعات المفردات على العامل العام للإحجام عن حل المشكلات:

جدول (٢): تشبعات النموذج التوكيدي لمقياس الاحجام عن حل المشكلات في الديناميكا لطلاب المرحلة الثانوية العامة

المؤشر	التشبع	الخطأ المعياري	قيمة Z	الدلالة
١	٠.٥٣٤	٠.١١٦	٤.٥٩	< ٠.٠٠١
٢	٠.٧٨٥	٠.١٠٩	٧.١٩	< ٠.٠٠١
٣	٠.٨٤٦	٠.١٢٨	٦.٦٠	< ٠.٠٠١
٤	٠.٨٦٩	٠.٨٦٩	٠.١٣٣	< ٠.٠٠١
٥	٠.٩٦٥	٠.١١٦	٨.٣٢	< ٠.٠٠١
٦	٠.٩٥٩	٠.١٢٩	٧.٤٣	< ٠.٠٠١
٧	٠.٣٠٧	٠.١٣٠	٢.٣٦	٠.٠١٨
٨	٠.٩٨٠	٠.١٢٣	٧.٩٧	< ٠.٠٠١
٩	٠.٦٥٤	٠.١١٠	٥.٩٣	< ٠.٠٠١
١٠	٠.٧٩٧	٠.١٣٨	٥.٧٩	< ٠.٠٠١
١١	١.٠٦٩	٠.١٢٥	٨.٥٦	< ٠.٠٠١
١٢	٠.٧٧٤	٠.١٠٥	٧.٣٨	< ٠.٠٠١
١٣	٠.٤٨٣	٠.١١٩	٤.٠٧	< ٠.٠٠١
١٤	٠.٤٧٢	٠.١٢٠	٣.٩٥	< ٠.٠٠١
١٥	١.٠٣٢	٠.١٠٩	٩.٤٨	< ٠.٠٠١

ويلاحظ أنه قد تراوحت تشبعات المفردات على العامل العام لنموذج التوكيدي بين ٠.٣٠٧ إلى ١.٠٦٩ وكانت جميع المفردات دالة احصائياً. ولم تستبعد أي من مفردات المقياس في ضوء الدلالة الإحصائية الناجمة عن برنامج Jamovi. وقد تم حساب الثبات بطريقة معامل ألفا كرونباخ والذي بلغت قيمته لمفردات المقياس ككل ٠.٨٧٩ بينما بلغ معامل أوميجا للمقياس ٠.٨٨١.

٢. **مقياس قلق الرياضيات:** تبنى الباحث مقياس لـ Bai (2011) لقياس قلق الرياضيات لدى طلاب المرحلة الثانوية في بعدين. وتكون المقياس من ١٤ مفردة، وقد اعدت الاستجابة على مفردات المقياس في ضوء مقياس ليكرت

خماسي النقاط يتراوح بين ١= لا أوافق بشدة إلى ٥= أوافق بشدة للمفردات ذات التأثير السلبي، وأعيد تكويد المفردات ذات التأثير الإيجابي بحيث تشير الدرجة العالية إلى القلق الشديد. ويقيس المقياس بعدين في بناء قلق الرياضيات بواسطة MAS-R وهما التأثير الإيجابي (١، ٣، ٥، ١٠، ١٢، ١٣) والتأثير السلبي للقلق (٢، ٤، ٦، ٧، ٨، ٩، ١١، ١٤). وكما تم التعرف على التأثير الإيجابي (قلق الدافع) والبعد الثاني التأثير السلبي للقلق على أنهما بعدين مهيمنين في دراسات الانفعالات البشرية، وتساعد هذه الابعاد على التمييز بين القلق والاكتئاب. وظهر اسهامه في قياس القلق من الرياضيات من خلال تضمين مفردات ذات القيمة الإيجابية في قياس القلق من الرياضيات. وقد تحرر من الابعاد التي تتعلق بمحتوى الرياضيات سواء التي تتعلق بالاختبار أو القلق العددي.

صدق وثبات المقياس:

تم حساب الصدق باستخدام التحليل العاملي التوكيدي بطريقة أقصى احتمال، لمفردات مقياس قلق الرياضيات وكانت قيمة مؤشرات حسن المطابقة للنموذج على النحو المبين بالجدول أدناه:

جدول (٣): مؤشرات سن المطابقة للنموذج التوكيدي لقلق الرياضيات لدى عينة من طلاب المرحلة الثانوية العامة

المؤشر	X^2	Df	P	CFI	TLI	SRMR	RMSEA
القيمة	٩٥.٤	٧٤	٠.٠٠١ >	٠.٩٧٣	٠.٩٦٧	٠.٠٤٧٥	٠.٠٤٩

جاءت مؤشرات المطابقة حسنة في ضوء مؤشرات RMSEA والذي وقعت قيمتها في المدى المثالي الذي قل عن ٠.٠٥ في حين جاءت المؤشرات حسنة في ضوء CFI, TLI إذ تخطت قيمتها ٠.٩٥، بينما وقع مؤشر SRMR في المدى المقبول له إذ اقتربت قيمته من للصفر، بينما كانت قيمة مؤشر كاي سيئة المطابقة إذ كانت دالة احصائياً، والجدول () يعرض تشبعات المفردات على النحو المبين بالجدول أدناه:

جدول (٤): تشبعات مفردات قلق الرياضيات لدى عينة من طلاب المرحلة الثانوية العامة

المتغير الكامن	المؤشر	التشبع	الخطأ المعياري	قيمة Z	الدلالة

القلق الدافعى	١	٠.٦٤٣	٠.٠٨٩	٧.٢٧	< ٠.٠٠١
	٣	٠.٥٥٣	٠.١٠٧	٥.١٩	< ٠.٠٠١
	٥	٠.٥١٦	٠.١٢٢	٤.٢٥	< ٠.٠٠١
	١٠	٠.١٩٥	٠.١٥٣	١.٢٨	< ٠.٠٠١
	١٢	١.٢٢٥	٠.١٠٨	١١.٣٢	< ٠.٠٠١
	١٣	٠.٩٢١	٠.١٠٤	٨.٨٨	< ٠.٠٠١
القلق السلبي	٢	٠.٧٩١	٠.٠٩٥	٨.٢٩	< ٠.٠٠١
	٤	٠.٨٧٦	٠.٠٩٦	٩.١٠	< ٠.٠٠١
	٦	٠.٩٠٠	٠.١١٢	٨.٠٤	< ٠.٠٠١
	٧	٠.٨٦٧	٠.١٠٧	٨.١٠	< ٠.٠٠١
	٨	٠.٩٣٦	٠.٠٩١	١٠.٣٠	< ٠.٠٠١
	٩	١.١٣٧	٠.٠٩٤	١٢.٠٨	< ٠.٠٠١
	١١	١.٠٢٨	٠.١٠٠	١٠.٣٣	< ٠.٠٠١
	١٤	١.٠٤٦	٠.١٠٨	٩.٧١	< ٠.٠٠١

تراوحت تشبعات بعد القلق الدافعي أو القلق الإيجابي بين ٠.١٩٥ إلى ١.٢٢٥ وكان تشبع المفردة ١٠ متدنيا، فهي تنص على "أود الالمام بالمزيد من أفكار دروس الرياضيات"، والسبب في تدني تشبع تلك المفردة هو أنه قد يكون العزوف عن الديناميكا بسبب طبيعة الديناميكا، أو بسبب الاكتساب السطحي للمعرفة في الديناميكا بصورة تجعله قابلاً للقياس على قوالب نمطية في أفكار وحلول المسائل في الديناميكا.

كما تراوحت تشبعات المفردات على بعد القلق السلبي بين ٠.٧٩١ إلى ١.١٣٧ وهي قيم مرتفعة، ويلاحظ أن التشبعات التي تفوق الواحد الصحيح وكانت في ثلاث مفردات من إجمالي ست مفردات مما يدل على سيادة القلق السلبي على العينة. ومن المتعارف عليه أن قيم التشبع لا تزيد عملياً على الواحد الصحيح، ولكن المعنى السيكولوجي لها نظرياً أن تفاقم السمة لدى العينة كبيراً، فالمفردة رقم ٩ "الديناميكا تجعلني أشعر بالتوتر"، والمفردة ١١ "مجرد ذكر مصطلح الديناميكا يجعلني أشعر بالانزعاج" والمفردة ١٤ "مجرد قراءتي لمسألة في الديناميكا يولد لدى الشعور بالارتباك".

قام الباحث بحساب الثبات باستخدام معامل ألفا كرونباخ ومعامل ألفا للبيانات الرتبية ومعامل أوميجا لأبعاد مقياس قلق الرياضيات وكانت النتائج على النحو المبين بالجدول:

جدول (٥): معاملات الثبات لأبعاد مقياس قلق الرياضيات لدى عينة طلاب المرحلة الثانوية العامة

البعد	معامل ألفا كرونباخ	ألفا الرتبية	معامل أوميجا
القلق الدافعي (الإيجابي)	٠.٧١٢	٠.٧٧٦	٠.٦٩٤
القلق السلبي	٠.٩١٢	٠.٩٢٨	٠.٩٠٨

تراوح معامل ألفا كرونباخ للأبعاد بين ٠.٧١٢ إلى ٠.٩١٢، في حين بلغ معامل ألفا للبيانات الرتبية ٠.٧٧٦ و٠.٩٢٨ بينما بلغ معامل أوميجا للأبعاد ٠.٦٩٤ و٠.٩٠٨.

٣. **مقياس اكتساب المعرفة الرياضية:** قام الباحث بصياغة مفردات للمقياس اعتماداً على الدراسات السابقة (Anderson, 1983; Kalyuga, 2010; Leung & Lopez-Real, 2002; Wang et al., 2004)، إذ حدد الباحث نوعين من اكتساب مخططات المعرفة ينتهجهم المتعلم أثناء حله لمسائل الديناميكا وهي الاكتساب السطحي للمخططات الرياضية المعرفية، والاكتساب العميق. وقد تم صياغة المقياس في صورة ١٢ مفردة ذات صياغة إيجابية، وتم اختيار تدريج خماسي الاستجابة للمفردات. وتتراوح الدرجة بين ١٢ إلى ٦٠ درجة، ولكن لا تعبر الدرجة المرتفعة أو المنخفضة عن طبيعة اكتساب المعرفة إذ أن كل متعلم يتسم بتناوب للاكتساب السطحي والعميق خصوصاً في بعض الأجزاء التي تتعلق بتشابه البرهان من بعض المسلمات الهندسية.

صدق وثبات المقياس: تم حساب صدق المقياس باستخدام أسلوب التحليل العاملي الاستكشافي بطريقة المحاور الأساسية Principle axis factoring (PAF) واستخدام التدوير المائل بطريقة Oblimin وانتقاء قيمة قطع لقبول التشبع بلغت ٠.٣ وتحديد عدد عوامل استخلاص المفردات على بعدين، وكان معيار كايزر ماير أولكين KMO Measure of Sampling Adequacy (MSA) بلغ ٠.٨٤٣ وهي قيمة مقبولة إذ تخطت ٠.٧. وقد بلغ الجذور الكامنة للعاملين ٢.٤٩ و٢.٣١ على الترتيب، وبلغ التباين المفسر لكلا العاملين ٢٠.٧٪ و١٩.٣٪ بإجمالي تباين مفسر ٤٠٪ وهي قيمة قد تكون ضئيلة نسبياً وتدعو الباحثين

فيما بعد لاستخدام المقياس بحذر عند تفسير بياناته، أو إعادة حساب صدقه على عينات أكبر. وكانت تشبعات المفردات على العاملين على النحو المبين بالجدول:

جدول (٦): تشبعات النموذج الاستكشافي لمقياس اكتساب مخططات المعرفة الرياضية في الديناميكا لطلاب الثانوية العامة

المؤشرات	العوامل		الشيوع
	العامل الأول	العامل الثاني	
١	٠.٣٣٧		٠.٨٦٦
٢	٠.٧٨٦		٠.٤٤٠
٣	٠.٧٦٧		٠.٣٨٦
٤	٠.٤٩٥		٠.٧٥٦
٥		٠.٤٢٣	٠.٨٥٨
٦	٠.٥٠١		٠.٦٦٥
٧	٠.٦٢٧		٠.٥٧٣
٨		٠.٧٣٥	٠.٤٩١
٩		٠.٨٠٩	٠.٣٧٧
١٠	٠.٣٤٧		٠.٧٤٢
١١		٠.٥٧٩	٠.٥٣٦
١٢		٠.٦٤٤	٠.٥١٠

تشبعت المفردات ١ و٢ و٣ و٤ و٦ و٧ و١٠ على العامل الأول وأطلق عليه اسم الاكتساب السطحي بينما تشبعت المفردات ٥ و٨ و٩ و١١ و١٢ على العامل الثاني وأطلق عليه الاكتساب العميق. وحسب ثبات المقياس للبعد الأول باستخدام معامل ألفا كرونباخ والذي بلغت قيمته ٠.٧٥٩ ومعامل أوميجا ٠.٧٨٨ بينما حسب الثبات للبعد الثاني باستخدام معامل ألفا كرونباخ وبلغ ٠.٧٧٨ ومعامل أوميجا ٠.٧٨٧. وبلغ معامل الثبات بمعامل ألفا كرونباخ للمقياس ككل ٠.٨٢٨ بينما بلغ معامل أوميجا ٠.٨٣٥.

٤. **مقياس التفكير الحسابي:** أعد المقياس Tsai et al. (2021) بهدف قياس كفاءة التصرف في التفكير الحسابي بشكل عام في العمليات المبرمجة. وقياس المهارات الفرعية للتفكير الحسابي: التلخيص، والتحليل، والتفكير الرمزي، والتقييم، والتعميم. ويمكن توصيف المهارات الفرعية على النحو الآتي:

أ. التلخيص: ويشير إلى تقييم ميل المرء للتركيز على المعلومات الأساسية لحل مشكلة ما.

ب. التحليل: ويشير إلى فحص ميل الفرد لتقسيم المشكلات إلى أجزاء صغيرة يمكن التحكم فيها لحلها.

ت. التفكير الرمزي: ويشير إلى تقييم الميل إلى التخطيط لحل مشكلة بإجراءات متسلسلة خطوة بخطوة.

ث. التقييم: ويشير إلى تقييم نزعة المرء لإيجاد أفضل حل لمشكلة ما بالنظر إلى الموارد المتاحة.

ج. التعميم: ويشير إلى تقييم ميل الفرد للتعرف على الأنماط في حلول مشكلات محددة وتطبيقها على مشكلات مماثلة.

ولقد تم تصميم المقياس ليكون من نوع التقرير الذاتي، فقد أعدت استجابات المقياس في ضوء مقياس ليكرت الخماسي، الذي يتراوح بين ١= غير موافق على الاطلاق، إلى ٥= موافق تماماً. وتشير الدرجة الأعلى في كل مقياس إلى نزعة الفرد أو ميل أعلى لمعالجة أسلوب بطريقة ذهنية معين. وقد وضع المقياس لقياس التفكير الرياضي في مادة الجبر وتناولت الدراسات نفس المقياس في موضوعات رياضية تتعلق بالتحليل والعمليات على المقادير الجبرية. وبالتالي فالباحث بحاجة إلى إعادة دراسة البنية فيما يتفق مع دراسة مادة الديناميكا في ضوء أراء دراسات (Finesilver, 2022) والتي اعتمدت على الاستراتيجيات التمثيلية كبديهيات مرسومة لانتهاء الحل الرياضي بأشكال ورموز موحدة ومعادلات مدروسة، وأراء .Marghetis et al (2014) التي نادت بتجسيد الادراك البشري في التفكير الرياضي أو الحسابي من خلال التركيز على الموارد العصبية اللازمة لمعالجة الفضاء المجرد في ضوء مجموعة متنوعة من المهام البسيطة، والطول المكاني والتحليل الاتجاهي على الطول الافقي والعمودي.

صدق وثبات المفردات: استخدم الباحث التحليل العاملي الاستكشافي بطريقة تحليل المحاور الأساسية PAF، والتدوير المتعامد بطريقة Varimax إذ أن معد المقياس أشار إلى أن المتعلم قد يستخدم بعض أساليب التفكير المتضمنة بالمقياس دون الأخرى، مما يعني أن العوامل استقلالية نظرياً، إذ أن أنماط التفكير قد تكون فرادى في بناء برهان الحل في الديناميكا ثم تتناوب أكثر من نمط فيما بعد طبقاً لنظرية Overlapping waves theory كما أشار

Siegler & Booth (2005). وأسفرت نتائج التحليل عن محك كايزر وماير أولكين بلغ ٠.٨٦٠ وهي قيمة مقبولة. وبلغت الجذور الكامنة ٣.٤٩ و٢.٨٠ و٢.٦٧ و١.٥٢ على الترتيب كما بلغت نسب التباين المفسر ١٨.٣٨٪ و١٤.٧٤٪ و١٤.٠٧٪ و٨.٠١٪ بإجمالي تباين مفسر كلي ٥٥.٢٪. وكانت تشبعات النموذج الاستكشافي للمقياس على العوامل الأربعة على النحو الآتي:

جدول (٧): تشبعات النموذج الاستكشافي لمقياس التفكير الرياضي في الديناميكا لطلاب الثانوية العامة

المؤشرات	العوامل				الشيوع
	العامل الأول	العامل الثاني	العامل الثالث	العامل الرابع	
١				٠.٥٤٢	٠.٧٠٠
٢				٠.٦٨٢	٠.٤١١
٣			٠.٥٩٨		٠.٣٧٥
٤			٠.٥٣٠		٠.٤١٥
٥	--	--	--	--	٠.٥٠٩
٦	٠.٥٢٩			٠.٥٢٢	٠.٢٩٥
٧	٠.٥٢٢				٠.٤٣٤
٨	٠.٥٤٨				٠.٦٢٨
٩	٠.٥٤٠				٠.٣٦٨
١٠	--	--	--	--	٠.٦٤٥
١١		٠.٦٦٠			٠.٢٩٤
١٢		٠.٧٦٥			٠.٢٣٦
١٣		٠.٧١٥			٠.٢٨٩
١٤	٠.٦٣٢				٠.٣٧٨
١٥	٠.٦٤٣				٠.٣٢٨
١٦	٠.٥٤٨				٠.٥٨٣
١٧			٠.٥٩١		٠.٥٦٠
١٨			٠.٧٢٠		٠.٣٨٤
١٩	٠.٥٥٠				٠.٦٨١

جاء تشبع المفردة ٦ على بعدين الأول والرابع، ولكن الباحث يصنفها على البعد الرابع كما أشار الباحث. وتشبعت على العامل الأول المفردات ٦ و٧ و٨ و٩ و١٤ و١٥ و١٦ و١٩

وأطلق على البعد مسمى التعميم، وتشبعت على العامل الثاني المفردات ١١ و١٢ و١٣ وأطلق عليه مسمى التقييم، بينما تشبعت على العامل الثالث المفردات ٣ و٤ و١٧ و١٨ وأطلق عليه مسمى الاستنتاج الرياضي، بينما تشبعت على العامل الرابع المفردات ١ و٢ و٦ وأطلق عليه مسمى التلخيص الرمزي. واستبعدت المفردات ٥ و١٠ من التحليل.

إجراءات الدراسة: قام الباحث بتعريب أدوات الدراسة إلى اللغة العربية، وإعداد مقياس اكتساب المخططات المعرفية الرياضية في الديناميكا، كما تم تعديل صياغات المقاييس بعد تعريبها كي تتماشى مع مادة الديناميكا، كما تم صياغة الأسئلة أو المفردات بصورة تتماشى مع طبيعة الديناميكا ولا تتطرق إلى الموضوعات الداخلية للمادة كي تراعي النضج والعمر الزمني نتيجة تفاوت الصفوف الدراسية لأفراد العينة.

وتم صياغة مقاييس الدراسة بصورة الكترونية من خلال منصة جوجل فورم، وتم وضع الميثاق الأخلاقي الذي يتضمن حقوق وواجبات عينة الدراسة قبل البدء أو الشروع في الاستجابة على المقاييس. وكان مطلوبا من كل متعلم التأشير على الموافقة المستنيرة الكترونياً بوضع اسمه (اختيارياً)، ووضع علامة صح أمام السؤال الذي يعبر عن موافقته على إجراءات العينة. واستمرت مشاركة عينة الدراسة منذ شهر يوليو ٢٠٢٢ وحتى مايو ٢٠٢٣. فقد كانت استجابة العينة طواعية دون أي إكراه من معلميهم، ولم تتلق العينة أي مكافآت جراء الاستجابة على المقاييس.

التحليل الاحصائي: استخدمت الدراسة برنامج Jamovi 2.3.26 في إجراء التحليلات الإحصائية حيث إن يتضمن التحليل الاستدلالي والتحليل المتدرج (التحليل العاملي الاستكشافي والتوكيدي) للمقاييس النفسية، دون الحاجة إلى تعدد برامج التحليل الشائعة في العلوم النفسية. واستخدمت الدراسة تحليل مصفوفة الارتباط بطريقة بيرسون المشفوعة بالأشكال الانتشارية لمتغيرات الدراسة الداخلة في التحليل؛ بالإضافة إلى استخدام تحليل الانحدار المتعدد.

نتائج الدراسة ومناقشتها

نتائج الفرض الأول ومناقشتها: ينص على: "توجد فروق دالة احصائياً في درجات الطلاب على مقياس الإحجام عن حل المشكلات في مادة الديناميكا لطلاب المرحلة الثانوية العامة راجعة إلى تأثير الجنس والعمر المستوى الدراسي". ولاختبار صحة الفرض تم استخدام اختبار

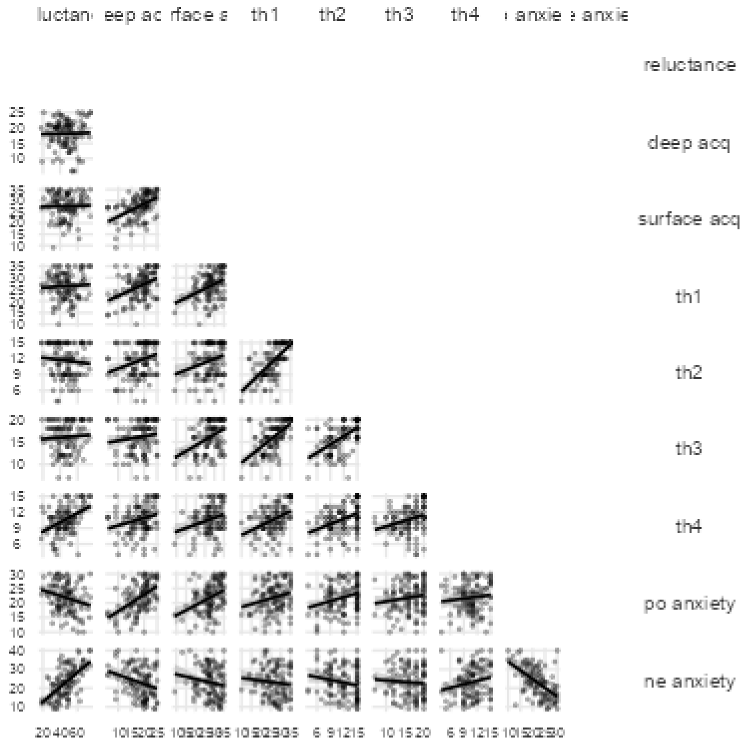
تحليل التغاير البسيط وذلك باعتبار متغير العمر متغيراً مصاحباً متصل. وكانت النتائج على النحو المبين:

جدول (٨): الفروق في الاحجام عن حل المشكلات في الديناميكا نتيجة لتأثير العمر والجنس والمستوى الدراسي.

المتغير	مجموع المربعات	درجة الحرية	متوسط المربعات	قيمة ف	الدلالة
الجنس	٤٧.٧٤	١	٤٧.٧٤	٠.٣٠٨	٠.٥٨٠
العمر	٠.٥٦٤	١	٠.٥٦٤	٠.٠٠٤	٠.٩٥٢
المستوى الدراسي	٦٩٧.٥٨٢	٢	٣٤٨.٧٩١	٢.٢٥٠	٠.١١٠
	١٧٨٢٤.٤٠٨	١١٥	١٥٤.٩٩٥		

توصلت النتائج إلى عدم وجود فروق دالة احصائياً في الاحجام عن حل المشكلات الرياضية في فرع الديناميكا، وهذا يعني أن الاحجام عن حل المشكلات هي مشكلة مترسخة ترجع إلى مراحل دراسية سابقة بغض النظر عن جنس الطالب، وهي قد تحتاج إلى مهارات عقلية عليا تصل إلى مستوى التركيب في بنية تصنيف بلوم المعرفية. وقد تكون المشكلة مترسخة بسبب الصور النمطية وبالتالي فهي تنتقل مع المتعلم حتى بكبر السن فلا يتغلب عليها، ولكن تلك النتيجة تختلف مع دراسة Kapitanoff & Pandey (2017) التي ترى أن مشكلة الاحجام عن حل المشكلات تزيد لدى الاناث أكثر منه في الذكور.

نتائج الفرض الثاني ومناقشتها: ينص على: "توجد علاقة ارتباطية بين اكتساب المعرفة والتفكير الرياضي وقلق الرياضيات وبين الإحجام عن حل المشكلات في مادة الديناميكا لطلاب المرحلة الثانوية العامة". ولاختبار صحة الفرض تم استخدام مصفوفة ارتباط بيرسون. وقد جاءت كأحد الرسوم التابعة لمصفوفة الارتباط وهو شرط الخطية على النحو المبين:



شكل (١): الاشكال الانتشارية للعلاقات بين متغيرات الدراسة.

يتضح من الرسوم الانتشارية الواردة أن العلاقة بين المتغير التابع والمتغيرات الأخرى للدراسة هي علاقة خطية تمثل بخط مستقيم يمر بمعظم النقاط على كل شكل انتشاري مما يبرر الخطية. وفيما يلي مصفوفة الارتباط بطريقة بيرسون للعلاقات بين متغيرات الدراسة.

جدول (٩): مصفوفة ارتباط بيرسون للعلاقات بين متغيرات الدراسة.

	الاحجام	الاكتساب العميق	الاكتساب السطحي	التعميم	التقييم	الاستنتاج الرياضي	التلخيص الرمزي	القلق الدافعي	القلق السلبي
الاحجام	—								
الاكتساب العميق	0.021	—							
الاكتساب السطحي	0.025	0.484***	—						
التعميم	0.052	0.407***	0.375***	—					
التقييم	-0.087	0.277**	0.25**	0.675***	—				
الاستنتاج الرياضي	0.066	0.138	0.404***	0.6***	0.561***	—			
التلخيص الرمزي	0.428***	0.247**	0.27**	0.4***	0.388***	0.278**	—		
القلق الدافعي	-0.241**	0.515***	0.366***	0.223*	0.27**	0.145	0.105	—	
القلق السلبي	0.615***	-0.275**	-0.159	-0.101	-0.183*	-0.071	0.202*	-0.576***	—

Note. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

واتضح وجود علاقة طردية موجبة متوسطة بين الاحجام عن حل المشكلات في الديناميكا والتلخيص الرمزي، وهذا يعني أن خلل الطالب في تخيل القوى والحركة وتحليل القوى للأجسام المتحركة على مستوى مائل، تمثل إعاقة للمتعلم أمام حل المشكلات الرياضية في الديناميكا، وقد تكون قوة العلاقة بالقدر المتوسط، إذ إن دراسة الحركة في خط مستقيم أو تحليل القوى للسقوط الحر، أو حساب المساحة المحصورة بين المنحنى ومحور السينات في التكاملات المحددة لدوال المتجهة لها معادلات محددة يتم التطبيق عليها في إطار محدد الأفكار، وإن المخطط المعرفي مرن بدرجة طفيفة.

وفي حالة زيادة القلق الدافعي يقل الاحجام عن حل المشكلات في الديناميكا، وهذا يبرر العلاقة الضعيفة بينهما –٠.٢٤١ إذ أن المخطط المعرفي يختل في حالات عدم قدرة المتعلم على التمييز بين الحركة المنتظمة والتقصيرية، أو الحركات للأعلى والأسفل، أو المشكلات الرياضية متعددة المراحل التي تتطلب تخيل لكل مرحلة من أجزائها وترجمتها إلى معادلات مكتوبة.

ونظراً لتبني المتعلم القوالب النمطية التي يقيس عليها في فرع الاستاتيكا أثناء حل المشكلات فإنه يمكن أن يكون السبب هو خلل إدراك الاتجاهات وطبيعة القوى، وصعوبة التفريق بين العجلة والسرعة في بعض أنواع الحركة أثناء التحليل الاتجاهي للقوى والعزوم، وبالتالي وفي ضوء أراء (Albelbisi et al., 2022; Jiang et al., 2021; Sorvo et al., 2017) فإن المتعلم يكون مستغرقا ومندمجا في تحديد المعادلة الأنسب مع نسيانه اتجاه القوى والحركة، وعليه فإنه يقع في الأخطاء. ونظراً لخوفه فإنه يحدث عبء على الذاكرة العاملة وتنمو محفزات القلق والاستثارة الانفعالية بدرجة تضعف المعالجة المعرفية والاستنتاج الرياضي.

وبالتأمل في قيم الاكتساب السطحي للمخططات المعرفية باعتبارها مؤشراً للتفكير النمطي فإن قيمة الارتباط بالقلق الدافعي أعلى منه في القلق السلبي وهذا يؤكد نتائج (Albelbisi et al., 2022; Kapitanoff & Pandey, 2017) التي أكدت قصور حل المشكلات والمعالجة المعرفية، وهذا قد يكون له مبررات سابقة على خبرة المتعلم كوقوعه في خبرة سلبية سابقاً. والسبب في أن الاكتساب السطحي يتناسب طردياً مع القلق الدافعي، هو أن المتعلم طبقا لنظرية Overlapping waves theory يكون لديه مسارات التفكير الرياضي غير قابلة للتدرج بين مستويات التفكير المتعددة، وإنما يكون التحول آليا، فإذا تعارضت المعرفة الإجرائية

مع طبيعة مسار التفكير النمطي الذي يسلكه المتعلم أدى إلى قصور المعالجة المعرفية، ويكون الاحتفاظ بالتمثيلات المعرفية أكثر عمقاً نتيجة وعيه بنوعية الخطأ الذي تغافل عنه، وبالتالي فإن حاجة المتعلم لتحسين مسار التفكير يكون أكثر رسوخاً كما أكدت دراسات (Mdaka et al., 2023; Richland & Begolli, 2016).

ولكن في حالة القلق السلبي قد توجد هناك علاقة ارتباطية سالبة ضعيفة مع الاكتساب السطحي، ذلك إن المتعلم يعد أكثر وعياً في تصنيف النظرية الرياضية القابلة للاختبار والحل، وبالتالي يكون القلق السلبي هنا هو نتيجة التصور الدلالي لتحليل القوى والعزوم في اتجاهات رأسية وأفقية، أو نتيجة عدم قدرة المنفذ البصري المكاني على تحليل الصيغ الكلامية لصيغ رمزية افتراضية وتجسيد الحركة عن طريق التخيل وهذا ما برهنة دراسات (Mdaka et al., 2023; Moreno-Armella et al., 2008; Živković et al., 2022).

ويبرر الارتباط المتوسط بين القلق الدافعي والاكتساب العميق للمخططات المعرفية في الديناميكا أن المتعلم يكون أكثر وعيا بالمخططات المكتسبة وتكون تلك المخططات أكثر مرونة قابلة للتعديل الآني بمقتضى التحدي العقلي، ومرونة المتعلم في استخدام مسارات متدرجة من التفكير، أي تصبح هناك تمثيلات عقلية بديلة قابلة للتخطيط والتنفيذ في حالة التغيير في منطوق المشكلة الديناميكية المطروحة (Richland & Begolli, 2016; Shield & Dole, 2013; Thomsen & Jankvist, 2022; Živković et al., 2022).

والرياضيات بطبيعتها تحتاج إلى بعض العمليات العقلية الذهنية كالاستدلال والتبرير والتفكير وغيرها، وتزيد عليها الديناميكا بطبيعتها إذ تفترض تخيل الحركة وميل المستوى المتحرك عليه، أو تفترض تعليق لجسم معلق به أثقال ويتحرك بطريقة معينة، وبالتالي يزيد العمليات العقلية في الديناميكا عن تلك المتطلبة في الهندسة الفراغية لبعض العمليات الذهنية مثل التخمين، والتقييم والتعميم، والتماسك الشكلي والترابط الدلالي للرموز والأشكال مع طبيعة المعادلات الرياضية المطلوبة للحل، ونظراً لغياب متغيرات التقييم والتعميم فهذا يشير إلى اعتماد طالب المرحلة الثانوية على مجموعة من المسائل والمشكلات الرياضية التي لا يخرج منها الامتحان، وبالتالي يصبح التفكير لدى المتعلم تلقائياً، مع وجود القلق السلبي بصورة ملحوظة خوفا من خروج نموذج الأسئلة عن المألوف أو عما تعود عليه، سواء في البرهان الرياضي أو خلل التحويل

البصري للقوي والحركة وميول المستوى المتحرك عليه وتحليل القوى وهذا ما يسبب الاحجام عن حل مشكلات الديناميكا.

وغالبا ما يميل طالب المرحلة الثانوية إلى فرع الاستاتيكا عن نظيرته الديناميكا، حيث إنها تتشابه في عملياتها العقلية مع الهندسة فتدرس المستوى الثابت الساكن، وبالتالي تكون التمثيلات العقلية المعرفية في الاستاتيكا أكثر مرونة نتيجة تكرار الخطوات وتمكن العقل من المعالجة وانتقاء القواعد الرياضية الأنسب، بينما الديناميكا فتعتمد على أكثر من قاعدة رياضية معاً، ويتكون منطوق الحل من خطوات تدريجية كل منها تسلم الأخرى في نسيج أشبه بالتعقيد في تشفيره البصري والدلالي والرياضي لتكوين البرهان المطلوب للحل. وعليه تكون المعرفة الرياضية المتكونة نتيجة حل مشكلات الديناميكا أكثر مرونة وقابلية للتعديل والتغيير في المحتوى، وتكون المعلومات متسمة بالاستقرار النسبي نتيجة عمق الفهم وتشبع المتعلم بالكفايات الرياضية وهذا ما أيدته دراسات (Pelczer et al., 2014; Redish & Kuo, 2015).

نتائج الفرض الثالث ومناقشتها: وينص على: "يسهم اكتساب المعرفة والتفكير الرياضي وقلق الرياضيات في التنبؤ بالإحجام عن حل المشكلات في مادة الديناميكا لطلاب المرحلة الثانوية العامة". تم استخدام تحليل الانحدار المتعدد بطريقة Enter. وحسب البرنامج كإعداد افتراضي الاعتدالية الخطية للمتغير التابع (الاحجام عن حل المشكلات) وقد بلغت قيمة كولمجروف سميرنوف (Statistic= .079, P= .440) مما يعني اعتدالية المتغير التابع، بالإضافة إلى أنه حسب اختبار Cook's Distance وهو اختبار المسافات التي تدل على وجود حالات متطرفة، ويستبعد الحالات التي تصل إلى ٠.٠١ وقد أشارت النتائج إلى أن القيم الدنيا لمسافات Cook's كانت ٠.٠٠٤٥ والقيمة العظمى بلغت ٠.٠١٤٠ بمتوسط حسابي ٠.٠٠٨٩. وهذا يعني عدم وجود أي قيم متطرفة في البيانات للمتغير التابع. وكانت النتائج لمعاملات التنبؤ المعيارية وغير المعيارية على النحو المبين بالجدول:

جدول (١٠): معاملات التنبؤ المعيارية وغير المعيارية

المتغير	الثابت اللامعياري	الخطأ المعياري	بيتا	قيمة ت	الدلالة	مؤشر VIF
الثابت	٥.٢٢	٧.٧٨	–	٠.٦٧	٠.٥٠٤	--
الاكتساب العميق	٠.٤١	٠.٢٥	٠.١٥	١.٦٥	٠.١٠٢	١.٨٣
الاكتساب	٠.١٤-	٠.٢٠	٠.٠٦-	٠.٧٢-	٠.٤٧٥	١.٦٢

السطحي						
التعميم	-٠.١٠	٠.٢٣	-٠.٠٠٣	-٠.٠٣	٠.٩٨٠	٢.٤٧
التقييم	-٠.٩٦	٠.٤١	-٠.٢٣	-٢.٣٢	٠.٠٢٢	٢.١٩
الاستنتاج الرياضي	٠.٥٣	٠.٣٥	٠.١٤	١.٥١	٠.١٣٤	١.٩٥
التلخيص الرمزي	١.٦٦	٠.٣٩	٠.٣٤	٤.٢٨	٠.٠٠٠	١.٤٥
القلق الدافعي	٠.١٠	٠.٢٤	٠.٠٤	٠.٤١	٠.٦٨٥	١.٩٩
القلق السلبي	٠.٨٩	٠.١٤	٠.٥٧	٦.٥٤	٠.٠٠٠	١.٧٣

توصلت الدراسة إلى إمكانية نموذج التنبؤ حيث كانت قيمة مصداقية النموذج (F= 14.77, P= .000)، وكانت قيمة معامل الارتباط المتعدد ٠.٧١٨ وهي قيمة مرتفعة، وكانت قيمة مربع معامل الارتباط المتعدد ٠.٥١٦ أي أن المتغيرات المنبئة المستخدمة في التنبؤ تنبئ بحوالي ٥١.٦٪ من التباين المفسر في المتغير التابع وهو الاحجام عن حل مشكلات الديناميكا. وكانت قيمة معادلة الانحدار المعيارية على النحو المبين:

الاحجام عن حل المشكلات = ١.٦٦ × التلخيص الرمزي + ٠.٨٩ × القلق السلبي.

ويبرر أن الاحجام عن حل المشكلات في الديناميكا دالة خطية كتركيبة من التلخيص الرمزي والقلق السلبي وهذا سببه هو اعتماد الديناميكا كفرع من فروع الرياضيات التطبيقية على العديد من الفروع المختلفة كما أكد (Dray et al., 2023)، أو نتيجة الخلل فيتم فهم العلاقة بين المخططات المعرفية والعمليات الدلالية التي أشار إليها (Rockwell et al., 2011). ومن ثم يحدث صعوبة في توسيع المخطط المعرفي الرياضي نتيجة خلل التخيل وصعوبة تحليل القوى وقصور تحديد ووصف الحركة بالمعادلات ومن ثم يكون هناك حل جزئي للمشكلة الديناميكية أو حل غير متماسك رياضياً يتسم بالهشاشة والتشتت وهذا يتفق مع (Dewck, 1996; Godino et al., 2021; Peltier & Vannest, 2017). فالاستدلال في الديناميكا يعتمد على الادراك البصري الذي يعد نواة الحل الصحيح كما أكد (Redish & Kuo, 2015). وبالتالي فإن رغبة المتعلم في انهاء الحل تعتمد على الاكتساب السطحي وقياس الحل على قوالب نمطية خالية من التكامل بين القواعد والدلالات البصرية الرمزية ومن ثم يتولد القلق ثم الاحجام عن حل المشكلات وهذا يتفق مع (Beltrán-Pellicer & Godino, 2020; Godino et al., 2021; Mariotti, 2000; Richland & Begolli, 2016).

ونظرا لأن المعرفة المكتسبة من مادة الديناميكا هي معرفة فريدة نسبياً لم تتشابه مطلقا مع بقية فروع الرياضيات بالمرحلة الثانوية، فإنها تعزز التجنب السلوكي لحل المشكلات نتيجة سطحية المخططات المعرفية وضعف مهارات الممارسة الرياضية والمماطلة في حل التمارين والواجبات فتتولد وتترسخ بعض المشاعر السلبية انفعاليا ويؤدي إلى انخفاض الدافع وينتهج المتعلم ميولا انسحابية وهذا يتفق مع دراسات (Hasty et al., 2021; Daker et al., 2021; Kargar et al., 2010).

وغالبا ما يكون القلق السلبي راجعاً إلى الاستغراق المعرفي الذي يستحوذ على فكر المتعلم أثناء حل المشكلات، ونتيجة خبرات الإخفاق السابقة، تتوزع الذاكرة العاملة للمتعلم بين القانون والقاعدة الواجب استخدامها والانفعال المسيطر على المتعلم خوفا من الإخفاق أو الفشل أو انتهاء الوقت المخصص للحل، بينما في حالة لتلخيص الرمزي فقد يكون المتعلم إما متمكنا من المعرفة والقواعد الديناميكية وعليه يكون الخلل المسبب للإحجام سببه هو عجز المتعلم عن الربط العميق بين المعلومات الإجرائية المستخدمة في الحل، أو يكون سببه هو زيادة التعقيد في تحويل اللغة المعقدة رياضيا إلى رسم تحليلي للقوى والعزوم كما أكد (Karadag, 2009)، أو صعوبة التبديل بين القواعد الرياضية نتيجة الخلل في تحليل القوى بالرسم المترجم للغة الرياضية المطروح بها مشكلات الديناميكا كما أكد (Dray et al., 2023; Godino et al., 2021)، وبالتالي يكون صناعة المعنى مستحيلاً ويتوقف المتعلم عند خطوة معينة من الحل وهذا يتفق مع (Gupta & Elby, 2011).

التفسير والاستنتاج

وتفترض نظرية المعنى أن خلل التأرجح بين التمثيلات المتشابهة لتكوين الحل في غياب مرحلة التشفير لمثيرات الحل لمشكلات الديناميكا والتشفير يتضمن مرحلتين إما شفري بصري بتحويل المشكلة إلى رسم، أو تحويل الرسوم الذي تحتوي على تحليل اتجاهي للقوى إلى برهان مكتوب، وقصور التحويل في واحدة منهما يؤدي إلى خلل التوافق بين المعرفة الإجرائية والقواعد الرياضية ومن ثم يستغرق المتعلم وقتا أطول لتحليل طبيعة الحل بما يؤدي إلى القلق السلبي من تكرار تجارب الإخفاق.

بالإضافة إلى أنه قد يؤدي الخلل في اكتساب المخططات المعرفية بغض النظر على طبيعة الاكتساب (سطحي، عميق) إلى إحجام عن حل المشكلات، ولكن في إطار الدراسة لم يكن كلا

البعدين دالاً أو منبئاً وهذا يشير إلى اعتماد المتعلم على قوالب معرفية محفوظة لتنظيم إطار الحل، وبالتالي يكون حل المشكلات يعتمد على مخططات معرفية سابقة غير قابلة للتوسع والتعديل، وبالتالي تكون قوالب جامدة وبسببها ينشط القلق السلبي على حساب اكتساب المخططات المعرفية بنوعيه، ويكون القلق السلبي شائعاً بالأخص في فرع الديناميكا خوفا من تجديد أفكار الامتحان بما هو ليس مألوفا لدى المتعلم وعليه يتملك المتعلم انفعالاً سلبياً يحول دون عمل الذاكرة العاملة بطريقة صحيحة، خصوصاً وأن الحل يتطلب تمثيلا بصريا للقوى مرسوما مع تحليل اتجاهي لجيوب الزوايا وجيوب تمام الزوايا على الرسم، ثم الخطوة الأخرى وهي تحديد إشارات المجاهيل دلالة على اتجاه الحركة وطبيعة الحركة (متزايدة، منتظمة، ...)، وبالتالي تكون الموارد المعرفية غير كافية لتحقيق عمق الترابط لتحقيق الفهم كما أشار إلى هذا (Fuchs et al., 2004).

وهذا يؤكد أن تكوين البراهين الرياضية يعتمد بالأخص في فرع الديناميكا على المرونة المعرفية التي تتطلب إطارا مرناً من عمليات الربط والتمثيل والتشفير، والتخليص الدلالي الرمزي للمعلومات في صورة مرسومة عقب تحليل القوى ورسمها وتحليل متجهاتها تمهيداً لإنتاج الحل الرياضي. وقد تؤدي الكفايات الرياضية المرتفعة لدى المتعلم إلى وجود قدر من الطلاقة الرياضية في إنتاج الحل، وبالتالي يحدث قدر من التنشيط المعرفي للمخططات المعرفية لتكوين كل تفصيلي، أو قد يحدث العزوف والاحجام عن حل المشكلات نتيجة مسارين أحدهما خلل التخيل ومن ثم صعوبة التحليل الاتجاهي للقوى والحركة على الرسم (Daker et al., 2021; Gupta & Elby, 2011)، والأخرى هو ارتكاب الأخطاء نتيجة فشل القدرة على التعبير وتكوين البرهان نتيجة قلق التقييم الرياضي الناتج عن قصور المعرفة المتفاعلة معرفيا ووجدانيا وهذا ما أيدته دراسات (Daker et al., 2021; Moreno-Armella et al., 2008; O'Hara et al., 2022; Onivehu & Ziggah, 2004). أو قد يكون نابعا عن بعض العوامل الشخصية كضعف الثقة بالنفس والخوف من الفشل أو الخوف من الضياع نتيجة خوف المتعلم من انخفاض تقديراته بالمرحلة الثانوية وتصبح أحلامه أكثر سراباً وهذا ما بررته دراسة (Buckley & Sullivan, 2021; Daker et al., 2021; Kargar et al., 2010).

ولكن قد يبرر العلاقة المتوسطة بين القلق الدافعي والاكتساب العميق هو أن المتعلم يستخدم التخمين في إجراء العمليات الرياضية مستخدما التفكير المعكوس، وهو أن يعتمد المتعلم على

مهارات ما وراء المعرفة ليتعرف كيف ينتج المعادلة المطلوب اثباتها رياضياً، ويتحرك في إطار عكسي يستنتج به طبيعة الحل وهذا يستغرق عبء أكثر في التفكير ويتطلب قدرا هائلا من الربط والاثبات والاستنتاج والاستدلال والتخمين إذا ما اعتمد عليها المتعلم كليا في إنتاج الحل وهذا يرتبط جزئياً مع (Karadag, 2009; Mdaka et al., 2023).

ويمكن الوصول إلى استنتاج عام وهي أن التحصيل في فرع الديناميكيا بصفة عامة يعتمد على مجموعة من المشكلات المتوقع أن يتضمنها الاختبار النهائي، وهذا يبرر أن الاحجام عن حل المشكلات في الديناميكا يعتمد بشكل رئيسي على القلق السلبي، والتلخيص الرمزي، ولا يعتمد على نوعية الاكتساب للمخطط المعرفي وسطحيته، كما أنه يتجرد من قصور التعميم والتقييم وغيرها من عمليات التفكير. وتوصي الدراسة بضرورة إرجاع نماذج الوزارة المتغيرة التي تتضمن مجموعة كبيرة التمارين الرياضية متعددة مستويات التفكير العليا التي تتحدى تفكير المتعلم.

المراجع

Ahmad, C. V. (2021). Causes of students' reluctance to participate in classroom discussions. *ASEAN Journal of Science and Engineering Education*, *1*(1), 47-62.

Albelbisi, N. A., Al-Adwan, A. S., Habibi, A., & Rasool, S. (2022). The relationship between students' attitudes toward online homework and mathematics anxiety. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 1-19. https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.2023769

Anderson, J. R. (1983). Acquisition of proof skills in geometry. In *Machine learning* (pp. 191-219). Morgan Kaufmann.

Bai, H. (2011). Cross-validating a bidimensional mathematics anxiety cale. *Assessment*, *18*(1), 115-122.

Beltrán-Pellicer, P., & Godino, J. D. (2020). An onto-semiotic approach to the analysis of the affective domain in mathematics education. *Cambridge Journal of Education*, *50*(1), 1-20.

Buckley, S., & Sullivan, P. (2021). Reframing anxiety and uncertainty in the mathematics classroom. *Mathematics Education Research Journal*, **35** (Suppl 1), 157–170. https://doi.org/10.1007/s13394-021-00393-8

Daker, R. J., Gattas, S. U., Sokolowski, H. M., Green, A. E., & Lyons, I. M. (2021). First-year students' math anxiety predicts STEM avoidance and underperformance throughout university, independently of math ability. *npj Science of Learning*, *6*(1), 1-13.

Davies, B., Miller, D., & Infante, N. (2023). The role of authorial context in mathematicians' evaluations of proof. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *54*(5), 725-739. https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1966531

Delage, V., Trudel, G., Retanal, F., & Maloney, E. A. (2022). Spatial anxiety and spatial ability: Mediators of gender differences in math anxiety. *Journal of Experimental Psychology: General*, *151*(4), 921–933.

Dray, T., & Manogue, C. A. (2023). Vector line integrals in mathematics and physics. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, *9*(1), 92-117. https://doi.org/10.1007/s40753-022-00206-8

Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational studies in mathematics*, *61*(1), 103-131.

Dweck, C. S. (1996). Capturing the dynamic nature of personality. *Journal of research in Personality*, *30*(3), 348-362. https://doi.org/10.1006/jrpe.1996.0024

Finesilver, C. (2022). Beyond categories: dynamic qualitative analysis of visuospatial representation in arithmetic. *Educational Studies in Mathematics*, *110*(2), 271-290.

Fuchs, L. S., Fuchs, D., Finelli, R., Courey, S. J., & Hamlett, C. L. (2004). Expanding schema-based transfer instruction to help third graders solve real-life mathematical problems. *American Educational Research Journal*, *41*(2), 419-445.

Godino, J. D., Burgos, M., & Gea, M. M. (2021). Analysing theories of meaning in mathematics education from the onto-semiotic approach. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *53*(10), 2609-2636.

Gupta, A., & Elby, A. (2011). *Beyond Epistemological Deficits: Dynamic explanations of engineering students' difficulties with mathematical sense-making. International Journal of Science Education, 33(18), 2463–2488.*

Hasty, L. M., Malanchini, M., Shakeshaft, N., Schofield, K., Malanchini, M., & Wang, Z. (2021). When anxiety becomes my propeller: Mental toughness moderates the relation between academic anxiety and academic avoidance. *British Journal of Educational Psychology*, *91*(1), 368-390.

Jiang, R., Liu, R. D., Star, J., Zhen, R., Wang, J., Hong, W., & Fu, X. (2021). How mathematics anxiety affects students' inflexible perseverance in mathematics problem-solving: Examining the mediating role of cognitive reflection. *British Journal of Educational Psychology*, *91*(1), 237-260.

Kalyuga, S. (2010). Schema acquisition and sources of cognitive load. In J. L. Plass, R. Moreno, & R. Brünken (Eds.), *Cognitive load theory* (pp. 48–64). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511844744.005

Kapitanoff, S., & Pandey, C. (2017). Stereotype threat, anxiety, instructor gender, and underperformance in women. *Active Learning in Higher Education*, *18*(3), 213-229.

Karadag, Z. (2009). *Analyzing students' mathematical thinking in technology-supported environments* (Doctoral dissertation, University of Toronto).

Kargar, M., Tarmizi, R. A., & Bayat, S. (2010). Relationship between mathematical thinking, mathematics anxiety and mathematics attitudes among university students. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *8*, 537-542.

Lahdenperä, J., Rämö, J., & Postareff, L. (2023). Contrasting undergraduate mathematics students’ approaches to learning and their interactions within two student-centred learning environments. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *54*(5), 687-705. https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1962998

Lee, Y., Dattilo, J., & Howard, D. (1994). The complex and dynamic nature of leisure experience. *Journal of Leisure research*, *26*(3), 195-211. https://doi.org/10.1080/00222216.1994.11969956

Leung, A., & Lopez-Real, F. (2002). Theorem justification and acquisition in dynamic geometry: A case of proof by contradiction. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, *7*, 145-165.

Mariotti, M. A. (2000). Introduction to proof: The mediation of a dynamic software environment. *Educational studies in mathematics*, *44*(1), 25-53.

Marghetis, T., Núñez, R., & Bergen, B. K. (2014). Doing arithmetic by hand: Hand movements during exact arithmetic reveal systematic, dynamic spatial processing. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *67*(8), 1579-1596.

Mdaka, M. J., Modiba, M., & Ndlovu, M. (2023). Social Time as a Pedagogical Toll for Meaningful Mathematics Teaching and Deeper Learning.*Mathematics Teaching Research Journal*, *15*(2), 166- 181.

Moreno-Armella, L., Hegedus, S. J., & Kaput, J. J. (2008). From static to dynamic mathematics: Historical and representational perspectives. *Educational Studies in Mathematics*, *68*(2), 99-111.

Nwoke, B. I., & Ugwuegbulam, C. N. (2016). Causes and solutions of mathematics phobia among secondary school students. *Research on Humanities and Social Sciences*, *6*(20), 105-109.

O'Hara, G., Kennedy, H., Naoufal, M., & Montreuil, T. (2022). The role of the classroom learning environment in students' mathematics anxiety: A scoping review. *British Journal of Educational Psychology*, *92*(4), 1458-1486.

Onivehu, A. O., & Ziggah, S. R. (2004). Breaking the mathematics phobia of secondary school students using behaviour modification techniques. *African Journal of Educational Studies in Mathematics and Sciences*, *2*(1), 39-47.

Pelczer, I., Singer, F. M., & Voica, C. (2014). Dynamic thinking and static thinking in problem solving: do they explain different patterns of students' answers? *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *128*, 217-222.

Peltier, C., & Vannest, K. J. (2017). A meta-analysis of schema instruction on the problem-solving performance of elementary school students. *Review of Educational Research*, *87*(5), 899-920.

Redish, E. F., & Kuo, E. (2015). Language of physics, language of math: Disciplinary culture and dynamic epistemology. *Science & Education*, *24*, 561-590. https://doi.org/10.1007/s11191-015-9749-7

Richland, L. E., & Begolli, K. N. (2016). Analogy and higher order thinking: Learning mathematics as an example. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, *3*(2), 160-168.

Rockwell, S. B., Griffin, C. C., & Jones, H. A. (2011). Schema-based strategy instruction in mathematics and the word problem-solving performance of a student with autism. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, *26*(2), 87-95.

Shield, M., & Dole, S. (2013). Assessing the potential of mathematics textbooks to promote deep learning. *Educational studies in mathematics*, *82*(2), 183-199.

Singer, H., & Donlan, D. (1982). Active comprehension: Problem-solving schema with question generation for comprehension of complex short stories. *Reading Research Quarterly*, 166-186.

Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2005). Development of numerical estimation. *Handbook of mathematical cognition*, 197-212.

Sorvo, R., Koponen, T., Viholainen, H., Aro, T., Räikkönen, E., Peura, P., & Aro, M. (2017). Math anxiety and its relationship with basic arithmetic skills among primary school children. *British Journal of Educational Psychology*, *87*(3), 309-327.

Stoehr, K. J. (2017). Mathematics anxiety: One size does not fit all. *Journal of Teacher Education*, *68*(1), 69-84.

Thomsen, M., & Jankvist, U. T. (2022). Mathematical thinking in the interplay between historical original sources and GeoGebra. In *Proceedings of the 15th international conference on technology in mathematics teaching (ICTMT 15)* (p. 189). Danish School of Education, Aarhus University.

Tsai, M. J., Liang, J. C., & Hsu, C. Y. (2021). The computational thinking scale for computer literacy education. *Journal of Educational Computing Research*, *59*(4), 579-602.

Wang, C. L., & Ahmed, P. K. (2004, April). Development of a measure for knowledge management: an empirical test and validation of the knowledge management orientation construct. In *Proceedings of the Fifth European Conference on Organizational Knowledge, Learning and Capabilities, Innsbruck (Austria)* (pp. 2-4).

Živković, M., Pellizzoni, S., Mammarella, I. C., & Passolunghi, M. C. (2022). Executive functions, math anxiety and math performance in middle school students. *British Journal of Developmental Psychology*, *40*(3), 438-452.