

إعادة هندسة مناهج علوم الحاسب في المرحلة الثانوية في عصر الذكاء الاصطناعي التوليدي

Re-engineering Secondary School Computer Science Curricula in the Age of Generative Artificial Intelligence

إعداد الباحث/ أحمد بن مشوط بن مسعد الشمري

متخصص في تدريس علوم الحاسب، معلم بالمرحلة الثانوية بمنطقة حائل، المملكة العربية السعودية

Email: t456811@hb.moe.gov.sa

المخلص:

شهدت طبيعة العمل البرمجي تحولاً بنوياً عميقاً مع صعود المساعدين البرمجين الأذكاء والوكلاء البرمجين المستقلين؛ فلم يعد إنتاج الكود محور الممارسة المهنية، بل انتقل هذا المحور إلى توجيه إنتاجه والتحقق من مخرجاته ومحاسبتها. وفي مقابل ذلك، ما تزال مناهج البرمجة في المرحلة الثانوية تعمل وفق نموذج تعليمي تشكّل في حقبة كانت فيها كتابة الكود يدوياً واستظهار قواعد اللغة هما الغاية القصوى من التعلم. تتناول هذه الورقة النظرية التحليلية هذه المفارقة تفكيراً وتأصيلاً، وتقتترح إعادة بناء المنهج حول أربع كفايات جوهرية هي: هندسة الأوامر وصياغة النية، والمراجعة النقدية للأكواد، وتشخيص الأخطاء ومعالجتها، والحكم الهندسي الأخلاقي المسؤول. وتقوم الورقة منهجياً على التحليل الفلسفي النقدي مدعوماً بمراجعة نقدية منهجية لأدبيات الفترة (2023-2026)، وتستند نظرياً إلى إطار التفكير الحاسوبي (Brennan & Resnick, 2012) بأبعاده الثلاثة بوصفه الأساس التأصيلي، مع إعادة تصنيف بلوم المعدّل أداة مساندة لتوزيع الأهداف تقويمياً. وتقدم الورقة نموذجاً مفاهيمياً رباعي الأقطاب هو منظومة التعلم البرمجي المنسق (OPLE)، ونموذجاً لتصميم التدريس (وَجْه، راجع، حَسَن، دافع) يتضمن منظومة تقييم أصيلة مقاومة للغش الذكي، فضلاً عن إطار تشخيصي رباعي الفئات لتحليل وثائق المناهج القائمة. وتنتهي الورقة إلى أن بقاء الفجوة بين المنهج والواقع المهني لا يهدد جدوى تعليم البرمجة وحدها، بل يهدد تكوين الحس البرمجي ذاته لدى جيل سيُساءل غداً عن أنظمة لم يكتب بشرٌ معظم أكوادها.

الكلمات المفتاحية: مناهج البرمجة، المرحلة الثانوية، المساعدون البرمجيون الأذكاء، هندسة الأوامر، مراجعة الأكواد، التفكير الحاسوبي، التقييم المقاوم للذكاء الاصطناعي، إعادة هندسة المناهج.

Re-engineering Secondary School Computer Science Curricula in the Age of Generative Artificial Intelligence

Ahmed M. Alshammry

Specialist in teaching Computer Science; secondary school teacher in the Hail region, Kingdom of Saudi Arabia.

Abstract:

The nature of programming work has undergone a deep structural transformation with the rise of intelligent coding assistants and autonomous coding agents; producing code is no longer the center of professional practice, which has shifted toward directing that production, verifying its outputs, and holding them accountable. Secondary-school programming curricula, by contrast, still operate according to an instructional model that took shape in an era when hand-writing code and memorizing language syntax were the ultimate goals of learning. This conceptual-analytical paper deconstructs this paradox and grounds a re-engineering of the curriculum around four core competencies: prompt and intent engineering, critical code review, debugging, and responsible ethical engineering judgment. Methodologically, the paper rests on philosophical-critical analysis supported by a systematic critical review of the 2023-2026 literature, and it draws theoretically on the Computational Thinking framework (Brennan & Resnick, 2012), with its three dimensions, as its foundational basis, while re-deploying the revised Bloom's taxonomy as a supporting instrument for assessment weighting. The paper proposes a four-pole conceptual model, the Orchestrated Programming Learning Ecosystem (OPLE), and an instructional design model (Direct, Review, Refine, Defend - DRRD) that incorporates an authentic, AI-resistant assessment system, in addition to a four-category diagnostic framework for analyzing existing curriculum documents. It concludes that the persistence of the gap between the curriculum and professional reality threatens not only the usefulness of programming education, but the very formation of programming intuition in a generation that will be called upon to hold accountable systems whose code was mostly not written by humans.

Keywords: programming curricula, secondary education, intelligent coding assistants, prompt engineering, code review, computational thinking, AI-resistant assessment, curriculum re-engineering.

1. المقدمة:

منذ أن دخلت البرمجة أبواب المدارس مادةً دراسية في سبعينيات القرن العشرين، لم تمر هذه المادة بلحظة حاسمة في وجودها كتلك التي تعيشها اليوم. فلقد قام تعليمها على مدى خمسة عقود كاملة على افتراض ضمني لم يكن أحد يشعر بالحاجة إلى الدفاع عنه: الكود نادر، وكتابته مهارة إنسانية خالصة، وقيمة المتعلم تُقاس بمقدار ما يملك من قدرة على نقل خوارزمية يتصورها في ذهنه إلى نص برمجي سليم في نحوه ودلالته. غير أن هذا الافتراض لم يتأكل على مهل، بل انهار بايقاع متسارع بين عامي 2022 و2026؛ فقد انتقلت أدوات التوليد البرمجي من مجرد مكمل نصي محدود القدرات إلى وكلاء برمجيين مستقلين يخططون للمهام، ويستكشفون قواعد الأكواد الضخمة، ويكتبون الاختبارات، ويفتحون طلبات الدمج، ويواصلون العمل ساعات طويلة دون تدخل مباشر من الإنسان. وتذهب بيانات الصناعة الحديثة إلى أن نحو نصف ما يُنتج من كود على مستوى العالم أصبح يمر عبر وساطة توليدية، وأن التعويل على المساعدات البرمجية الذكية تحول إلى بنية تحتية معيارية في بيئات التطوير المهنية بعد أن كان خياراً هامشياً (Cui et al., 2025).

وفي صميم هذا التحول تبرز مفارقة تربوية لا يمكن تجاهلها: ففي الوقت الذي أعادت فيه الصناعة تعريف الكفاءة البرمجية على أنها قدرة على صياغة النية الهندسية (Intent)، وتنسيق عمل الوكلاء، والتحقق من مخرجاتهم ومحاسبتهم (Kam et al., 2025)، ما تزال مناهج البرمجة في المرحلة الثانوية في معظم النظم التعليمية، ومنها النظم العربية، تقدم البرمجة للمتعليم على أنها فعل "كتابة" قبل أي شيء آخر: حفظ قواعد اللغة، واستظهار بنى التحكم، وإنتاج برامج قصيرة معزولة يُحكّم عليها بمعيار واحد هو: هل يعمل الكود؟ وبعبارة أدق، فإن هذه المناهج تُعدّ الطالب لمهنة كانت قائمة عام 2015، لا لمهنة ستكون قائمة عام 2030.

ولا تتوقف الإشكالية عند حدود الملاءمة لسوق العمل، بل تمتد إلى صميم العملية المعرفية نفسها. فالأدلة التجريبية المتراكمة في أدبيات تعليم الحوسبة تكشف عن ظاهرة تبعث على القلق يمكن وصفها بـ "وهم الكفاءة" (Illusion of Competence)؛ إذ بات في وسع المبتدئ أن ينتج برامج تفوق مستوى فهمه الفعلي، فيتحسن أدائه الظاهري بينما يتآكل بناؤه المفاهيمي من الداخل. وقد وثقت دراسات ميدانية محكّمة أن الاستخدام غير الموجّه للمولدات البرمجية يرتبط بانخفاض الأداء في مهام الانتقال المعرفي (Kazemitabaar et al., 2023)، وأن الاعتماد المبكر عليها قد يضر بالتعلم أكثر مما ينفعه متى غابت السقالات التربوية المناسبة (Bastani et al., 2024). وعلى الضفة المقابلة، تكشف الأدبيات ذاتها أن التوظيف المصمّم تربوياً لهذه الأدوات، من خلال مهام هندسة الأوامر ومقابلات مراجعة الكود والتقييم الشفهي، قادر على رفع جودة التعلم والحفاظ على نزاهته في آن واحد (Denny et al., 2024a; Kannam et al., 2025).

إن السؤال الذي تبني عليه هذه الورقة انطلاقتها ليس: هل نسمح للطلبة باستخدام المساعدين الأذكياء؟ فهذا سؤال تجاوزه الواقع؛ إذ تشير المسوح الحديثة إلى أن الغالبية الساحقة من الطلبة يستخدمون هذه الأدوات بالفعل في أعمالهم المقيّمة، مهما كانت السياسات المعلنة. (Higher Education Policy Institute, 2026; Rahe & Maalej, 2025). أما السؤال الحقيقي، وهو الأعمق من الناحية الفلسفية والأكثر إلحاحاً من الناحية التربوية، فهو: ما معنى أن يتعلم الإنسان البرمجة أصلاً حين لا تعود كتابة الكود هي جوهر هذه الممارسة؟ وما البنية المنهجية والتقويمية القادرة على تكوين متعلم يمتلك سلطة معرفية على كود لم يكتبه بيده، فيقرؤه قراءة الناقد، ويحاكمه محاكمة المهندس، ويوجه إنتاجه توجيه القائد؟

وتذهب هذه الورقة إلى أن الإجابة تتطلب ما هو أبعد من تحديث المنهج أو إدماج أدوات الذكاء الاصطناعي فيه؛ فهي تستلزم إعادة هندسة (Re-engineering) كاملة لبنيته وغايته: قلب هرم الأولويات المعرفية، وإعادة توزيع الأدوار بين المعلم والطالب والمساعد الذكي، وابتكار أنماط تقييم تقيس ما تعجز الآلة عن انتحاله، وهو الفهم والحكم والمساءلة. ولبلوغ ذلك، تقدم الورقة تأصيلاً

مفاهيمياً لنموذج منظومة التعلم البرمجي المنسّق، وبناءً نظرياً مزدوجاً يقوم على إطار التفكير الحاسوبي مسنوداً بإعادة إسقاط نقدية لتصنيف بلوم، ونموذجاً لتصميم التدريس قابلاً للتطبيق في معامل المدارس الثانوية، ثم مناقشة نقدية ذاتية لقابلية التطبيق في بيئات متفاوتة الموارد.

1.1. مشكلة الدراسة:

تتمثل مشكلة الدراسة في فجوة بنيوية ذات وجهين تعاني منها مناهج البرمجة في المرحلة الثانوية:

الوجه الأول: فجوة الملاءمة (Relevance Gap)، وتظهر في انقسام متسع بين ما يبنيه المنهج الحالي من كفايات (استظهار البنية النحوية للغة، والكتابة اليدوية للكود، وحل مسائل مغلقة قصيرة) وما صار سوق العمل البرمجي يطلبه فعلياً (صياغة النية الهندسية، وتوجيه الوكلاء الأذكاء، ومراجعة الكود المولّد والتحقق منه، وإدارة الدّين التقني الناتج عن التوليد الآلي) (Kam et al., 2025; Cui et al., 2025).

الوجه الثاني: فجوة الصدق التقويمي (Assessment Validity Gap)، وتظهر في انهيار قدرة أدوات التقييم التقليدية، كالواجبات البرمجية المنزلية والمشاريع الفردية غير المراقبة، على قياس التعلم الحقيقي، بعد أن صار في مقدور أي طالب أن يولّد حلولاً كاملة تتجاوز مستواه الفعلي في ثوانٍ معدودة، وفي ظل فشل موثّق لأدوات كشف المحتوى المولّد وارتفاع معدلات الإجابات الكاذبة فيها. (Lau & Guo, 2023).

ويزيد الإشكال حدةً غياب نموذج تربوي مفاهيمي متكامل يوطر العلاقة الرباعية الجديدة بين المعلم والطالب والمساعد الذكي والمنهج في سياق المرحلة الثانوية تحديداً؛ فالأدبيات المتاحة تتركز، على قلتها النسبية، في التعليم الجامعي (CS1) وفي السياقات الناطقة بالإنجليزية، ويغلب عليها الطابع التجريبي قصير المدى على حساب التأصيل النظري البنائي، وتكاد تخلو من نماذج تصميم تدريس قابلة للتطبيق في معامل المدارس، ومن أطر تقييم بديلة مقاومة للغش الذكي تراعي خصوصية المتعلم المراهق. وعليه يمكن صياغة مشكلة الدراسة في العبارة الآتية:

"تعاني مناهج البرمجة في المرحلة الثانوية من تصدع في الغاية والبنية، ناجم عن استمرارها في إعداد المتعلم لكتابة الكود يدوياً في عصر تحوّل فيه جوهر الممارسة البرمجية إلى الهندسة الموجّهة ومراجعة الأكواد والتحقق منها، في ظل غياب نموذج مفاهيمي وتصميمي تربوي يوطر هذا التحول ويقود إعادة هندسة المنهج وأنظمة تقويمه."

2.1. أسئلة الدراسة:

تنتطق الدراسة من سؤال رئيس تنفرع عنه مجموعة من الأسئلة النقدية الفرعية:

- السؤال الرئيس: كيف يمكن إعادة هندسة مناهج البرمجة للمرحلة الثانوية، غاياتٍ ومحتوى وطرائق وتقويماً، بما يحقق الانتقال من نموذج كتابة الكود إلى نموذج الهندسة الموجّهة ومراجعة الأكواد، في ضوء التحولات التي أحدثها المساعدون البرمجيون الأذكاء والوكلاء المستقلون؟

- الأسئلة الفرعية:

1. ما التحولات المعرفية التي نجمت عن دخول المساعد البرمجي الذكي شريكاً ثالثاً في العلاقة التعليمية، وكيف تعيد هذه التحولات صياغة مفهوم الكفاءة البرمجية ذاته في المرحلة الثانوية؟

2. أي الأساسين النظريين أمّن لتأصيل كفايتي المراجعة النقدية ومساءلة الآلة: تصنيف بلوم المعدّل أم إطار التفكير الحاسوبي؟ وما بنية التكامل الممكنة بينهما؟

3. ما الإطار التشخيصي القادر على كشف مواطن التصدع البنيوي في وثائق مناهج علوم الحاسب الثانوية القائمة، بأهدافها ومصفوفات مهاراتها وأنظمة تقويمها، في ضوء طبيعة الممارسة البرمجية المعاصرة؟
4. ما ملامح النموذج المفاهيمي المقترح لتنظيم التفاعل الرباعي بين المعلم والطالب والمساعد الذكي والمنهج، وما إعادة توزيع الأدوار والسلطات المعرفية التي يقتضيها؟
5. ما مكونات نموذج تصميم التدريس المقترح لتطبيق هذا التحول داخل المعامل المدرسية، وما آليات التقييم البديلة المقاومة للغش الذكي التي تكفل صدق قياس التعلم؟
6. ما التوترات الأخلاقية والتربوية والتشغيلية التي يثيرها هذا التحول، من إنصاف رقمي وفجوة تحتية وعبء على المعلم واعتمادية مفرطة وخصوصية، وكيف يستوعبها النموذج المقترح؟

3.1. أهداف الدراسة:

1. تفكيك العلاقة التفاعلية الجديدة التي نشأت بدخول المساعد البرمجي الذكي شريكاً في بيئة التعلم، وتأصيلها نظرياً على قاعدة إطار التفكير الحاسوبي مسنوداً بتصنيف بلوم المعاد إسقاطه.
2. اشتقاق إطار تشخيصي منهجي رباعي الفئات لتحليل وثائق مناهج البرمجة الثانوية والكشف عن مواطن تصدعها البنيوي.
3. بناء نموذج مفاهيمي يعيد هيكلة تدفق العملية التعليمية بين أقطابها الأربعة، وهو منظومة التعلم البرمجي المنسق (OPLE).
4. اقتراح نموذج تصميم تدريس تطبيقي (DRRD) يتضمن منظومة تقييم أصيلة مقاومة للغش الذكي، مكيفة مع اقتصاديات الصف المدرسي.
5. مساءلة النموذج المقترح نقدياً في ضوء قيود الفجوة الرقمية وعبء المعلم، واشتقاق تكييفات تشغيلية تحفظ جوهره التربوي في البيانات منخفضة الموارد.

4.1. أهمية الدراسة:

على الصعيد النظري، تسد الورقة فجوة تأصيلية في أدبيات يطغى عليها الطابع التجريبي الجزئي والقياس قصير المدى، وتنقل النقاش من سؤال الأداة إلى سؤال الغاية التربوية، وتقدم واحداً من أوائل الأطر النظرية المكرسة للمرحلة الثانوية تحديداً لا للتعليم الجامعي، مع إسهام تأصيلي خاص يتمثل في إعادة قراءة إطار التفكير الحاسوبي (Brennan & Resnick, 2012) في ضوء التوليد الآلي للكود. وعلى الصعيد التطبيقي، تضع الورقة بين أيدي مطوري المناهج وصناع السياسات، ولا سيما في النظم التعليمية العربية التي تشهد تحولات رقمية واسعة، خارطة طريق قابلة للتحويل إلى وثائق منهج ومصفوفات مهارات وأدلة معلم وأنظمة تقويم. كما تزود المعلمين بنموذج صفّي إجرائي يمكن تطبيقه داخل المعمل المدرسي بالموارد المتاحة، عبر مستويات تجهيز متدرجة تراعي تفاوت البنى التحتية.

5.1. منهجية الدراسة

باعتبارها ورقة نظرية تحليلية (Conceptual/Analytical Paper)، تعتمد الدراسة تصميماً منهجياً مركباً من مسارين متكاملين، يضاف إليهما اشتقاق أداة تحليلية ثالثة تمثل أحد نواتج الدراسة ذاتها:

- التحليل الفلسفي النقدي (Philosophical and Critical Analysis)

يُوظف هذا المسار في تفكيك المسلّمات المعرفية التي قام عليها تعليم البرمجة تاريخياً، مثل ندرة الكود ومركزية الكتابة اليدوية ومعيار الكود العامل، ثم مساءلتها في ضوء الواقع التقني الجديد، وإعادة البناء المفاهيمي بعد ذلك عبر أدوات التحليل البنائي، ومنها

تحليل المفاهيم (Concept Analysis) لمفاهيم من قبيل الكفاءة البرمجية والأصالة والفهم، مع الحاجة الاستدلالي المدعوم بالأدلة التجريبية المستخلصة من أدبيات الفترة (2023 – 2026) ويستند هذا المسار إلى مرجعيات نظرية معلنة تُفصّل في الإطار النظري، وهي: إطار التفكير الحاسوبي، والنظرية البنائية الاجتماعية، ونظرية الحمل المعرفي، ونظرية النشاط.

- المراجعة النقدية المنهجية للأدبيات (SLR-informed Critical Review)

تلتزم المراجعة بأدبيات الفترة (2023-2026) أساساً مع أولوية للعامين الأخيرين، وتستند إلى قواعد البيانات الرئيسة في المجال (Scopus, Web of Science, ACM Digital Library)، وتنتظم في خمسة محاور موضوعية. ويُخضع كل عمل مفصلي لتحليل نقدي ثلاثي الأبعاد يتناول مواطن القوة وحدود المنهج والفجوة المتروكة، وتُجمع نتائج هذا التحليل في مصفوفة تركيبية تُعرض في نهاية المراجعة.

- اشتقاق الإطار التشخيصي لتحليل وثائق المناهج

تشتق الورقة من إطارها المفاهيمي أداة لتحليل المحتوى تتكون من أربع فئات، خُصصت لفحص وثائق مناهج علوم الحاسب الثانوية، من وثائق المنهج الوطنية ومصفوفات المهارات وأدلة التقويم. وتغطي الفئات الأربع: موقع مهارات الكتابة اليدوية للكود مقابل مهارات المراجعة والتقييم، وحضور كفايات هندسة الأوامر والتفاعل مع الأدوات التوليدية أو غيابها، وطبيعة أدوات التقويم ودرجة مقاومتها للغش الذكي، والافتراضات الضمنية عن طبيعة الممارسة البرمجية.

وتُقدّم هذه الأداة في القسم التاسع بوصفها ناتجاً منهجياً قابلاً للتطبيق المباشر من قبل الباحثين وجهات تطوير المناهج، مع تحليل حاجي لمواطن التصدع المتوقع كشفها يستند إلى الخصائص البنوية الموثقة لهذه المناهج في الأدبيات؛ أما التطبيق الترميزي الميداني للأداة على عينات وثنائية وطنية بعينها فيقع ضمن أجندة البحث المستقبلي التي تُختم بها الورقة.

2. الإطار النظري والمفاهيمي

1.1. من الترميز اليدوي إلى الهندسة الموجّهة:

لا يتأتى إدراك عمق التحول الراهن بمجرد وصف المساعد الذكي على أنه أداة جديدة تتضاف إلى صندوق أدوات المبرمج؛ فالفارق بين المترجم (Compiler) والمساعد التوليدي فارق في النوع لا في الدرجة. لقد أزاحت الأدوات السابقة أعباءً ميكانيكية، كالترجمة إلى لغة الآلة وإدارة الذاكرة، دون أن تمس جوهر الفعل البرمجي المتمثل في تحويل النية إلى كود.

أما المساعد التوليدي فيزيح هذا الجوهر ذاته؛ إذ يتولى التحويل نيابة عن الإنسان، ولا يترك له سوى طرفي السلسلة: صياغة النية في مدخلها، والحكم على المخرَج في منتهائها. وبذلك ينقلب الهرم المهني، فتتخفّض قيمة الإنتاج وترتفع قيمة التوجيه والتحقق، وهو ما تصفه أدبيات هندسة البرمجيات الحديثة بإطار (النية، التعاون، التحقق: Intent–Collaboration–Verification) باعتباره البنية الثلاثية للممارسة البرمجية الأصيلة في عصر الوكلاء (The Rise of AI-Native Software Engineering, 2026).

ويترتب على هذا التحول إعادة تعريف الشريك البرمجي (Pair Programmer)؛ فبعد أن كان زميلاً بشرياً يتقاسم لوحة المفاتيح مع المبرمج، أصبح كياناً حاسوبياً لا ينام ولا يمل، سريع الإنتاج، واثق النبرة حتى وهو مخطئ، ومعدوم المساءلة الذاتية. وهذه الصفات الأخيرة تحديداً، أي الطلاقة المفرطة واليقين الزائف وانعدام المساءلة، هي ما يجعل من الثقة المعايّرة (Calibrated Trust) كفاية تربوية مركزية؛ فالمبالغة في الثقة تفقد المتعلم إلى قبول كود معيب دون وعي، والإفراط في التحفظ يحرمه من قيمة الأداة، وكلا الموقفين فشل تربوي ينبغي أن يتصدى له المنهج صراحة لا أن يعالجه عرضاً (Prather et al., 2023).

2.2. المرجعيات النظرية الناظمة:

تستند إعادة الهندسة المقترحة إلى ثلاث مرجعيات نظرية متكاملة، يوطر كل منها زاوية من زوايا دخول الوسيط التوليدي إلى بنية النشاط التعليمي:

أولاً: النظرية البنائية الاجتماعية وإعادة قراءة منطقة النمو القريب. حين يصبح الوسيط الأقر في بيئة التعلم آلة لا معلماً ولا قريباً أكثر خبرة، تتسع منطقة النمو القريب القائمة على التعلم التفاعلي الاجتماعي اتساعاً ظاهرياً غير مسبوق، إذ يستطيع المتعلم بمعونة المساعد إنجاز ما يعجز عنه منفرداً؛ لكنها تفقد في الوقت نفسه آلية الضمان التي افترضتها النظرية، وهي أن الوسيط الأقر معني بنمو المتعلم لا بمجرد إنجاز المهمة. فالمساعد التوليدي يقدم سقالة لا تعرف متى تنسحب، وهو ما يحولها من جسر مؤقت إلى عكازة دائمة ما لم يتدخل التصميم المنهجي بضبط جرة الوساطة وتوقيت سحبها. ومن هنا يستمد النموذج المقترح تأصيله النظري لعقود الاستخدام المتدرجة التي سيرد ذكرها.

ثانياً: نظرية الحمل المعرفي. يعد التوليد الآلي بإزاحة الحمل الدخيل (Extraneous Load) المرتبط بتفاصيل البنية النحوية، بما يحرر طاقة المعالجة للحمل البنائي (Germane Load) الموجه لبناء المخططات المفاهيمية. غير أن الأدلة التجريبية تكشف الوجه الآخر للمعادلة؛ فحين يُزاح مع الحمل الدخيل الحمل الجوهرية ذاته (Intrinsic Load)، أي حين تنجز الآلة جوهر المعالجة لا هوامشها، يُجهض بناء المخططات بدل أن يُيسر (Kazemitabaar et al., 2023; Bastani et al., 2024) ومن ثم ليس التصميم التربوي الرشيد هو الذي يعظم الإزاحة، بل الذي يعايرها: يُبقي المعالجة الجوهرية، من قراءة بنيوية وتتبع ومحاكمة، في عهدة المتعلم، ويفوض للآلة الجانب الميكانيكي وحده. وهذا هو المبدأ الذي تترجمه تقنيات الاندماج المعرفي الموثقة حديثاً (Kazemitabaar et al., 2025)، والذي يبنيه النموذج المقترح في صميم دورته الصفية.

ثالثاً: نظرية النشاط. حين يُنظر إلى المساعد الذكي باعتباره أداة وسيطة (Mediating Artifact) بالمعنى الذي تقرره نظرية النشاط، يتبين أن دخوله لا يضيف عنصراً إلى النشاط التعليمي، بل يعيد تشكيل بنيته بأكملها: فالذات تنتقل من كاتب إلى منسق، والموضوع من إنتاج الكود إلى مساءلته، وقواعد المجتمع الصفي من حظر الاستعانة إلى توثيقها، وتقسيم العمل من معلم ملقّن وطالب منقذ إلى مهندس مواقف ومنسق مُساءل وعامل آلي خاضع للمساءلة. وهذه القراءة هي ما يبرر الطابع المنظومي للنموذج المقترح؛ فالتدخل في عنصر واحد هو الأداة، دون إعادة هندسة بقية عناصر النشاط من أدوار وقواعد وتقويم، يولد التناقضات التي توثقها الأدبيات بين سياسات معلنة وممارسات فعلية (Lau & Guo, 2023).

3.2. إعادة إسقاط تصنيف بلوم: انقلاب الهرم المعرفي البرمجي

شكل تصنيف بلوم المعدل (Anderson & Krathwohl, 2001) العمود الفقري لتصميم أهداف تعليم البرمجة على مدى عقود، قائماً على افتراض تسلسل صاعد يبدأ بتذكر بنية اللغة، ثم فهم الدلالة، فالتطبيق الكتابي، ثم التحليل والتقويم، وينتهي بالإبداع. غير أن التوليد الآلي للكود فكك هذا التسلسل من موضعين: أولهما أن التطبيق الكتابي، أي كتابة الكود من الناحية النحوية، لم يعد بوابة إلزامية إلى المستويات العليا لأن الآلة تنجزه فوراً. وثانيهما، وهو الأخطر، أن المتعلم أصبح قادراً على القفز الزائف إلى مستوى الإبداع الظاهري، أي إنتاج برنامج كامل يعمل، دون المرور بأي مستوى أدنى؛ وهو قفز يفرغ الهرم من دلالاته القياسية لأن المنتج لم يعد دليلاً على العملية المعرفية التي أنجزته. وتؤكد الأدبيات الحديثة أن القول بأن الذكاء الاصطناعي قلب الهرم بإتاحة الإبداع للجميع خطاب اختزالي ينطوي على مخاطر؛ فتوليد الكود ليس إبداعاً معرفياً، والمستويات الدنيا لم تُلغ بل تغير موضعها الوظيفي من غايات تُقاس إلى شروط إمكان للمساءلة العليا (Gonsalves, 2026).

وبناءً على ما تقدم، تقترح الورقة إعادة الإسقاط الموضحة في الجدول (1) لهرم بلوم على مهارات البرمجة الحديثة، حيث لا تُحذف المستويات وإنما يُعاد توزيع الأوزان التعليمية والتقويمية بينها:

جدول (1) إعادة إسقاط تصنيف بلوم المعدل على مهارات البرمجة في عصر المساعدين الأذكياء

المستوى المعرفي	تجسيده التقليدي (منهج كتابة الكود)	تجسيده المعاد هندسته (منهج الهندسة الموجهة)	الوزن التقويمي الجديد
التذكر	استظهار الكلمات المفتاحية وبنية الجمل البرمجية (Syntax)	مفردات معمارية ومفاهيمية دنيا تكفي لقراءة الكود ومحاورة المساعد	منخفض: شرط إمكان لا هدف قياس
الفهم	شرح ما يفعله سطر برمجي مكتوب في الكتاب	تفسير كود مولّد لم يكتبه الطالب، وتتبع منطقته وتبعاته (Code Comprehension)	مرتفع: بوابة المساءلة
التطبيق	كتابة برنامج قصير يدوياً من الصفر	كتابة يدوية مقصودة محدودة لبناء الحس البرمجي، مع تطبيق أنماط التصميم على مخرجات المساعد	متوسط: وسيلة تكوينية لا غاية
التحليل	تجزئة مشكلة إلى خطوات خوارزمية	التحليل البنوي للكود المولّد: كشف الأخطاء الكامنة والثغرات الأمنية والدّين التقني، ومقارنة الحلول المتنافسة (Debugging & Code Review)	مرتفع جداً: قلب المنهج الجديد
التقويم	الحكم بمعيار وحيد: هل يعمل؟	محاكمة متعددة المعايير: الصحة والكفاءة والقابلية للصيانة والأمان والملاءمة الأخلاقية، ومعايرة الثقة في مخرجات الآلة	مرتفع جداً: جوهر الكفاءة
الإبداع	إنتاج برنامج جديد بكتابته سطرّاً سطرّاً	هندسة النية والأوامر (Prompt/Intent Engineering)، وتنسيق حلول مركبة عبر وكلاء متعددين، وتصميم معماريات أصيلة تتجاوز قالب التوليد	قمة الهرم: إبداع توجيهي مُساءل

والملاحظة الجوهرية هنا أن الانقلاب ليس حذفاً للقاعدة بل إعادة توظيف لها؛ فالفهم العميق لأساسيات البرمجة يظل شرطاً لممارسة المراجعة النقدية، إذ لا يراجع الكود من لا يقرؤه، غير أن هذا الفهم يُبنى الآن عبر مسارات مختلفة هي القراءة النقدية والتتبع والترميم والمقارنة، بدلاً من الاكتفاء بمسار الكتابة الاستظهارية. وهذا ما يفسر إصرار النموذج المقترح على نوافذ الكتابة اليدوية المحمية في المراحل التأسيسية، باعتبارها استثماراً في الحس البرمجي لا حنيناً إلى الماضي. على أن هذا الإسقاط المعدل لبلوم يظل، كما سيتضح في القسم التالي، أداة توزيع تقويمي مساندة لا الأساس التأصيلي للنموذج؛ إذ يُسند هذا الأساس إلى إطار التفكير الحاسوبي بوصفه البنية النظرية الأمتن والأقرب إلى خصوصية المجال.

4.2. إطار التفكير الحاسوبي بوصفه الأساس التأصيلي لمنظومة OPLE، ما بعد بلوم:

1.4.4.1. في حدود الاكتفاء ببلوم: مسوغات إعادة الترميم

على الرغم من وجهة إعادة الإسقاط التي عرضها القسم السابق جدول (1)، يظل تصنيف بلوم المعدل، حتى في صيغته المقلوبة، إطاراً عاماً للعمليات المعرفية صُمم لوصف مستويات التعلم في أي مجال، لا لوصف بنية الممارسة في مجال بعينه. ولهذا يواجه،

متى حُمل وحده عبء تأصيل كفايتي المراجعة والمساءلة، اعتراضين منهجيين وجبهين: أولهما أن مقولاته (تحليل، تقويم، إبداع) من العمومية بحيث يمكن مطّ دلالاتها لتبرير أي تصميم منهجي تقريباً، مما يضعف قوتها الحجاجية؛ وثانيهما أن الجدال الدائر حالياً حول قلب الهرم في عصر الذكاء الاصطناعي التوليدي (Gonsalves, 2026) يكشف هشاشة الافتراض التسلسلي ذاته الذي يقوم عليه التصنيف، وهو ما يجعل البناء عليه أشبه بالبناء على أرض متنازع عليها. لذلك تعيد الورقة تموضع بلوم من عمود فقري إلى أداة توزيع تقويمي مساندة، تُستبقى وظيفته في ضبط الأوزان النسبية للأهداف داخل مصفوفة الكفايات كما في الجدول ((1، بينما يُسند التأصيل البنوي لكفايات النموذج إلى إطار نشأ أصلاً من داخل تعليم البرمجة ذاته: إطار التفكير الحاسوبي Computational Thinking (Brennan & Resnick, 2012).

2.4.2. الأبعاد الثلاثة لإطار: Brennan & Resnick قراءة في ضوء التوليد الآلي للكود

صاغ (Brennan & Resnick, 2012) إطارهما استجابة لسؤال تقويمي عملي: كيف نرصد نمو التفكير الحاسوبي لدى متعلمين صغار يبنون مشاريع تفاعلية؟ وقد ميّز فيه بين ثلاثة أبعاد متكاملة: المفاهيم الحاسوبية (Computational Concepts) كالمتنابعات والحلقات والشروط والبيانات؛ والممارسات الحاسوبية (Computational Practices) وهي أنماط الفعل المعرفي أثناء البناء، وتشمل التدرج والتكرار (Being Incremental and Iterative)، والاختبار وتصحيح الأخطاء (Testing and Debugging)، وإعادة الاستخدام وإعادة التركيب (Reusing and Remixing)، والتجريد والتقسيم النمطي (Abstracting and Modularizing)؛ والمنظورات الحاسوبية (Computational Perspectives) وهي تحولات في علاقة المتعلم بالتقنية وبذاته، وتشمل التعبير (Expressing) والاتصال (Connecting) والمساءلة والتساؤل (Questioning).

والأطروحة المركزية هنا أن هذا الإطار، رغم أسبقيته الزمنية لعصر المولدات بعقد كامل، يقدم لكفايات النموذج المقترح تأصيلاً أمتن مما يقدمه بلوم، وذلك لثلاثة اعتبارات:

الاعتبار الأول أن بُعد الممارسات يحتضن كفايتي المراجعة والتصحيح احتضاناً بنوياً لا تأويلياً؛ فممارسة الاختبار وتصحيح الأخطاء ليست إسقاطاً اجتهادياً على مقولة التحليل البلومية، بل مكوّن أصيل معرّف إجرائياً في الإطار منذ نشأته. والأهم من ذلك أن ممارسة إعادة الاستخدام وإعادة التركيب تكتسب في عصر التوليد الآلي راهنية مضاعفة؛ فقد عرّفها Brennan & Resnick بأنها البناء على أعمال الآخرين، مع ما يستتبعه ذلك من التزام بفهم الكود المعاد توظيفه ومساءلة ملكيته ونسبته. والكود المولّد آلياً هو، من هذه الزاوية التحليلية، الحالة القصوى للتركيب: عمل لم يكتبه المتعلم، ويتوجب عليه قراءته وفهمه وتكييفه ومساءلة مصدره قبل تبنيه. وبهذا يغدو الانتقال من كتابة الكود إلى مراجعة الأكود، وهو ما قد يبدو قطيعة مع تقاليد تعليم البرمجة، امتداداً طبيعياً لممارسة أصلها الإطار قبل أربعة عشر عاماً؛ وإنما تغيّر ذلك "الأخر" الذي يُعاد تركيب عمله: من مجتمع المبرمجين البشري إلى العامل الآلي.

الاعتبار الثاني أن بُعد المنظورات يوفر الأساس النظري لكفاية مساءلة الآلة والثقة المعايّرة؛ فمنظور التساؤل (Questioning) عرّفه Brennan & Resnick بأنه شعور المتعلم بأن من حقه، بل من صميم تمكينه، أن يسائل التقنية بدل أن يسلم لها بوصفها صندوقاً أسود. وهذا المنظور تحديداً هو النواة النظرية التي تطورها الورقة إلى ما تسميه مساءلة الآلة (Machine Interrogation): استعداد دائم لمطالبة المساعد الذكي بتبرير مخرجاته، وتفكيك يقينه الزائف، ورفض سلطته المعرفية الافتراضية. كما أن الثقة المعايّرة، التي وثّقت دراسة Prather وزملائه (2023) اختلالها لدى المبتدئين بين قبول أعمى ورفض عبثي، تجد في هذا المنظور تأصيلها؛ فهي ليست مهارة تقنية تُضاف إلى المنهج، بل منظور حاسوبي (Perspective) يُنمى عبر ممارسات ممتدة، تماماً كما يُنمى منظور التعبير عبر مشاريع البناء. وتتقاطع هذه القراءة مع البعد الأول، أي العقلية المتمركزة حول

الإنسان، في إطار اليونسكو لكفاءات الطلبة في الذكاء الاصطناعي (Miao & Shiohira, 2024)، الذي يجعل من صون الفاعلية البشرية (Human Agency) أمام الأنظمة التوليدية كفاية تعليمية قائمة بذاتها.

الاعتبار الثالث أن منهجية التقييم في الإطار تؤصل لمنظومة التقييم المقاوم للغش الذكي؛ فمن المفارقات الدالة أن Brennan & Resnick (2012) رفضا الاكتفاء بتحليل المنتج النهائي، أي المشروع، مؤشراً على التفكير الحاسوبي، واقتراحاً بدلاً منه المقابلات القائمة على المصنوعات (Artifact-Based Interviews) التي يُسأل فيها المتعلم عن مشروعه: كيف بناه؟ ولماذا اتخذ قراراته؟ وأين واجه الصعوبات؟ وذلك لأن المنتج وحده قد يخفي فهماً زائفاً، ربما كان منسوخاً أو مبنياً بالمحاولة العشوائية. وهذه الحجة هي بعينها حجة الورقة في تشخيص فجوة الصدق التقويمي؛ فما كان عام 2012 احتمالاً هامشياً، وهو أن منتجاً لا يعكس فهم صاحبه، أصبح عام 2026 هو الحالة الافتراضية. ومن ثم فإن مرحلة "دافع" في نموذج DRRD، ومقابلات الكود التي وثقت جدواها دراسة Kannam وزملائها (2025)، ليست ابتكارات طارئة فرضتها أزمة الغش الذكي، بل تفعيل واسع النطاق لمنهجية تقييم أصلها إطار التفكير الحاسوبي منذ نشأته، وهو ما يمنح منظومة التقييم المقترحة عمقاً نظرياً يتجاوز منطق رد الفعل على أدوات التوليد.

3.4.2. مصفوفة التكامل: إسقاط أبعاد إطار التفكير الحاسوبي على منظومة OPLE ودورة DRRD

يلخص الجدول (2) البنية التأصيلية بعد إعادة ترتيبها؛ حيث يشكل إطار التفكير الحاسوبي الأساس البنوي للكفايات، ويحتفظ تصنيف بلوم المعاد إسقاطه بوظيفة توزيع الأهداف تقويمياً:

جدول (2) مصفوفة التكامل بين إطار التفكير الحاسوبي ومنظومة OPLE، مع الوظيفة المساندة لتصنيف بلوم

بُعد إطار التفكير الحاسوبي (Brennan & Resnick, 2012)	إعادة تأويله في عصر الوكلاء التوليديين	تجسيده في منظومة OPLE ودورة DRRD	الوظيفة المساندة لبلوم المعاد إسقاطه
المفاهيم الحاسوبية (متابعات، حلقات، شروط، بيانات...)	الانتقال من موضوع استظهار كتابي إلى مفردات قرائية تمكّن من قراءة المخرجات المولدة وتفكيكها ومحاورة المساعد بدقة اصطلاحية	الشرط التأسيسي لمرتبة القارئ الناقد؛ تُبنى عبر نوافذ الكتابة اليدوية المحمية ومهام التتبع والترميم	مستوى التذكر والفهم: وزن تقويمي بوصفهما شرط إمكان لا غاية قياس
ممارسة: الاختبار وتصحيح الأخطاء	التوسع من تصحيح كود الذات إلى تشخيص كود الآلة: كشف الأخطاء الكامنة والثغرات والهشاشة في مخرجات واثقة النبرة	قلب مرحلة "راجع": بروتوكول المراجعة البنوية، وحالات الاختبار الكاسرة، ومهام الترميم	مستوى التحليل: الوزن التقويمي الأعلى
ممارسة: إعادة الاستخدام وإعادة التركيب	الكود المولّد بوصفه حالة تركيب قصوى: تبنّي شروط بالفهم والتكييف والتوثيق ومساءلة النسبة والملكية	سجل القرارات (Decision Log) في مرحلة "حسّن"، وعقود الاستخدام المتدرجة: الشفافية التفاعلية	مستوى التقويم: محاكمة متعددة المعايير

ممارسة: التدرج والتكرار	الحوار التوليدي التكراري (توليد، نقد، تحسين) بوصفه البنية الزمنية الطبيعية للعمل مع الوكلاء	الحلقة السادسة لدورة التعلم المنسّق؛ والتوثيق الحواري أثراً للتعلم	يوزّع عبر المستويات بحسب عمق كل تكرار
ممارسة: التجريد والتقسيم النمطي	صياغة النية الهندسية: تفكيك المشكلة إلى وحدات قابلة للتوجيه، وتحديد الواجهات والقيود قبل التوليد	وثيقة الأمر الموجّه في مرحلة "وَجْه": هندسة النية بوصفها تجربياً تواصلياً	مستوى الإبداع: الإبداع التوجيهي المُساءل
منظور: التساؤل ← مسألة الآلة	من مسالة التقنية عموماً إلى مسألة عامل معرفي واثق النبوة معدوم المسألة الذاتية؛ والثقة المعايرة كفاية وجدانية معرفية	مرحلة "دافع": سلطة الطالب التوجيهية على المساعد، ومحكات معايرة الثقة في منظومة التقييم	مستوى التقييم: جوهر الكفاءة الجديدة
منظوراً: التعبير والاتصال	البرمجة الموجّهة وسيطاً للتعبير عن حلول لمشكلات سياقية محلية، وللتعاون بين الأقران في المراجعة المتبادلة	المهام السياقية المحلية؛ ومراجعة الأقران؛ ولجان الدفاع	مستوى الإبداع والتقييم معاً

وبهذه الهندسة النظرية المزدوجة تتحصن الورقة من اعتراضين متقابلين: اعتراض التجذر الزائف، أي البناء على تصنيف عام متنازع على صلاحيته للمجال، وذلك عبر الاستناد إلى إطار نشأ من داخل تعليم البرمجة وما تزال معايير مرجعاً في تقييم مهاراتها؛ واعتراض القطيعة، أي الزعم بأن التحول المقترح انقلاب لا سابق له، وذلك عبر البرهنة على أن كفايتي المراجعة والمساءلة امتداد تطوري لممارسات ومنظورات مؤصلة، بلغت في عصر الوكلاء ذروة إلحاحها لا لحظة ميلادها.

3. المراجعة النقدية للأدبيات (2023-2026):

تنظم الأدبيات ذات الصلة في خمسة محاور تعرض هنا عرضاً نقدياً لا سردياً، مع إخضاع الدراسات المفصلية لتحليل ثلاثي يتناول القوة والقصور والفجوة:

1.3. المحور الأول: أثر المولدات البرمجية على تعلم المبتدئين:

وضعت دراسة Becker وزملائه (2023)، المعنونة "البرمجة صعبة أو هكذا كانت"، الإطار التأسيسي للنقاش؛ إذ حددت الفرص، مثل خفض حاجز الدخول والتغذية الراجعة الفورية، والمخاطر، كالاكتيادية وتآكل الأساسيات. وتتمثل قوة الدراسة في استشرافها المبكر وشمولها، في حين يتمثل قصورها في أنها كُتبت قبل ظهور الوكلاء المستقلين، فبقي تصورهما للأداة تصور مكمل لا عامل، وتركت فجوة في التعليم قبل الجامعي لم تملأها الأعمال اللاحقة.

وقدمت دراسة Kazemitabaar وزملائه (2023) التجريبية أول دليل صارم على أثر المولدات في المبتدئين الصغار من سن العاشرة إلى السابعة عشرة: زيادة في الإنجاز والاندماج يقابلها تراجع دال في مهام الانتقال المعرفي. قوتها في تصميمها التجريبي المضبوط وندرة عينتها العمرية، وقصورها في قصر المدى الزمني واصطناعية البيئة، وفجوتها أنها قاست الأثر دون أن تقدم

علاجاً منهجياً، وهي الفجوة التي تستهدفها هذه الورقة مباشرة. أما دراسة Bastani وزملائه (2024) الميدانية واسعة النطاق في سياق مدرسي حقيقي، فقد وثقت أن الوصول غير الموجه للنموذج التوليدي حسن الأداء الآتي وأضر بالتعلم البعدي عندما سُحبت الأداة، بينما خفف التصميم التربوي للواجهة، أي نمط المعلم الموجه، من هذا الضرر. قوتها الاستثنائية في حجم عينتها وواقعية سياقها المدرسي، وقصورها في أنها في مجال الرياضيات لا البرمجة، وفجوتها في غياب المقابل البرمجي الثانوي لها، وهو تحديداً ما يبرر هذا المشروع.

ومن الأعمال الحديثة في هذا المحور دراسة Kazemitabaar وزملائه (2025) التي استكشفت فضاء تصميم تقنيات الاندماج المعرفي مع الكود المولد، وقدمت أدلة على أن إلزام المتعلم بالتفاعل النشط مع المخرجات، عبر التعديل والتنبؤ والتفسير، يستعيد جزءاً من الفاقد التعليمي. قوتها في نقلها السؤال من "هل نستخدم؟" إلى "كيف نصمم الاستخدام؟"، وقصورها في بقائها عند مستوى الواجهة (Interface-level) دون مستوى المنهج (Curriculum-level)، وفجوتها في غياب إطار منهجي كلي يحتضن هذه التقنيات، وهو ما يسعى النموذج المقترح إلى تقديمه.

2.3. المحور الثاني: الكفايات الجديدة من هندسة الأوامر ومراجعة الكود

افتتح Denny وزملاؤه (2023)؛ (2024b) خطأ بحثياً مؤثراً حول مسائل الأوامر (Prompt Problems) بوصفها نمط تمرين جديداً يُقِيمُ فيه الطالب على جودة صياغته للنية لا على كتابة الكود. القوة في الابتكار التقويمي وقابلية التطبيق الفوري، والقصور في التركيز على مسائل CS1 القصيرة المغلقة، والفجوة في أن هذه التمارين لم تُدمج في بنية منهج متكامل ولم تُختبر في السياق المدرسي الثانوي.

وبيّنت دراسة Prather وزملائه (2023) التفاعلية أن المبتدئين يتعاملون مع المساعد البرمجي بأنماط مختلفة تتراوح بين القبول الأعمى والصراع العبثي مع الاقتراحات، مما يؤسس تجريبياً لضرورة تعليم الثقة المعاصرة صراحة. وعلى مستوى متطلبات المهنة، قدمت دراسة Kam وزملائه (2025)، عبر مقابلات واسعة مع ممارسين، خريطة للكفايات المهنية الناشئة تنصدها صياغة الأوامر الفعالة وتقييم الكود المولد، وهو ما يمنح مشروعية سوقية مباشرة لإعادة ترتيب أولويات المنهج. ويؤخذ على هذا الخط توجهه المهني الجامعي، وتتمثل فجوته في غياب التحويل التربوي (Didactic Transposition) لهذه الكفايات إلى مستوى المتعلم المراهق.

3.3. المحور الثالث: أزمة التقييم والتقييمات المقاومة للغش الذكي

وثّق (2023) Lau & Guo تحول مواقف المعلمين من "الحظر حتى الفهم" إلى "المقاومة عبثية"، كاشفين عن فراغ استراتيجي في بدائل التقييم. وقدمت دراسة Kannam وزملائه (2025) حول مقابلات الكود (Code Interviews) دليلاً تطبيقياً على جدوى التقييم الشفهي أداةً أصيلة تقيس الفهم لا المنتج، مع رصد أمين لأعبائها التشغيلية.

وتعززها أدلة حديثة على أن دمج مقابلات مراجعة الكود الدورية مع الصف المقلوب في المقررات التمهيديّة يحسّن مواقف الطلبة ويحوّل أنماط استخدامهم للأدوات نحو الاستخدام التحضيري الواعي. وتكمن قوة هذا المحور في نقله التقييم من منطق الكشف والعقاب، الذي انهار تقنياً بفشل كواشف المحتوى المولد وارتفاع إيجابياتها الكاذبة، إلى منطق المساءلة المعرفية.

أما قصوره ففي كلفته التشغيلية العالية من وقت ومقيمين مدربين، وهي كلفة تتضاعف صعوبتها في المدارس؛ وفجوته في غياب نماذج تقييم مقاومة للغش صُممت لاقتصاديات الصف المدرسي الثانوي، أي معلم واحد وثلاثون طالباً وحصص قصيرة، وهي فجوة يتصدى لها النموذج التصميمي المقترح عبر توزيع المساءلة على الأقران والمحطات الدورية.

4.3. المحور الرابع: التحول نحو الوكلاء المستقلين وانعكاساته البنيوية

تمثل أدبيات عامي 2025 و2026 نقلة نوعية في موضوع الدراسة ذاته؛ فقد وثقت دراسات قياس أثر الوكلاء المستقلين على المستودعات البرمجية الحقيقية (AI IDEs or Autonomous Agents?, 2026) مكاسب كبيرة في السرعة صاحبها ارتفاع مقلق في مؤشرات الذّين التقني، بنحو 18% في تحذيرات التحليل الساكن و39% في التعقيد الإدراكي، بما يبرهن كمياً على أن التحقق أصبح عنق الزجاجة الحقيقي للجودة؛ أي أن المهارة التي يهملها المنهج الحالي هي بالضبط المهارة الأندر والأعلى قيمة. كما رصدت الدراسات الاقتصادية الميدانية (Cui et al., 2025) إعادة هيكلة أدوار المبتدئين المهنية من كتابة الكود الأساسي إلى توجيه الوكلاء ومراجعة مخرجاتهم، مع ضغط ملموسة على سوق التوظيف المبتدئ. وعلى الضفة التربوية، دعت أعمال (Hazzan & Erez, 2025) وأدبيات إعادة تشكيل تعليم الحاسب الجامعي (Reshaping Undergraduate Computer Science Education, 2026) إلى إصلاح شامل يتمحور حول التصميم المعماري والتحقق والمسؤولية الأخلاقية. قوة هذا المحور في راهنيتها وأدلتها الكمية، وقصوره الجوهرية، وهو الفجوة المركزية للورقة، أن مقترحات الإصلاح فيه موجهة كلها للتعليم الجامعي والمهني، بينما تبقى المرحلة الثانوية، حيث يتشكل الحس البرمجي والهوية المهنية المبكرة، خارج دائرة التنظير تقريباً.

5.3. المحور الخامس: المعلم في المعادلة الجديدة من الجاهزية والعبء التشغيلي

تكشف قراءة عرضية للمحاور الأربعة السابقة عن غائب حاصر؛ فالأدبيات التي تعيد هندسة دوري الطالب والأداة تكاد تتعامل مع المعلم باعتباره متغيراً تنفيذياً مرناً، لا فاعلاً له اقتصاده المعرفي والزمني الخاص. غير أن خيطاً بحثياً متنامياً بين عامي 2023 و2026 بدأ يسد هذه الثغرة من ثلاث جهات.

الجهة الأولى: توثيق الفجوة في جاهزية المعلمين. فقد أظهرت دراسة (Lau & Guo, 2023)، إلى جانب رصدها تحول المواقف من الحظر إلى التكيف، أن المعلمين يفتقرون إلى تصورات إجرائية لبدائل التقييم، ويتخذون قراراتهم منفرداً دون سند مؤسسي. وجاء إطار اليونسكو لكفاءات المعلمين في الذكاء الاصطناعي (UNESCO, 2024) ليقدّم الاستجابة المعيارية الأشمل لهذه الفجوة: مصفوفة من خمس عشرة كتلة كفائية تتقاطع فيها خمسة أبعاد هي العقلية المتمركزة حول الإنسان، وأخلاقيات الذكاء الاصطناعي، وأساسياته وتطبيقاته، وتوظيفه التربوي، وتوظيفه في النمو المهني، مع ثلاثة مستويات تطويرية هي الاكتساب والتعميق والإبداع. قوة الإطار في شرعيته الدولية وبنيته التدريجية القابلة للتحويل إلى برامج إعداد، وقصوره في عموميته العابرة للتخصصات؛ فهو يصف ما ينبغي أن يعرفه المعلم عن الذكاء الاصطناعي، لا ما يحتاجه معلم البرمجة تحديداً بعد أن أصبح موضوع تدريسه ذاته هو الأداة، وفجوته في غياب الاشتقاق التخصصي لكفايات معلم علوم الحاسب الثانوي المطالب بأن يكون في آن واحد مهندس مواقف لا تُحل بالتوليد الخام وحكم فهم في جلسات مساءلة شفوية، وهو اشتقاق يسهم النموذج المقترح في رسم ملامحه.

الجهة الثانية: توثيق الكلفة التشغيلية لأنماط التقييم الأصيل. فدراسة Kannam وزملائه، (2025) لم تكف بإثبات جدوى مقابلات الكود، بل رصدت بأمانة أعباءها: زمن إجراء المقابلات وجدولتها، والحاجة إلى مقيمين مدرّبين على سبر الفهم لا استظهار الإجابات، وقلق الطلبة من الأداء الشفهي. وتتضاعف هذه الأعباء عند الانتقال من اقتصاد الجامعة، حيث مساعدو التدريس والشعب الصغيرة، إلى اقتصاد المدرسة الثانوية، حيث معلم واحد وثلاثون طالباً أو أكثر وحصص لا تتجاوز الخمسين دقيقة ونصاب تدريسي مرتفع. وإذا كانت حسابات بسيطة تكشف أن دفاعاً شفهياً واحداً مدته خمس دقائق لكل طالب يستهلك وحده أكثر من ثلاث حصص كاملة، فإن أي نموذج لا يجيب عن سؤال "من يدفع فاتورة الزمن؟" يظل نموذجاً ورقياً.

الجهة الثالثة: بدائل توزيع العبء عبر مراجعة الأقران المدعومة آلياً. تتقاطع هنا سلاتان بحثيتان: أدبيات مراجعة الأقران الراسخة في تعليم البرمجة، التي أثبتت أن التقييم المتبادل المنضبط بمحكات معلنة ينمي كفاءة المراجعة لدى المقيّم قبل المقيّم؛

وأدبيات ناشئة (2024-2026) حول توظيف النماذج التوليدية مساعداً في التغذية الراجعة والتقييم التكويني، تشير نتائجها الأولية إلى قدرة معقولة على الفرز الأولي (Triage) للأعمال وكشف الأنماط الشائعة من الأخطاء، مقابل قصور موثق في الحكم على الأصالة والفهم العميق، ومخاطر انحياز واختراق للخصوصية توجب إبقاء القرار التقويمي النهائي بيد المعلم، وهو ما يوافق مبدأ صون الفاعلية البشرية الناظم لإطار يونسكو (UNESCO, 2024; Miao & Holmes, 2023). قوة هذا الخط في واقعته الاقتصادية، وقصوره في تركّز تجاربه في التعليم العالي وفي مهام الكتابة أكثر من مراجعة الكود، وفجوته، التي يتصدى لها قسم المناقشة، في غياب بروتوكول مركّب يوزع المسألة المعرفية بين الأقران والأداة والمعلم بمقياس الصف المدرسي الثانوي دون التضحية بالصدق التقويمي.

6.3. خلاصة تركيبية: مصفوفة التحليل النقدي للدراسات المفصلية

جدول (3) مصفوفة التحليل النقدي للدراسات المفصلية (من إعداد الباحث)

الدراسة / العمل	مواطن القوة	مواطن القصور	الفجوة المتروكة (التي تعالجها الورقة)
Kazemitabaar et al. (2023)	تجربة مضبوطة على متعلمين صغار؛ وقياس أثر الانتقال المعرفي	مدى قصير؛ وبيئة اصطناعية؛ وأداة سابقة لعصر الوكلاء	قاست الضرر دون تقديم بنية منهجية علاجية للمرحلة الثانوية
Bastani et al. (2024)	عينة ضخمة في مدارس حقيقية؛ وتمييز أثر التصميم التربوي للأداة	مجال الرياضيات لا البرمجة	لا مقابل لها في تعليم البرمجة الثانوي؛ ولا نموذج منهجي مشتق منها
Denny et al. (2024b) - Prompt Problems	ابتكار نمط تمرين وتقييم جديد قابل للتطبيق	مسائل CS1 قصيرة مغلقة؛ ولا بنية منهج كاملة	غياب الدمج في مصفوفة كفايات ثانوية ونظام تقييم متكامل
Kam et al. (2025)	خريطة كفايات مهنية ميدانية محدثة	توجه مهني جامعي؛ ولا معالجة تربوية	غياب التحويل التربوي للكفايات إلى مستوى المتعلم المراهق
Kannam et al. (2025) - Code Interviews	تقييم أصيل شفهي مجرب يقيس الفهم	كلفة تشغيلية عالية بمنطق الجامعة	لا نموذج تقييم مقاوماً للغش بمقياس اقتصاديات الصف المدرسي
Hazzan & Erez (2025) وأدبيات 2026 الجامعية	دعوة إصلاح شامل بأدلة كمية راهنة (الوكلاء، الدّين التقني)	تركيز حصري على التعليم الجامعي والمهني	المرحلة الثانوية خارج دائرة التنظير: لا نموذج لها مفاهيمياً ولا تصميمياً

الدراسة / العمل	مواطن القوة	مواطن القصور	الفجوة المتروكة (التي تعالجها الورقة)
UNESCO (2024) - إطار كفاءات المعلمين في الذكاء الاصطناعي	شرعية معيارية دولية وبنية تدريجية (خمسة أبعاد في ثلاثة مستويات) قابلة للتحويل إلى برامج إعداد	عمومية عابرة للتخصصات لا تعالج خصوصية معلم البرمجة الذي صار موضوع تدريسه هو الأداة	غياب الاشتقاق التخصصي لكفايات معلم علوم الحاسب الثانوي في نموذج التعلم المنسّق
أدبيات التغذية الراجعة المدعومة آلياً ومراجعة الأقران (2024-2026)	واقعية اقتصادية: أدلة أولية على جدوى الفرز الآلي الأولي	تركّز في التعليم العالي ومهام الكتابة، ومخاطر في الصدق والانحياز والخصوصية	لا بروتوكول مركّباً يوزع المساواة بين الأقران والأداة والمعلم بمقياس الصف الثانوي

4. الفجوة البحثية:

يُستخلص من المراجعة النقدية السابقة أن الفجوة البحثية مركّبة من أربع طبقات مترابطة:

فجوة المرحلة التعليمية: تكاد أدبيات إعادة تصميم مناهج البرمجة في عصر التوليد الآلي تنحصر في التعليم الجامعي (CS1 فما فوق)، بينما تُترك المرحلة الثانوية، وهي مرحلة تشكّل الحس البرمجي والميول المهنية، دون تأصيل نظري ولا نماذج تصميمية.

فجوة المستوى التحليلي: يغلب على الأدبيات المتاحة مستوى الأداة والواجهة والتمرين المفرد، ويغيب عنها مستوى المنهج بوصفه بنية متكاملة الغاية، من أهداف ومصفوفة كفايات وطرائق وتقييم، وهو المستوى الذي تشغل عليه هذه الورقة؛ كما يغيب عنها اقتصاد المعلم جاهزيةً وعبئاً بوصفه متغيراً بنوياً في قابلية أي نموذج للحياة.

فجوة التقييم المدرسي: نماذج التقييم الأصيل المقاوم للغش الذكي، كالمقابلات الشفهية ومراجعات الكود، مجرّبة بمنطق موارد الجامعة، ولا يوجد نموذج مكيف لاقتصاديات الصف المدرسي الثانوي.

فجوة السياق العربي: لا تكاد توجد دراسات تحليلية تفحص وثائق مناهج علوم الحاسب الثانوية في النظم العربية في ضوء تحول الوكلاء المستقلين، رغم أن هذه النظم تشهد استثمارات رقمية ضخمة تجعل السؤال ملحاً وقابلاً للتأثير في السياسات، مع تفاوت تحتها حاد داخل المنطقة الواحدة يجعل سؤال الإنصاف الرقمي جزءاً لا يتجزأ من سؤال إعادة الهندسة.

5. الإطار التشخيصي لتحليل وثائق المناهج القائمة:

استجابة للسؤال الفرعي الثالث، تستق الورقة من إطارها المفاهيمي أداة لتحليل المحتوى تتكون من أربع فئات، صُممت لتحويل الأطروحة النظرية، أي تصدع المنهج، إلى فحص وثائقي قابل للترميز والتكرار، ولتزويد جهات تطوير المناهج بمראה تشخيصية ذاتية:

الفئة الأولى: ميزان الكتابة والمراجعة، ويقوم على رصد التوزيع الكمي والنوعي لنواتج التعلم بين أفعال الإنتاج الكتابي للكود (يكتب، ينشئ، يبرمج) وأفعال المحاكاة والمراجعة (يقرأ نقدياً، ينتبّع، يقارن حلولاً، يكشف خللاً، يقيم جودة). ويُتوقع، استناداً إلى الخصائص البنوية الموثقة لمناهج المرحلة في الأدبيات (Becker et al., 2023; Denny et al., 2024a)، أن يكشف التطبيق اختلالاً حاداً لمصلحة الإنتاج الكتابي، مع حضور هامشي للمراجعة لا يتجاوز مهام "اكتشف الخطأ" النحوية القصيرة.

الفئة الثانية: حضور كفايات التفاعل التوليدي، وتقوم على فحص حضور نواتج تعلم صريحة في هندسة الأوامر وصياغة النية ومحاورة الأدوات التوليدية ومعايرة الثقة في مخرجاتها، أو غيابها. والفرضية التشخيصية هنا أن الغياب سيكون شبه تام في الوثائق المصاغة قبل عام 2023، وأن ما استجد بعدها يعالج الذكاء الاصطناعي موضوعاً معرفياً يُدرّس عنه (About AI) لا وسيطاً تُعاد هندسة الممارسة من خلاله (Through AI).

الفئة الثالثة: مقاومة منظومة التقويم للغش الذكي، وتقوم على تصنيف أدوات التقويم المنصوص عليها بحسب قابليتها للانتقال التوليدي: فمنها ما هو قابل بالكامل كالواجب البرمجي المنزلي غير المراقب، ومنها ما هو مقاوم بنيوياً كالدفاع الشفهي وترميم كود معطوب تحت الملاحظة والمهمة السياقية المحلية. والفرضية أن الوزن التقويمي الغالب سيقع في الفئة الأولى، بما يجعل فجوة الصدق التقويمي خاصة بنيوية في الوثيقة لا عرضاً طارئاً في التطبيق.

الفئة الرابعة: الافتراضات الضمنية عن طبيعة الممارسة، وتقوم على تحليل خطابي للاستعارات والأمثلة والسياقات المهنية المضمرّة في الوثيقة: هل تفترض مبرمجاً فرداً يكتب من الصفر برامج قصيرة معزولة، أم ممارساً يعمل داخل منظومة من كود قائم وأدوات وفريق ووكلاء؟ وهذه الفئة هي الأعمق تشخيصياً؛ لأن التصدع المتعلق بالغاية يسكن الافتراضات قبل أن يظهر في المفردات.

وتؤكد الورقة أن قيمة هذه الأداة مشروطة بتطبيقها الميداني المنضبط، عبر عينات وثنائية قصدية وترميز مزدوج ومعاملات اتفاق بين المحللين، على وثائق نظم بعينها، وفي مقدمتها النظم العربية، وهو ما تضعه الورقة في صدارة أجندتها البحثية المستقبلية؛ غير أن الاتساق بين الفرضيات التشخيصية الأربع وما توثقه الأدبيات من سمات عامة لمناهج المرحلة يمنح أطروحة التصدع البنيوي سنداً حجاجياً كافياً لتبرير إعادة الهندسة المقترحة في القسم التالي.

6. النموذج المقترح:

1.6. النموذج المفاهيمي: منظومة التعلم البرمجي المنسق (OPLE)

Orchestrated Programming Learning Ecosystem (OPLE)

يعيد النموذج تصور بيئة التعلم بوصفها منظومة بيئية رباعية الأقطاب تتوسطها حلقة التنسيق المعرفي، ويمكن وصف بنيته على النحو الآتي:

1.1.6. البنية الطوبولوجية للنموذج

القطب الأول: الطالب (المنسق المتدرج). يقع الطالب في مركز المنظومة لا في طرفها؛ فدوره ليس كاتب كود، بل منسق معرفي يتدرج عبر ثلاث مراتب: قارئ ناقد، ثم مراجع محاور، ثم مهندس موجّه. ويمارس على المساعد الذكي سلطتي التوجيه والمساءلة، في حين يخضع أمام المعلم لمساءلة الفهم والدفاع عن القرار.

القطب الثاني: المساعد الذكي (الشريك الخاضع للمساءلة). يدخل المنظومة بوصفه عاملاً معرفياً لا مرجعاً معرفياً؛ فهو مصدر توليد غزير، لكنه غير موثوق افتراضياً. وتتحدد صلاحياته منهجياً عبر عقد استخدام متدرج بحسب مرحلة التعلم: محظور في مهام تكوين الأساس، ثم مقيّد بالتفسير دون التوليد، ثم مفتوح بشرط التوثيق والمراجعة.

القطب الثالث: المعلم (مهندس المواقف وحكّم الفهم). يتحرر المعلم من دور الملقّن النحوي ودور كاشف الغش، ليتموضع في دورين أرقى: تصميم مواقف تعلم لا تُحل بالتوليد الخام، كالمسائل السياقية والأكواد المعطوبة عمداً والمقارنات المعمارية؛ وإدارة طقوس المساءلة المعرفية، كمقابلات مراجعة الكود وجلسات الدفاع الشفهي.

القطب الرابع: المنهج (البنية الحاكمة المتكيفة). يتحول المنهج من قائمة محتوى إلى دستور تفاعل: يحدد مصفوفة الكفايات الجديدة، وعقود استخدام المساعد في كل وحدة، ومعايير جودة الكود المقبول، وبروتوكولات التقييم الأصلي.

2.1.6. حلقة التدفق المركزية (دورة التعلم المنسّق)

تنظم التفاعلات بين الأقطاب الأربعة في دورة سداسية متكررة: يطرح المنهج عبر المعلم موقفاً مشكلاً سياقياً؛ فيصوغ الطالب النية الهندسية ويحولها إلى أمر موجّه دقيق؛ فيؤدّد المساعد حلاً مرشحاً أو حلاً متناقساً؛ فيمارس الطالب المراجعة النقدية من قراءة بنوية وتتبع منطقي واختبار حدّي وكشف لمواطن الهشاشة؛ ثم يحسّن الطالب الأمر أو الكود في حوار تكراري موثّق؛ وأخيراً يدافع الطالب أمام المعلم والأقران عن قراراته: لماذا قبل هذا الحل؟ وما بدائله؟ وأين قد ينكسر؟ ثم تُغذّى مخرجات الدفاع راجعاً في المنهج عبر حلقة تغذية راجعة تصحح المصفوفة ذاتها. وبهذا التصميم تصبح الشفافية التفاعلية، أي توثيق سجل الحوار مع المساعد باعتباره أثر تعلم يُقيّم، بديلاً بنوياً عن ثنائية السماح والحظر العقيمة.

2.6. النموذج التصميمي التدريسي: وَجّه – راجع – حَسّن – دافع (DRRD)

يترجم النموذج التصميمي المنظومة المفاهيمية إلى دورة صفية رباعية داخل المعمل المدرسي، تتكرر عبر وحدات المنهج بمستويات تعقيد متصاعدة:

وَجّه (Direct): يحلّل الطالب موقفاً مشكلاً سياقياً، كبيانات محلية أو حالة مدرسية واقعية، ويصوغ النية الهندسية في وثيقة أمر موجّه دقيقة تُقيّم بذاتها من حيث وضوح المتطلبات والقيود وحالات الحد. وتستثمر هذه المرحلة نمط مسائل الأوامر الموثق تجريبياً (Denny et al., 2024b) مع توسيعه من المسألة المغلقة القصيرة إلى الموقف السياقي المفتوح.

راجع (Review): يخضع الحل المؤدّد لبروتوكول مراجعة ملعن يشمل قراءة بنوية وتتبعاً يدوياً لمسارات التنفيذ وتصميم حالات اختبار كاسرة وكشف الهشاشة والدين التقني، وذلك فردياً أولاً ثم في مراجعة أقران متبادلة بمحكات مبسطة ملعنة وأدوار متناوبة بين مراجع ومدافع.

حَسّن (Refine): حوار تكراري موثّق مع المساعد لإصلاح ما كشفته المراجعة، مع سجل قرارات (Decision Log) يبرر كل قبول أو رفض؛ وهو أثر التعلم الأول في ملف الإنجاز، وتفعيل مباشر لتقنيات الاندماج المعرفي التي أثبتت أثرها في استعادة الفائد التعليمي (Kazemitabaar et al., 2025).

دافع (Defend): محطة مسائلة معرفية تتمثل في دفاع شفهي قصير من ثلاث إلى خمس دقائق أمام المعلم أو لجنة أقران، يُسأل فيه الطالب عن كوده: لماذا هذا الحل؟ وماذا لو تغير الشرط س؟ وأين ينكسر البرنامج؟ وذلك بمحكات تقييم ملعنة تقيس الفهم لا المنتج، امتداداً لمنهجية المقابلات القائمة على المصنوعات (Brennan & Resnick, 2012)، وصيغتها المعاصرة في مقابلات الكود (Kannam et al., 2025).

3.6. منظومة التقييم المقاوم للغش الذكي

تقوم هذه المنظومة على مبدأ ناظم واحد: تحويل النزاهة الأكاديمية من مشكلة كشف تقني خاسرة إلى خاصية بنوية في تصميم التعلم ذاته. وتتألف مصفوفة أدواتها من خمسة مكونات متكاملة:

1. تقييم العملية لا المنتج: يدخل سجل الحوار مع المساعد وسجل القرارات في درجة العمل، بمحكات ملعنة تقيس جودة المسائلة لا غزارة التوليد.

2. الدفاع الشفهي الدوري ومقابلات الكود المصغرة: بمنطق محطات متناوبة بالمعاينة يديرها معلم واحد لصف كامل على مدار العام، ويُفصّل اقتصادها التشغيلي في قسم المناقشة.

3. مهام الترميم بدل الإنشاء: كود معطوب عمداً، منطقياً أو أمنياً أو من حيث الأداء، يُطلب تشخيصه وإصلاحه؛ وهي مهام يضعف فيها التفوق الزائف للتوليد الخام.

4. مهام سياقية محلية غير قابلة للتعميم القالي، كبيانات المدرسة ومشكلات الحي، تُفشل الحلول الجاهزة وترتبط الكفاية بالواقع.

5. نوافذ كتابة يدوية محمية بلا أدوات، قصيرة ومركزة في المهارات التأسيسية، بوصفها تقييماً تكوينياً للحس البرمجي لا عقاباً، وترجمة عملية لعقود الاستخدام المتدرجة.

7. المناقشة:

1.7. مواءمة النموذج مع الأدلة التجريبية وحدوده

يستمد النموذج المقترح صدقه البنائي من اتساقه مع ثلاث كتل من الأدلة: فالفصل بين الوصول الخام والوصول المصمم تربوياً الذي وثقته دراسة Bastani وزملائه (2024) هو عين المنطق الذي تقوم عليه عقود الاستخدام المتدرجة ونوافذ الكتابة المحمية؛ وأدلة الاندماج المعرفي (Kazemitabaar et al., 2025) تسند مركزية مرحلتي "راجع" و "حسّن"؛ وأدلة جدوى التقييم الشفهي (Kannam et al., 2025) تسند مرحلة "دافع". غير أن حدود النموذج تستوجب الإفصاح عنها صراحة: فهو نموذج مفاهيمي تصميمي لم يخضع بعد للتحقق التجريبي الميداني بصيغته المتكاملة، وقابليته للتعميم مشروطة بتفاوت السياقات، وهو ما تتصدى له الأجندة البحثية الختامية. ويضاف إلى ذلك قيدان تشغيليان جوهريان تُكرّس لهما الورقة المحورين التاليين مناقشة نقدية ذاتية موسعة، وهما الفجوة الرقمية واقتصاد المعلم.

2.7. النموذج في مواجهة الفجوة الرقمية: نقد ذاتي وتكييفات منخفضة الموارد

من مقتضيات الأمانة المنهجية الإقرار بأن منظومة OPLE ودورة DRRD صيغتا، في تصورهما الأمثل، لبينة معمل مدرسي موصول بالإنترنت، تتاح فيه لكل طالب نافذة تفاعل مع مساعد توليدي، ويقف عليها معلم مدرب. وهذا التصور، إذا قُدم بوصفه شرطاً لا يقوم النموذج إلا به، يسقط في العمى السياقي الذي تحذر منه أدبيات تكنولوجيا التعليم النقدية، أي تصميم حلول لعالم لا يسكنه أغلب المتعلمين. فتقرير الرصد العالمي للتعليم (UNESCO, 2023) يوثق أن الحق في التعليم أصبح مرادفاً متزايداً للحق في الاتصال ذي المعنى، في حين لا تتجاوز نسبة مدارس المرحلة الثانوية العليا الموصولة بالإنترنت عالمياً نحو ثلثي المدارس، وتنخفض النسبة دون ذلك بكثير في المراحل الأدنى وفي الأرياف، مع فجوات ثروة حادة في امتلاك الأجهزة والاتصال المنزلي. ويكتسب هذا التحذير في السياق العربي خصوصية مضاعفة؛ فالمنطقة ليست كتلة رقمية واحدة، بل طيف يمتد من نظم خليجية ذات استثمارات رقمية ضخمة وبنى تحتية متقدمة إلى نظم مثقلة بالأزمات تعاني انقطاع الكهرباء ذاتها قبل الاتصال. وأي نموذج منهجي قومي يتجاهل هذا التباين يتحول عملياً إلى آلة لإعادة إنتاج اللامساواة: يمنح أبناء المدارس الموصولة كفايات المستقبل، ويترك الآخرين لمنهج الكتابة اليدوية بوصفه قدراً لا خياراً تربوياً.

وإلى جانب تحدي الاتصال، توجد ثلاثة قيود تشغيلية يوثقها دليل اليونسكو للذكاء الاصطناعي التوليدي في التعليم والبحث (Miao & Holmes, 2023) وإطار الكفاءات اللاحقان (UNESCO, 2024; Miao & Shiohira, 2024): أولها الكلفة، إذ إن الأدوات الأكثر قدرة تقف خلف اشتراكات مدفوعة تتجاوز طاقة الأسر والمدارس منخفضة الدخل، مما ينشئ طبقة أدوات داخل الصف الواحد؛ وثانيها حوكمة بيانات القُصّر، إذ تشترط الأدلة الدولية حداً أدنى عمرياً وضوابط موافقة وخصوصية صارمة قبل تعريض المتعلمين المراهقين لأنظمة تجمع بياناتهم وتُدرّب عليها؛ وثالثها الجاهزية المؤسسية، إذ لا تملك كثير من الوزارات حتى الآن سياسات معتمدة لاستخدام الأدوات التوليدية في التقييم المدرسي، فيعمل المعلم في فراغ تنظيمي يجعل أي مبادرة منه أشبه بمغامرة شخصية.

غير أن الاستنتاج الصحيح من هذه القيود ليس تعليق النموذج بانتظار اكتمال البنية التحتية، بل تصميمه من البداية بوصفه بنية متدرجة التجهيز (Infrastructure-Graduated Design) تحفظ جوهره التربوي عبر ثلاثة مستويات للتطبيق:

المستوى الأول: التطبيق غير الموصول (Unplugged DRRD). تقوم هذا المستوى على ملاحظة مفصلية مفادها أن أثقل مكونات النموذج معرفياً هي أخفها تقنياً؛ فمرحلة "وجه"، أي صياغة وثيقة النية الهندسية بمتطلباتها وقيودها وحالاتها الحدية، نشاط ورقي خالص يستمد قيمته من الانضباط التحليلي لا من الأداة. ويمكن ممارسة مرحلة "راجع" على ذخائر أكواد مولدة مسبقاً يعدها المعلم أو تعدّها الوزارة مركزياً وتُطبع أو تُوزع دون اتصال: أكواد حقيقية أنتجت مساعداً توليدية، بعضها سليم وبعضها معطوب بأخطاء كامنة نمطية، يتدرب الطلبة على قراءتها البنيوية وتتبعها اليدوي وتصميم حالات كسرهما. أما مرحلة "دافع" فشفهية بطبيعتها ولا تحتاج إلا إلى محكات معلنة. وبهذا يستطيع صف بلا إنترنت أن يبني الكافيتين المركزيتين، هندسة النية ومراجعة الكود، قبل أن يلمس أداة توليدية واحدة؛ بل إن في هذا التأجيل فضيلة تربوية توافق منطق عقود الاستخدام المتدرجة في النموذج ذاته.

المستوى الثاني: التطبيق منخفض الاتصال (Low-Connectivity DRRD). حيث يتوافر جهاز واحد أو بضعة أجهزة موصولة، يُعاد تنظيم الصف على نمط "المحطة التوليدية المشتركة": تعمل المجموعات على صياغة أوامرها ورقياً، ثم تتناوب على المحطة لتنفيذ التوليد في نوافذ زمنية قصيرة، وتعود بالمرجات المطبوعة أو المنسوخة إلى طاولاتها لممارسة المراجعة والتحسين. وهذا القيد التقني ينقلب مكسباً تربوياً؛ فندرة نوافذ التوليد ترفع كلفة الأمر الرديء، فتدفع الطلبة إلى استثمار أعمق في جودة الصياغة قبل التنفيذ، وهو عكس نمط الرش العشوائي للأوامر الذي تيسره الوفرة. كما يمكن توظيف نماذج لغوية مفتوحة صغيرة تعمل محلياً على أجهزة المعلم دون إنترنت، بما يعالج معاً قيدي الكلفة وخصوصية بيانات الفُصْر، وإن كان ذلك بمقايضة مقبولة في جودة التوليد تلائم، من حيث لا تُقصد، مستوى المهام المدرسية.

المستوى الثالث: التطبيق الكامل. وهو البيئة الموصولة الموصوفة في متن الورقة، مع ضابط إنصاف صريح: أن يكون الوصول إلى الأدوات موقراً مدرسياً وموحداً، لا متروكاً لاشتراكات الأسر، حتى لا يتحول تفاوت القدرة الشرائية إلى تفاوت في بنية الفرص التعليمية داخل الصف الواحد؛ وهو مبدأ إنصاف تُلحّ عليه أدبيات اليونسكو بوصفه شرط شرعية لأي إدماج للتقنية في التعليم العام (UNESCO, 2023).

ويترتب على هذا التدرج توصية سياساتية مركزية للنظم العربية: أن تُدرج في وثيقة المنهج المعاد هندسته مصفوفة تكافؤ وظيفي تحدد لكل كفاية في النموذج بدائل تحقيقها عبر المستويات الثلاثة، بحيث يُساءل النظام التعليمي عن الكفاية لا عن الأداة. وبهذا يتحول النموذج من مشروع نخبوي مشروط بالبنية التحتية إلى إطار وطني عادل قابل للتنفيذ المتفاوت السرعة الموحد الوجهة.

3.7. اقتصاد المعلم: العبء المعرفي والتشغيلي وبروتوكولات توزيع المساءلة

يواجه النموذج المقترح اعتراضاً عملياً لا يقل وجاهة عن اعتراض البنية التحتية: أنه يستبدل بعبء كشف الغش، الذي حرر المعلم منه، أعباءً أثقل: تصميم مواقف لا تُحل بالتوليد الخام، وإدارة محطات مساءلة شفهيّة دورية، وتقويم سجلات حوار وقرارات لكل طالب. وبحساب صريح، فإن صفّاً من ثلاثين طالباً يخضع كل منهم لدفاع شفهي واحد من ثلاث إلى خمس دقائق يستهلك ما بين حصتين وثلاث حصص كاملة لكل جولة تقييم، فضلاً عن زمن قراءة سجلات القرارات خارج الدوام. وإذا أضيف ذلك إلى نصاب تدريسي مرتفع أصلاً، صار النموذج، ما لم يُعالج اقتصاده، وصفاً لاحتراق المعلم أو لتطبيق شكلي يفرغه من مضمونه. ويتعمق الإشكال ببعده المعرفي؛ فالمعلم مطالب باتقان كفايات لم يُعدّ لها، كتوجيه الوكلاء ومحاكمة الكود المولّد وإدارة حوار سبر شفهي، وهي كفايات يضعها إطار اليونسكو (UNESCO, 2024) في مستوييه الثاني والثالث، أي التعميق والإبداع، بينما تقف جاهزة أغلب المعلمين عند عتبة المستوى الأول.

وتعالج الورقة هذا الاقتصاد عبر بروتوكول ثلاثي الطبقات لتوزيع المسألة المعرفية، ينظمه مبدأ ناظم واحد: يُفوّض الفرز ولا يُفوّض الحكم.

الطبقة الأولى: الأقران بوصفهم خط المسألة الأول. تُبنى مراجعة الأقران المتبادلة في صميم مرحلة "راجع" لا في هامشها، بمحكات مبسطة معلنة تشمل وضوح النية وتغطية الحالات الحدية ومواطن الهاشاشة المكتشفة، وبتناوب أدوار منضبط بين مراجع ومدافع. والمكسب هنا مزدوج: تخفيف كمي لعبء المعلم، وتعميق كفي للتعليم؛ إذ تجمع أدبيات مراجعة الأقران في تعليم البرمجة على أن الفائدة المعرفية الأكبر تعود على المراجع نفسه، لأن محاكمة عمل الآخر تدريب مباشر على الكفاية المركزية التي يستهدفها المنهج أصلاً. كما توفر تقارير الأقران للمعلم خريطة فرز أولية تحدد الأعمال والطلبة الأوج إلى تدخله المباشر.

الطبقة الثانية: المساعد الذكي مساعد فرز للمعلم (AI-Assisted Triage) في البيانات الموصولة، يُوظف المساعد التوليدي ذاته، بشفافية معلنة للطلبة، في الفرز الأولي: مسح سجلات القرارات لرصد أنماط دالة كالقبول المتكرر دون تعديل وغياب حالات الاختبار والتناقض بين السجل والكود النهائي، وتوليد أسئلة سبر مرشحة لجلسة الدفاع مشتقة من عمل كل طالب، واقتراح تصنيف أولي للأعمال بحسب حاجتها إلى تدقيق بشري. وتحاط هذه الطبقة بثلاثة ضوابط صدق صارمة تستجيب للقصور الموثق في أدبيات المحور الخامس: أولاً، لا تُستمد من مخرجات الفرز الآلي أي درجة نهائية، فالقرار التقويمي بشري حصراً بما يوافق مبدأ صون الفاعلية البشرية (UNESCO, 2024)؛ وثانياً، تُجهّل بيانات الطلبة قبل أي معالجة آلية صوناً لخصوصية القُصّر (Miao & Holmes, 2023)؛ وثالثاً، يُعامل الفرز الآلي بالمنطق ذاته الذي يَعلمه المنهج للطلبة، أي ثقة معايرة لا تسليم، فيتحول استخدام المعلم للأداة نفسه إلى نمذجة حية للكفاية التي يدرّسها، وإلى مسار نمو مهني عملي يترجم كفايات التوظيف التربوي في إطار اليونسكو من نص معياري إلى ممارسة يومية.

الطبقة الثالثة: المعلم حكماً بالعينة الدورية. يُعاد تصميم الدفاع الشفهي من حدث شامل يستنزف حصصاً متتالية إلى محطات متناوبة بالمعاينة: في كل أسبوع يخضع ثلث الصف أو رבעه لمقابلات مصغرة من ثلاث دقائق تُجرى بالتوازي مع عمل بقية المجموعات في مهامها، بحيث يمر كل طالب بثلاث إلى أربع جولات مسالة موزعة على الفصل الدراسي بدل جولة واحدة مكثفة. ويستند المعلم في اختيار بؤر السبر إلى مخرجات الطبقتين السابقتين، فيتحول زمنه النادر من التغطية الشاملة السطحية إلى التدقيق الانتقائي العميق. وتظل عشوائية جزئية في المعاينة شرطاً للصدق الرادع؛ فما دام كل طالب معرضاً للمسألة في أي جولة، يبقى أثر النموذج الوقائي من الغش قائماً دون كلفة المسألة الشاملة.

ويبقى شرطان للإسناد المؤسسي يخرجان عن سلطة المعلم الفرد، تتوجه بهما الورقة إلى مستوى السياسات: أولهما إعادة هندسة إعداد المعلم باشتقاق نسخة تخصصية لمعلمي علوم الحاسب من إطار اليونسكو (UNESCO, 2024) تجعل من إدارة دورة DRRD وبروتوكولات المسألة كفايات إلزامية في برامج الإعداد والتطوير المهني؛ وثانيهما الاعتراف بالكلفة الزمنية للتقييم الأصيل في احتساب الأنصبة التدريسية، إذ لا يستقيم مطالبة المعلم بتقييم يقيس الفهم بأدوات صُمم زمنها لتقييم يقيس المنتج. وبدون هذين الشرطين يظل أي بروتوكول، مهما بلغت أناقته التصميمية، تحملاً جديداً على كاهل الحلقة الأضعف في منظومة التغيير.

4.7. توترات أخلاقية وتربوية مصاحبة

إلى جانب المحورين السابقين، يستدعي التحول المقترح يقظة مستمرة تجاه ثلاثة توترات: الاعتمادية المفرطة، التي تعالجها بنية النموذج ذاتها من عقود استخدام متدرجة ونوافذ كتابة محمية ومحورية للمراجعة، لكنها تظل بحاجة إلى رصد طولي لأثرها في الحس البرمجي؛ وخصوصية بيانات القُصّر، التي توجب اعتماد أدوات موفّرة مؤسسياً بضمانات تعاقدية صريحة بشأن عدم التدريب على بيانات الطلبة، وتجهيل الهوية في كل معالجة آلية؛ وتكافؤ الفرص داخل الصف الواحد، الذي يقتضي أن تكون بنية التقييم عمياء

عن مصدر الأداة، سواء أكان اشتراكاً أسرياً متقدماً أم أداة مدرسية موحدة، بجعل موضوع القياس هو جودة المساءلة والحكم لا قوة المولد المستخدم، وهو ما تحققه بنوياً معايير تقييم العملية المعتمدة في المنظومة.

8. الخاتمة وأجندة البحث المستقبلي:

انطلقت هذه الورقة من مفارقة مقلقة: منهج صيغ لعصر ندرة الكود يُدرّس في عصر وفرة، ومتعلم يُعدّ لكتابة ما لم يعد يُكتب، ويُترك دون عُدّة لمساءلة ما بات يُؤلّد. وقد قدمت الورقة في مواجهة هذه المفارقة إسهاماً مزدوجاً: فعلى المستوى التأصيلي، أعادت قراءة إطار التفكير الحاسوبي (Brennan & Resnick, 2012) في ضوء التوليد الآلي، فكتفت أن كفايتي المراجعة ومساءلة الآلة امتداد تطوري لممارسات التركيب والتصحيح ومنظور التساؤل المؤصلة في الإطار، لا قطيعة معها، وذلك مسنوداً بإعادة إسقاط نقدية لتصنيف بلوم بوصفه أداة للتوزين التقويمي. وعلى المستوى التصميمي، قدمت منظومة OPLE الرباعية الأقطاب بحلقتها السداسية، ودورة DRRD الصفية، ومنظومة التقييم المقاوم للغش الذكي، والإطار التشخيصي الرباعي لتحليل وثائق المناهج، مع تكييفات متدرجة التجهيز وبروتوكول ثلاثي الطبقات لاقتصاد المعلم، يحفظان للنموذج قابليته للحياة في بيئات متفاوتة الموارد.

وتقترح الورقة أجندة بحثية مستقبلية تتوزع على أربعة مسارات:

أولها التحقق التصميمي الميداني عبر دراسات قائمة على التصميم (Design-Based Research) تختبر دورة DRRD في معامل مدارس ثانوية حقيقية عبر دورات تكرارية، مع مقارنات بين مستويات التجهيز الثلاثة.

وثانيها بناء أدوات القياس، بتطوير مقاييس سيكومترية للثقة المعاييرة وكفاءة مراجعة الكود لدى المتعلم المراهق، ومحكات مقننة لتقييم وثائق النية وسجلات القرارات.

وثالثها التطبيق الترميزي للإطار التشخيصي، عبر تحليل محتوى ميداني مزدوج الترميز لعينات قصدية من وثائق مناهج علوم الحاسب في نظم عربية مختارة، اختباراً للفرضيات التشخيصية الأربع وتزويداً لصناع القرار بخرائط تصدع وطنية.

ورابعها اشتقاق إطار كفايات معلم البرمجة، بتخصيص إطار اليونسكو (UNESCO, 2024) لمعلم علوم الحاسب الثانوي في نموذج التعلم المنسق، وتقويم برامج التطوير المهني المبنية عليه. وإلى أن تكتمل هذه المسارات، تظل الرسالة المركزية للورقة قائمة: إن أخطر ما يمكن أن تفعله النظم التعليمية اليوم ليس أن تخطئ في تفاصيل الإصلاح، بل أن تواصل، باطمئنان بيروقراطي، تدريس منهج يجيب بإتقان عن سؤال لم يعد أحد يطرحه.

9. المراجع:

Adoption of AI-coding assistants in programming education: Exploring trust and learning motivation through an extended technology acceptance model. (2025). Journal of Computers in Education. Springer.

AI IDEs or autonomous agents? Measuring the impact of coding agents on software development. (2026). Proceedings of the 2026 Mining Software Repositories Conference (MSR 2026, Mining Challenge).

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. Longman.

- Bastani, H., Bastani, O., Sungu, A., Ge, H., Kabakcı, Ö., & Mariman, R. (2024). Generative AI can harm learning. The Wharton School Research Paper / SSRN.
- Becker, B. A., Denny, P., Finnie-Ansley, J., Luxton-Reilly, A., Prather, J., & Santos, E. A. (2023). Programming is hard – or at least it used to be: Educational opportunities and challenges of AI code generation. Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE 2023), 500–506.
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association (AERA), Vancouver, Canada.
- Computer Science Teachers Association & AI4K12. (2025). AI learning priorities for all K-12 students. CSTA.
- Cui, Z. K., Demirer, M., Jaffe, S., Musolff, L., Peng, S., & Salz, T. (2025). The effects of generative AI on high-skilled work: Three field experiments with software developers. Management Science.
- Denny, P., Kumar, V., & Giacaman, N. (2023). Conversing with Copilot: Exploring prompt engineering for solving CS1 problems using natural language. Proceedings of SIGCSE 2023, 1136–1142.
- Denny, P., Prather, J., Becker, B. A., Finnie-Ansley, J., Hellas, A., Leinonen, J., Luxton-Reilly, A., Reeves, B. N., Santos, E. A., & Sarsa, S. (2024a). Computing education in the era of generative AI. Communications of the ACM, 67(2), 56–67.
- Denny, P., Leinonen, J., Prather, J., Luxton-Reilly, A., Amarouche, T., Becker, B. A., & Reeves, B. N. (2024b). Prompt Problems: A new programming exercise for the generative AI era. Proceedings of SIGCSE 2024.
- Gonsalves, C. (2026). Generative AI's impact on critical thinking: Revisiting Bloom's taxonomy. Journal of Marketing Education.
- Hazzan, O., & Erez, Y. (2025). Rethinking computer science education in the age of GenAI. In Computer Science Education in the GenAI Era. Springer.
- Higher Education Policy Institute. (2026). Student generative AI survey 2026. HEPI.
- Kam, M., Miller, C., Wang, M., Tidwell, A., Lee, I. A., Malyn-Smith, J., Perret, B., Tiwari, V., Kenitzer, J., Macvean, A., & Barrar, E. (2025). What do professional software developers need to know to succeed in an age of artificial intelligence? Proceedings of FSE Companion '25, 947–958.

- Kannam, S., Yang, Y., Dharm, A., & Lin, K. (2025). Code interviews: Design and evaluation of a more authentic assessment for introductory programming assignments. *Proceedings of SIGCSE 2025*.
- Kazemitabaar, M., Chow, J., Ma, C. K. T., Ericson, B. J., Weintrop, D., & Grossman, T. (2023). Studying the effect of AI code generators on supporting novice learners in introductory programming. *Proceedings of CHI 2023*, Article 455.
- Kazemitabaar, M., Huang, O., Suh, S., Henley, A. Z., & Grossman, T. (2025). Exploring the design space of cognitive engagement techniques with AI-generated code for enhanced learning. *Proceedings of ACM IUI 2025*, 695–714.
- Lau, S., & Guo, P. (2023). From "ban it till we understand it" to "resistance is futile": How university programming instructors plan to adapt as more students use AI code generation and explanation tools. *Proceedings of ICER 2023*, 106–121.
- Miao, F., & Holmes, W. (2023). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO.
- Miao, F., & Shiohira, K. (2024). AI competency framework for students. UNESCO.
- Prather, J., Reeves, B., Denny, P., Becker, B. A., Leinonen, J., Luxton-Reilly, A., Powell, G., Finnie-Ansley, J., & Santos, E. A. (2023). "It's weird that it knows what I want": Usability and interactions with Copilot for novice programmers. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 31(1).
- Rahe, C., & Maalej, W. (2025). How do programming students use generative AI? *Proceedings of the ACM on Software Engineering (FSE 2025)*.
- Reshaping undergraduate computer science education in the generative AI era. (2026). arXiv preprint.
- The rise of AI-native software engineering: Implications for practice, education, and the future workforce. (2026). arXiv preprint.
- UNESCO. (2023). Global education monitoring report 2023 - Technology in education: A tool on whose terms? UNESCO.
- UNESCO. (2024). AI competency framework for teachers (Miao, F., & Cukurova, M.). UNESCO.

جميع الحقوق محفوظة © 2026، الباحث/ أحمد بن مشوط بن مسعد الشمري، (CC BY NC 4.0)

Doi: <https://doi.org/10.52132/Ajrsp/v8.90.8>