Bibliometric Analysis of Information Processing Speed Assessment: Towards a Moroccan Computerized Version of the Coding-type test (c-SDMT-H)

https://doi.org/10.5281/zenodo.20969580

Abderrahim El Hourou
abderrahim.elhourou@usmba.ac.ma

Aicha Afarfar
aicha.afarfar@usmba.ac.ma

Faculty of Letters and Human Sciences Dhar EL Mehraz, Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Fes, Morocco

Received: 07/06/2026 Accepted: 26/06/2026 Published: 30/06/2026

Abstract

This study provides a bibliometric review of research on information processing speed assessment and addresses existing gaps by introducing a Moroccan computerized Symbol Digit Coding-type test (c-SDMT-H) designed for flexible use across different age groups. The review analyzed 346 English-language articles indexed in the Scopus database between 1988 and 2026 using the Bibliometrix package in RStudio and VOSviewer, following PRISMA guidelines. Findings indicate that the field reached a peak of paradigmatic maturity in 2021. On the psychometric level, the study proposes an advanced computational psychology framework grounded in mathematical psychology, moving beyond the limitations of Classical Test Theory (CTT) toward the Two-Parameter Logistic Item Response Theory (2PL-IRT) model. This approach enables highly precise measurement in milliseconds while reducing extraneous sources of variance. Drawing on extended mind theory, the study highlights new possibilities for computerizing executive function assessment and proposes future research examining the moderating role of generative artificial intelligence in the relationship between information processing speed, academic self-efficacy, and Psychological Capital (PsyCap).

Keywords: information processing speed, symbol digit coding-type test, [c-SDMT-H] test, computerized neuropsychological assessment

التحليل البيبليومتري لتقييم سرعة معالجة المعلومات: نحو تطوير النسخة المغربية المحوسبة لاختبار الرموز والأرقام (c-SDMT-H)

عبد الرحيم الهورو
abderrahim.elhourou@usmba.ac.ma

عائشة أفرفار
aicha.afarfar@usmba.ac.ma

كلية الآداب والعلوم الإنسانية، ظهر المهراز، جامعة سيدي محمد بن عبد الله، فاس، المغرب

الاستلام: 2026/06/07 القبول: 2026/06/26 النشر: 2026/06/30

ملخص

يهدف هذا البحث إلى تقديم مراجعة بيبليومترية لواقع تقييم سرعة معالجة المعلومات؛ مبرزا الفجوة البحثية فيه، بالتوازي مع الانفتاح على تطوير نسخة مغربية محوسبة لاختبار الرموز والأرقام(c-SDMT-H) والذي يتميز بمرونة تطبيقه عبر مختلف المراحل العمرية. استندت الدراسة إلى تحليل 346 مقالا من قاعدة Scopus باللغة الإنجليزية للفترة [1988-2026] باستخدام حزمة Bibliometrix المتاحة عبر بيئة RStudio وبرنامج VOSviewer وفق معايير PRISMA؛ حيث كشفت النتائج عن نضج باراديغمي بلغ ذروته عام 2021. وفي الجانب السيكومتري، قدمت الدراسة نموذجا تقنيا متطورا عبر علم النفس علم النفس الرياضي، متجاوزا قيود النظرية الكلاسيكية [CTT] إلى نظرية الاستجابة للمفردة [2PL IRT]؛ مما مكن من تحقيق دقة قياس متناهية بالمليثانية [ms] وعزل التباين الدخيل. وقد خلصت الدراسة إلى أن هذه المقاربة السيكومتقنية، التي تنهل من مقاربة الذهن الممتد، تفتح آفاقا جديدة لحوسبة الوظائف التنفيذية، وتؤسس لنموذج بحثي مستقبلي يتقصى أدوار الوساطة المعدلة لاستخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي بين سرعة معالجة المعلومات والكفاءة الذاتية الأكاديمية ضمن إطار الرأسمال النفسي (PsyCap).

الكلمات المفتاحية: سرعة معالجة المعلومات، اختبار الرموز والأرقام، اختبار [c-SDMT-H]، التقييم النفسي العصبي المحوسب

مقدمة

لقد غدا علم النفس العصبي المعرفي – في الحقبة الراهنة – مجالا سيكولوجيا خصبا وأكثر ديناميكية؛ يتركز اهتمامه حول استكشاف الهندسة المعرفية للذهن، وكيفية تجسدها من خلال التفاعلات المتبادلة بين الدماغ والجسد والبيئة. في صميم هذه الهندسة الوظيفية، تتبوأ سرعة معالجة المعلومات Information Processing Speed مكانة محورية بالغة الحساسية؛ بوصفها المورد المعرفي الذي يحدد كفاءة وسعة العمليات الذهنية الأخرى، من قبيل: الانتباه، والذاكرة العاملة (Manca et al., 2018)، القدرة على حل المشكلات، وغيرها من الوظائف التنفيذية (Chiaravalloti et al., 2022)؛ فهي بذلك تحتل مكانة نوعية في النماذج الافتراضية للنظام المعرفي؛ إذ تُعرف بالقدرة على تنفيذ المهام المعرفية بسرعة ودقة، تعكس الكفاءة المعرفية للفرد، تحت ضغط زمني محدد (Benedict et al., 2017;Costa et al., 2017). فمن منظور إبستمولوجي، لا تعد سرعة المعالجة مجرد متغير معرفي بسيط أو معزول؛ بل هي المحدد الأساسي لكفاءة التدفق المعرفي، إذ أنها بمثابة نهر يجسد مبدأ تضمين الوسع، فلا يقتصر أثرها على تسريع انتقال المعلومات، وإنما يتضمن في الآن نفسه توسيع الحيز الوظيفي المتاح لمعالجتها؛ فكلما تسارع جريانه اتسع ما يحمله من معلومات، وكلما تباطأ ضاقت القدرة الاستيعابية للنظام (Kail & Salthouse, 1994). وعليه، فإن فحص هذه السيرورة، يستلزم تطوير أدوات تقييمية، تتسم بأقصى درجات الصدق البنائي؛ لتفادي أي تداخل مع مهارات معرفية أو حركية أخرى (Gualtieri & Johnson, 2006; Sternin et al., 2019).

ومع التطور التكنولوجي المتسارع، يشهد مجال القياس النفسي العصبي ثورة علمية عميقة – على طريقة توماس كون Kuhn – تتمثل في الانتقال الجذري من أدوات القياس التقليدية المستندة إلى الورقة والقلم، نحو الاختبارات النفسية العصبية المحوسبة، والمنصات الرقمية التفاعلية (Parsons & Duffield, 2020) . وهو ما تحاول الدراسة البيبليومترية إبرازه من خلال وتيرة النشر العلمي المرتبط بالرقمنة المعرفية؛ مما يعكس توجها عالميا متسارعا نحو مكننة القياس المعرفي (Chen et al., 2023). إلا أن هذا التحول المنهجي ليس مجرد استبدال وسيط مادي بآخر تقني؛ بل هو دافع علمي يهدف إلى تعزيز الدقة القياسية، وعزل المتغيرات الدخيلة، لتأمين شروط تطبيق موحدة تقترب من الصفر في التباين الناجم عن شخصية الفاحص أو ظروف التطبيق المادية (Daniëls et al., 2020; Wojcik et al., 2019)، بالإضافة إلى رصد أزمنة الاستجابة بدقة متناهية تصل إلى مستوى الملي ثانية (Bauer et al., 2012; Wild et al., 2008).[ms]

وفقا لهذا؛ تبرز أهمية الدراسة عبر سد فجوة جغرافية ومنهجية، سيكشف عنها التحليل البيبليومتري لاحقا؛ حيث تعاني الأدبيات السيكومترية من ضعف بنيوي حاد لأبحاث سرعة المعالجة في الدول العربية أو حتى الإفريقية، وخاصة المغربية؛ مقارنة بنظيرتها الغربية. لذا، فإن توطين النسخة المغربية المحوسبة لاختبار الرموز يسهم في نقل البيئة السيكومترية المحلية من مرحلة استهلاك الأدوات التقليدية المستوردة إلى مرحلة بناء منصات رقمية ذكية، قادرة على قياس المؤشرات الحيوية المعرفية بدقة فائقة، تتلاءم مع خصوصيات البيئة المحلية (Dini et al., 2024; Vermeent et al., 2020)، وتوفير معايير وطنية دقيقة قادرة على تحسين جودة التشخيص والبحث العلمي (Ardila, 2005; Franzen et al., 2021).

فعلى الرغم من الاستقرار النظري لاختبارات سرعة المعالجة الورقية الكلاسيكية مثل اختبار نمط الرموز والأرقام، إلا أن الممارسة القياسية تواجه إشكالية منهجية معقدة؛ إذ تعجز النسخ الورقية عن عزل التباين غير المرتبط بالبناء المعرفي المقاس، حيث يختلط الأداء الخالص لسرعة الترميز بالعبء الحركي، وسرعة الرسم اليدوي، والتكامل أو التنسيق البصري الحركي (Wojcik et al., 2019; Costa et al., 2017)، فضلا عن تأثرها بالفروق الفردية في جودة الخط والجهد العضلي المبذول (Ashendorf et al., 2009; Strauss et al., 2006). علاوة على ذلك، يبرز رهان أثر التعلم المسبق كعائق في القياسات الطولية؛ فقد أثبتت الأبحاث أن الصياغات الورقية البديلة لا تضمن تحييد التعلم الإجرائي الذي يكتسبه المفحوص عند إعادة التطبيق (Hinton-Bayre & Geffen, 2005; Seo et al., 2024)؛ مما يؤدي إلى تضخم زائف في النتائج السيكومترية (Calamia et al., 2012). وفي المقابل، إن بعض التجارب الرقمية لاختبارات الترميز المحوسبة، كشفت عن تحديات موازية تمثلت في وجود تضخم غير مبرر في الدرجات المعيارية؛ نتيجة عدم ضبط قنوات الاستجابة الحركية ومعدل ثبات واجهة العرض واختلاف الأجهزة المستخدمة (Malarbi et al., 2025; O'Brien et al., 2022)، وهو ما يستدعي ضبطا برمجيا للبروتوكولات الرقمية (Cernich et al., 2007; Vermeent et al., 2022).

وتتضاعف هذه التحديات المنهجية عند محاولة تطبيق هذه الاختبارات في بيئات تعليمية أو إكلينيكية متنوعة؛ حيث تفرض الخصائص التقنية للأجهزة، مثل سرعة استجابة الشاشات اللمسية أو حساسية لوحات المفاتيح، متغيرا دخيلا قد يحجب القدرة الذهنية الحقيقية للمفحوص. إن هذا التباين التقني لا يُخِل بالصدق الظاهري للاختبار فقط؛ بل يمتد ليقوض الثبات عبر الزمن، خاصة في الدراسات الطولية التي تتطلب مقارنة أداء الفرد في فترات زمنية متباعدة باستخدام وسائط رقمية قد تختلف في مواصفاتها البرمجية. وبناء على ذلك، لم يعد الانتقال من الورقة والقلم إلى الشاشة مجرد عملية "رقمنة" للمثيرات؛ بل بات يتطلب إعادة بناء جذرية لآليات القياس، لضمان استقلالية النتائج عن الوسيط التقني المستخدم. ومن هنا، تبرز الحاجة الماسة إلى تطوير أدوات قياس رقمية تتسم بالمرونة المعايرة والقدرة على التحكم في زمن

الاستجابة بدقة الميلي ثانية، مع تقليل الاعتماد على المهارات الحركية التي قد تشوه تقدير سرعة المعالجة العامة. إن سد هذه الفجوة بين القياس التقليدي والتقنيات المعاصرة يمثل حجر الزاوية في بناء نماذج عصبية معرفية، أكثر دقة وتنبؤا بالقدرات الذهنية، في ظل التحول الرقمي المتسارع الذي يشهده مجال التقييم النفسي التربوي.

انطلاقا من رهان السيكولوجيا المعاصرة القائم على اعتبار أن الوسيط الحاسوبي يعد شريكا بنيويا؛ حيث يشكل الإيكولوجيا المعرفية للأداء، وليس مجرد وعاء محايد لنقل المادة التشخيصية (Gilbert ;Clark & Chalmers, 1998 et al, 2023)، يمتد الذهن ليتكامل مع الأداة الرقمية لتشكيل منظومة معرفية متكاملة (Heersmink, 2015; Risko & Gilbert, 2016)، فتتبلور بذلك إشكالية هذه الدراسة من خلال التحليل الببليومتري لكيفية تطور النشر في هذا الموضوع، مع تتبع الفروق المنهجية والسيكومترية بين البنى الورقية والمحوسبة ؛عبر إثارة الأسئلة البحثية التالية:

- كيف تتشكل بنية التعاون الدولي وشبكات الإنتاجية والتفاعل بين المؤلفين، وما هي ملامح الاستشهاد المرجعي المشترك وتطورها الزمني، وصولا إلى طبيعة التلازم المفاهيمي والتكتلات الفرعية وخريطة الكثافة لتمحور الحوسبة والتقييم الرقمي حول سرعة معالجة المعلومات خلال الفترة الممتدة ما بين [1988 - 2026]؟

- ما هو المسار الديناميكي الذي يصف نموذج دورة حياة المنشورات السنوية في هذا المجال المعرفي، وكيف يتحدد منحنى النمو التراكمي للإنتاج العلمي بما يتيح التنبؤ الدقيق بالاتجاهات المستقبلية لبارادايغم التقييم النفسي العصبي الرقمي؟

- إلى أي مدى تتجلى الفروق القياسية والإجرائية عند الانتقال من التقييم الورقي التقليدي (المعتمد على نظرية القياس الكلاسيكية CTT في رصد الدرجة الكلية)، إلى التقييم المحوسب القائم على هندسة نظرية الاستجابة للمفردة (2PL IRT) بنمذجتها اللوجستية؟

منهجية البحث

تعتمد هذه الدراسة على تصميم منهجي ثنائي الأبعاد مستمد من معايير PRISMA (2020)؛ يتأسس البعد الأول على تحليل ببليومتري Bibliometric Analysis يتجلى في تتبع الإنتاج العلمي المرتبط بسرعة معالجة المعلومات، وأدوات تقييمها؛ من أجل استكشاف المشهد العلمي المعاصر حول هذا الموضوع، وتطوره التاريخي. بينما يرتكز البعد الثاني على فحص الفروق السيكومترية بين النسخ الورقية التقليدية Paper-and-Pencil Versions والنسخ المحوسبة (وتحديدا النسخة المغربية المحوسبة لاختبار الرموز والأرقام c-SDMT-H) بإبراز خصائصها السيكوتقنية.

لتحقيق هذين الهدفين، تم إجراء مسح ببليومتري شامل باستخدام قاعدة بيانات Scopus كمنصة مرجعية أساسية؛ نظرا لتغطيتها الواسعة للمجلات العلمية المفهرسة Indexed Journals ذات التأثير العالي في تصنيفات العلوم العصبية، علم النفس، الطب، علوم الحاسوب، والعلوم الإنسانية والاجتماعية؛ حيث جرى تنفيذ عملية البحث لتغطية الإنتاج الأكاديمي المنشور على مدى قرابة أربعة عقود، وتحديدا في الفترة الممتدة ما بين [1988 - 2026]. ولتحقيق أقصى درجات الدقة والشمولية وتفادي الانحياز، تمت صياغة معادلة بحث متقدمة Advanced Search Query بالاعتماد على الروابط المنطقية البوليانية Boolean Operators لتغطية الكلمات المفتاحية في العنوان، المستخلص، والكلمات المفتاحية المعتمدة Title-Abstract-Key. فأسفرت عملية الاستعلام الأولية المنفذة بتاريخ 08 ماي 2026 ضمن مرحلة التحديد Identification عن استرجاع ما مجموعه (400) وثيقة علمية، كقاعدة بيانات أولية خاضعة للفحص والتصفية.

```
Title-ABS-KEY ( ( "Information Processing Speed" OR "Processing Speed" OR "Mental Chronometry" OR "Reaction Time" ) AND ( neuropsycholog* OR cognit* OR psychometr* OR neurocognit* OR "clinical assessment" ) AND ( "Symbol Digit Modalities Test" OR SDMT OR "Digit Symbol Coding" OR "Trail Making Test" OR TMT OR "Stroop Test" OR Wechsler OR "Sternberg Task" OR "Sternberg paradigm" ) AND ( "paper-and-pencil" OR "paper based" OR "pencil-and-paper" OR computerized OR "computer-based" OR CNAD* OR "digital biomarker*" ) ) AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA,"MEDI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA,"PSYC" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA,"NEUR" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA,"COMP" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA,"SOCI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA,"ARTS" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE,"ar" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE,"English")).
```

تماشيا مع الممارسات المنهجية الموصى بها في تقارير المراجعات المنهجية والتحليلات الببليومترية، خضعت العينة المحددة إلى عملية الفحص والتصفية Screening ثم عملية الأهلية Eligibility لمعايير الاستبعاد والإدراج المنتظمة على مراحل متتالية: أولا، تم حصر نطاق البحث في المؤلفات المنشورة باللغة الإنجليزية كمعيار موحد للتحليل المقارن؛ مما أدى إلى استبعاد (5) وثائق صيغت بلغات أخرى. ثانيا، تم تطبيق معيار استبعاد أوراق المؤتمرات والتقارير الثانوية؛ لحصر العينة في المقالات البحثية الأصيلة، المنشورة في المجلات المفهرسة، وهو ما أدى إلى استبعاد (48) وثيقة؛ لتستقر العينة المستخرجة والجاهزة للتطوير البرمجي عند (347) مقالة.

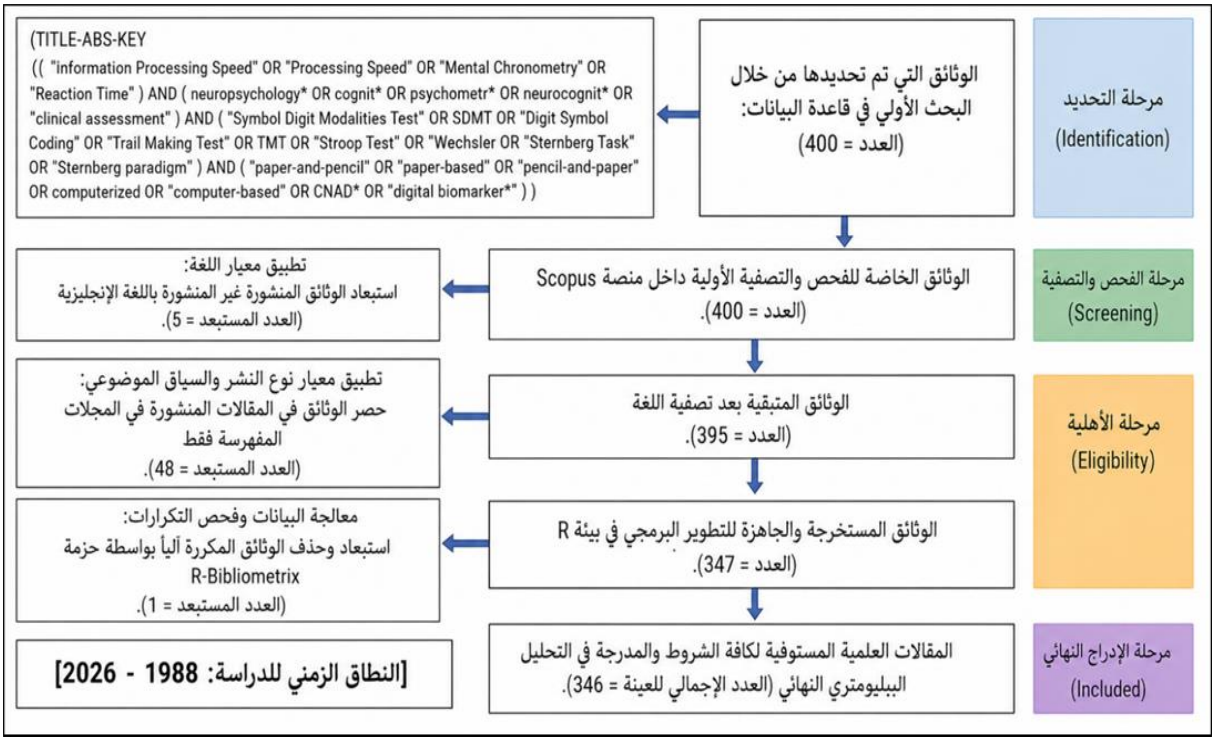
عقب الانتهاء من فحص وتصفية البيانات داخل قاعدة Scopus، تم استيراد الملفات بصيغة (BibTeX) و(CSV) لضمان دقة البيانات المتعلقة بأسماء المؤلفين، الكلمات المفتاحية، الاستشهادات المرجعية، والانتماءات المؤسساتية. تبع ذلك إجراء عملية الحوسبة الإحصائية المفتوحة المصدر RStudio، باستخدام الحزمة المتقدمة المخصصة للتحليل الببليومتري الشامل Bibliometrix Biblioshiny لضمان سلامة التحليلات الإحصائية وتجنب التكرار؛ حيث خضعت البيانات المستوردة لعملية تنظيف Data Cleaning، أسفرت عن حذف وثيقة مكررة. وبناء على هذه التصفية والفرز في مرحلة الإدراج النهائي Included، استقرت العينة المرجعية المعتمدة بصفة قطعية عند (346) مقالا علميا أصيلا مستوفيا لكافة الشروط والمحددات المنهجية، وفقا لما هو موضح في الشكل 1.

كما استندنا في المستوى الببليومتري إلى نهج مزدوج يجمع بين التحليل الوصفي الكمي لتطور الإنتاج العلمي عبر الزمن، والتحليل النوعي القائم على "الارتباط الببليوغرافي" (Bibliographic Coupling) و"التحليل المشترك للكلمات" (Co-word Analysis)؛ بهدف الكشف عن البنية المعرفية للموضوع؛ وذلك باستخدام برنامج VOSviewer الذي مكننا من استكشاف شبكات التعاون العلمي، المرجعيات التأسيسية، وتحليل التلازم المفاهيمي (من الشكل 2 إلى الشكل 11)، إلى جانب حزمة Bibliometrix لنمذجة دورة حياة المنشورات والتنبؤ بالاتجاهات المستقبلية للإنتاج العلمي في الموضوع(الشكلان 12 و13). أما على المستوى التقني، فقد تأسس منطق تطوير النسخة المغربية المحوسبة على الانتقال المنهجي من قيود نظرية CTT في النسخ الورقية التقليدية Paper-and-Pencil Versions إلى نظرية IRT المعززة بالتقييم المحوسب، مع الاحتفاظ بالأسس المنهجية – المتعلقة بطبيعة الترميز – التي أرساها هينتون وجيفن Hinton-Bayre & Geffen (2005) مدعومة بنماذج علم النفس الرياضيّ Mathematical Psychology، ونظريات علم النفس النقدي Critical Psychology، علم النفس عبر الثقافي Cross-Cultural Psychology، إلى جانب علم النفس السيبيراني Cyberpsychology.

بناء على ذلك، تتبنى دراستنا معايير تتمثل في تحليل التكافؤ القياسي، وفحص الخصائص السيكوتقنية للنسخة المغربية المحوسبة؛ لضمان اتساق النتائج وموثوقيتها، بغية سد الفجوة المنهجية، عبر توطين أداة قياس رقمية تتوافق مع البيئة العربية، مع الحفاظ على المعايير الصارمة للتقييم النفسي العصبي.

شكل 1

مخطط تدفق البيانات PRISMA (2020) لمراحل فرز المقالات العلمية المتعلقة بموضوع الدراسة

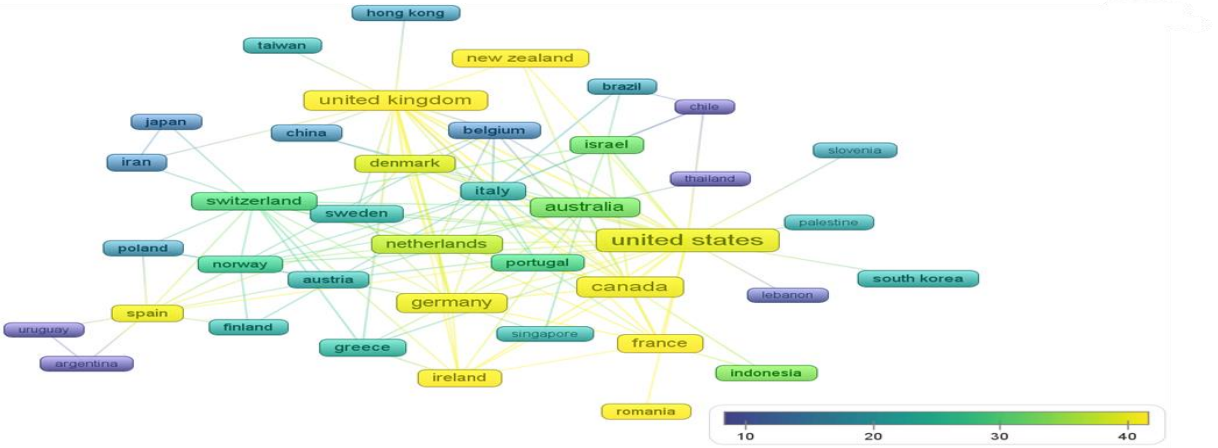


نتائج البحث

التحليل البيبليومتري لحركية النشر العلمي حول تقييم سرعة معالجة المعلومات

شكل 2

شبكة التعاون الدولي في أبحاث سرعة معالجة المعلومات وتقييمها باستخدام برنامج VOSviewer

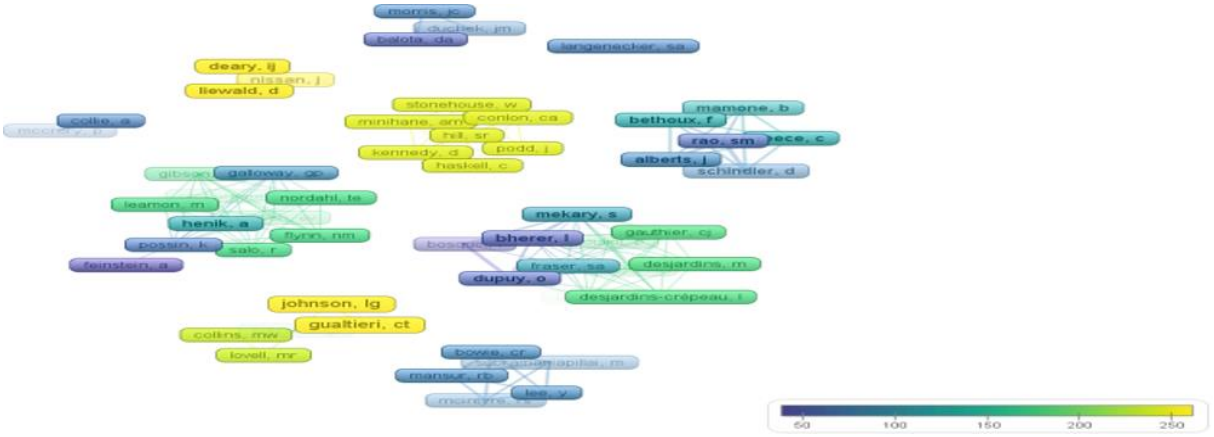


تُظهر نتائج التحليل البيبليومتري المستخلصة من الشكل 2 تركيزا جليا للإنتاج العلمي في أقطاب جغرافية محددة؛ حيث تهيمن الولايات المتحدة United States، المملكة المتحدة United Kingdom، كندا Canada، وألمانيا Germany على مركز شبكة التعاون الدولي Collaboration Network؛ وقد يعزى هذا التمركز البصري إلى تظافر عدة عوامل موضوعية، يأتي في مقدمتها الأسبقية التاريخية لهذه الدول في مأسسة تخصصات علم النفس العصبي والعلوم المعرفية، بالإضافة إلى ضخامة التمويل الموجه لمختبرات البحث والتطوير التقني. كما يلعب عامل اللغة دورا مؤثرا في هذا الظهور؛ كون النشر باللغة الإنجليزية يمثل المعيار السائد للاندماج في قاعدة بيانات Scopus، وهو ما يمنح تفوقا بنيويا للباحثين الناطقين بهذه اللغة، ويجعل المعايير القياسية لاختبارات مثل اختبار الرموز والأرقام Symbol Digit Modalities Test تتمركز حول بيئات بيوسيكوثقافية ولغوية محددة.

وفي مقابل هذا الزخم الغربي، تبرز فجوة معرفية وجغرافية تتمثل في ضعف تمثيل السياق العربي أو الإفريقي؛ وهي فجوة تعبر بشكل أساسي على إشكالية الظهور الرقمي في القواعد المرجعية الدولية. فمن الناحية البنيوية، تكشف روابط الشبكة عن تباين واضح في خطوط الزمن؛ إذ تبرز الدول المحورية باللون الأصفر الفاتح، لتشير إلى قيادتها لحركة النشر الحديثة والمستمرة؛ مما يعكس استدامة الزخم البحثي في هذه الأقاليم، وتطويرها المستمر لأدوات التقييم المعرفي الرقمي بما يتوافق مع المتغيرات البحثية المعاصرة. ويكشف المقياس الكمي Scale للشبكة عن تفاوت حاد في قوة الرابطة Link Strength؛ إذ تقترب الدول المركزية من سقف الإنتاجية (نحو الرقم 40)، وهو ما يظهر جليا في التدرج اللوني الداكن Yellowish Design الذي يوضح أقطاب النشر الدولي، مشيرا إلى حداثة واستمرارية تأثيرها في هذا المجال. وفي المقابل، إن انحسار التمثيل الجغرافي للدول العربية وشمال إفريقيا عند المستويات الدنيا لهذا المقياس (بالقرب من الصفر) يؤكد أن هذا السياق لا يزال يمثل أرضا بحثية بكر في قاعدة بيانات Scopus؛ مما يعزز من قيمة الدراسة الحالية كقوة دفع علمية تسعى لرفع مؤشر الظهور الوطني في هذه الشبكة العالمية.

شكل 3

شبكة الإنتاجية والتعاون بين أبرز مؤلفي أبحاث سرعة معالجة المعلومات [1988-2026] باستخدام برنامج VOSviewer



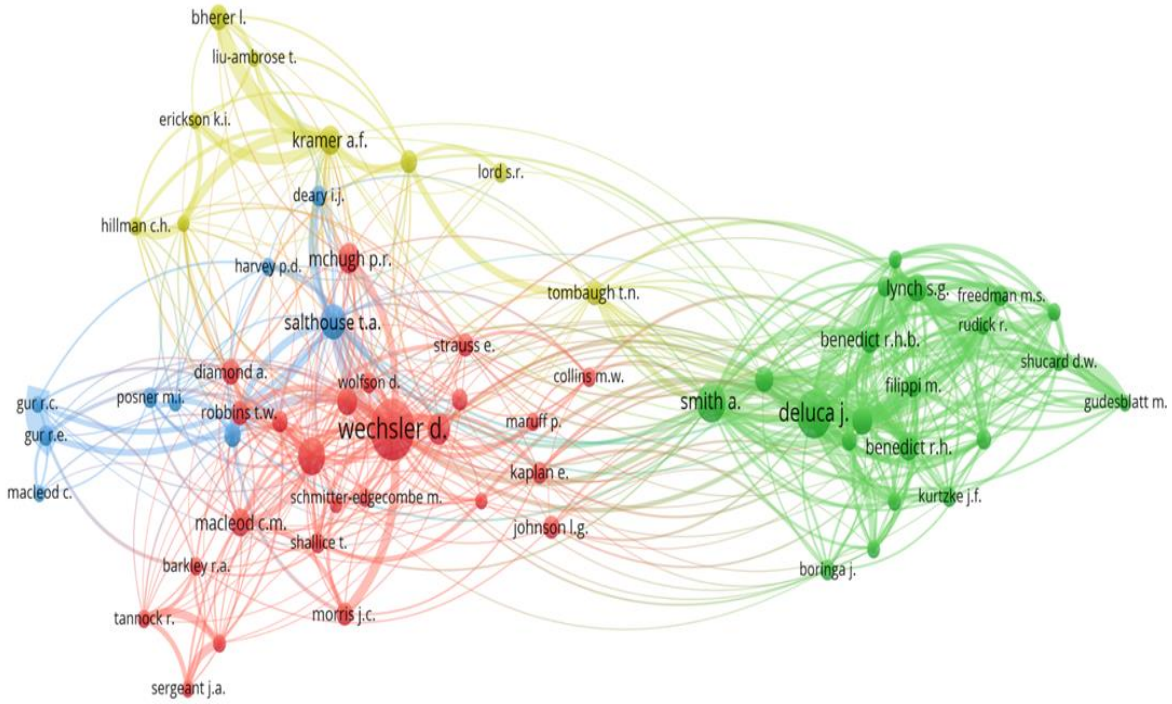
تظهر نتائج التحليل البيبليومتري المستخلصة من الشكل 3 البنية الفكرية والاتصالية لأبرز المؤلفين الذين شكلوا النواة الصلبة لعينة الدراسة الحالية؛ حيث تم اختيار هؤلاء الباحثين بالاعتماد على معيار فرز بيبليومتري مزدوج، يضمن الموازنة بين غزارة الإنتاج والأثر العلمي في قاعدة بيانات Scopus؛ إذ تم ضبط الحد الأدنى لإنتاجية الباحث عند عتبة 3 مقالات على الأقل [Minimum Documents = 3]، مقترنا بشرط بنيوي صارم يستوجب حصول المؤلف على 12 استشهادا كحد أدنى [Minimum Citations = 12]؛ لضمان أهلية الظهور في الشبكة. وقد أسفرت هذا الفرز المنهجي عن استخلاص شبكة تعاون دولية تتسم بالتباين في أحجام عقدها وأوزانها البنيوية، مع تنقيتها تماما من العقد الهامشية أو منخفضة الأثر العلمي.

ومن الناحية البنيوية، تكشف العلاقات البينية داخل الشبكة عن تمايز حاد في حجم التأثير؛ إذ تبرز الأقطاب البحثية المهيمنة، والتي تمثل المرجعيات الإنتاجية الكبرى في صدارة المشهد البيبليومتري، حيث سجل أعلى باحث أثرا علميا ذروة استشهادات بلغت 403 استشهادات، يليه قطب موازن بـ 372 استشهادا، إلى جانب أقطاب محورية أخرى تراوحت قيمها العليا بين 320 و264 و253 استشهادا. وتتوزع هذه العقد الكبرى عبر تكتلات بيبليومترية مترابطة؛ مما يعكس قيادتها لحركة النشر، واستقرار مطارحاتها المنهجية في تطوير وتطبيق بروتوكولات قياس سرعة معالجة المعلومات والوظائف التنفيذية.

كما يكشف المقياس الزمني المتواجد أسفل الشبكة عن تفاوت جوهري في الطابع الزمني لإنتاجية العقد؛ إذ تتمركز الأقطاب البحثية الأكثر نشرا باللون الداكن كقاعدة تاريخية صلبة، في حين تبرز الأقطاب الحديثة والناشئة باللون الأصفر الفاتح لتشير إلى قيادتها لحركة النشر المعاصرة؛ فيعكس بذلك هذا التوزيع ظهور عقد بحثية تمتلك غزارة في الإنتاج (3 مقالات فما فوق) ولكن بقيم استشهادات ناشئة تتجاوز العتبة المطلوبة بقليل وتقترب من 17 و16 استشهادا؛ مما يثبت استدامة الزخم البحثي وتوجهه المتسارع، نحو حوسبة بروتوكولات التقييم المعرفي الرقمي في السنوات الأخيرة.

شكل 4

شبكة الاستشهاد المرجعي المشترك بين المؤلفين



تعد شبكة الاستشهاد المرجعي المشترك بين المؤلفين بمثابة السجل الجنيني للبنية الفكرية التي يستند إليها الحقل البحثي؛ إذ تختلف بنيويا عن خرائط التلازم في أنها لا ترصد المفاهيم، بقدر ما تكشف عن الأصول المعرفية والمرجعيات العلمية المشتركة التي يعتمد عليها الباحثون في بناء أطرهم النظرية والمنهجية. وتُظهر نتائج التحليل المستخلصة من الشكل 4 تمايزا واضحا بين تكتلات علمية مترابطة أسهمت في تشكيل حقل لتقييم النفسي العصبي؛ حيث تعكس الخريطة بنية معرفية تتوزع بين المرجعيات التأسيسية Foundational Authorities التي أرست القواعد الكبرى للتخصص، وتشغل غالبا المواقع المركزية داخل الشبكة، والمؤلفين النشيطين Active Authors الذين يمثلون الامتدادات البحثية المعاصرة المتوزعة ضمن التكتلات المحيطة. كما تتصدر الشبكة أسماء علمية وازنة، في مقدمتها Wechsler, D. و.Deary, I.J، اللذان يمثلان ركائز مرجعية ذات تأثير مستمر في أدبيات قياس القدرات المعرفية والذكاء. ويعكس تمركزهما داخل الشبكة وكثافة الروابط المتصلة بهما المكانة المعرفية التي تحتلها أعمالهما في الحقل، بما يجسد إحدى خصائص تطور العلم المتمثلة في التراكم المعرفي واستمرار تأثير الأعمال المؤسسة في توجيه الأبحاث اللاحقة. وفي هذا السياق، لا تتقدم المعرفة العلمية عبر القطيعة التامة مع الماضي، بل عبر إعادة توظيفه وتوسيعه وإعادة تفسيره في ضوء أسئلة وسياقات جديدة.

وعلى الجانب الآخر، يبرز عدد من الباحثين المعاصرين داخل التكتلات الخضراء والصفراء المحيطة، ممن أسهموا في نقل المرجعيات النظرية إلى تطبيقات عملية واختبارات متخصصة. وتكشف الروابط الاستشهادية التي تربطهم بالمراجع الأصيلة، عن استمرارية التأثير العلمي بين الأجيال البحثية المختلفة؛ حيث تخضع الأطر النظرية لاختبارات متجددة في ضوء التحولات الرقمية والتربوية والعيادية. ومن ثم، فإن قيمة الشكل 4 لا تكمن فقط في إظهار المؤلفين الأكثر تأثيرا؛ بل في إبراز التفاعل العلمي المستمر بين التأسيس النظري والتطوير التطبيقي. وتضع الدراسات المعاصرة نفسها داخل سلسلة استشهادية متصلة؛ إذ يستحضر الرواد لتدعيم الأسس السيكومترية للاختبارات، مثل اختبار SDMT، في حين تستحضر الأدبيات الحديثة لتبرير المستجدات المنهجية المرتبطة بالتقييم المحوسب والتطبيقات الرقمية؛ وبهذا المعنى، تبدو الشبكة فضاء لتراكم المعرفة وإعادة إنتاجها أكثر من كونها مجرد بنية تقنية للعلاقات الاستشهادية.

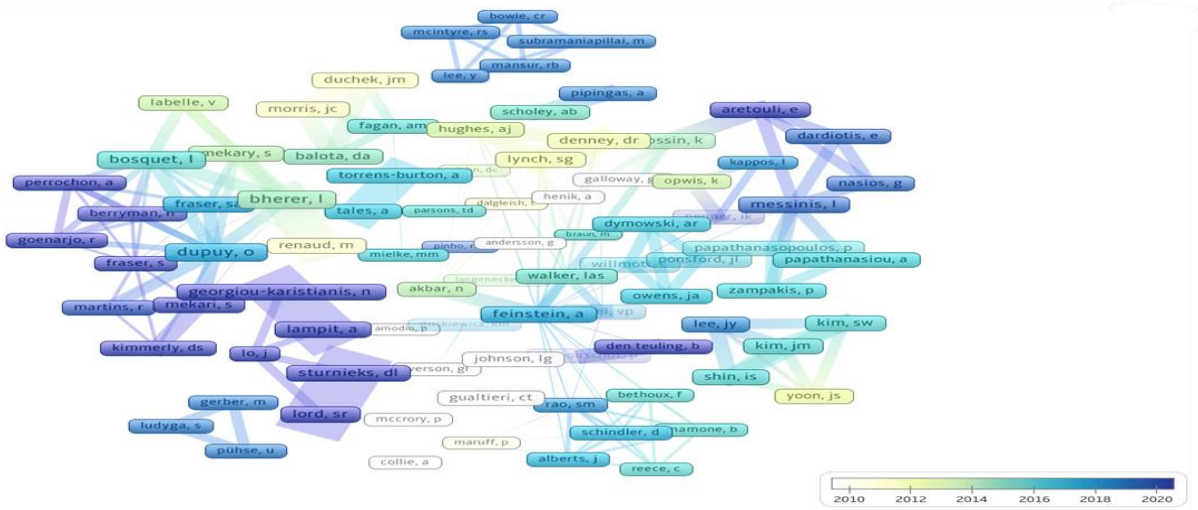
كما يكشف المقياس الزمني أسفل الشبكة عن تفاوت في أنماط الاستدعاء المرجعي؛ إذ تمثل العقد الأقدم الجذور المنهجية للتخصص، بينما تشير العقد الأحدث إلى اتجاهات بحثية تسعى إلى إعادة توظيف تلك المرجعيات في سياقات معاصرة. ويعكس هذا الامتداد الزمني استمرارية الحقل العلمي وقدرته على التجدد دون الانفصال عن أسسه النظرية.

ومن زاوية جغرافية، تظهر هيمنة واضحة للإنتاج العلمي المنتمي إلى الفضاءات البحثية الغربية، بما يعكس تمركز البنية المرجعية للتخصص داخل أطر ثقافية ولغوية محددة. ويكشف ذلك عن محدودية حضور السياقات العربية والإفريقية، ولا سيما المغربية، ضمن تيار الاستشهادات العالمية في هذا المجال. ومن ثم، تكتسب الدراسة الحالية أهميتها الاستراتيجية من خلال توطين النسخة المغربية المحوسبة Computerized Version وربط السياق المحلي بمراكز

الإنتاج العلمي الدولية، بما يسهم في تطوير معايير وطنية National Norms أكثر ملاءمة للخصوصيات السوسيوثقافية المغربية، ويعزز توظيف المؤشرات الحيوية الرقمية Digital Biomarkers في الممارسة السيكولوجية.

شكل 5

التطور الزمني لشبكة التعاون والإنتاجية بين أبرز مؤلفي أبحاث سرعة معالجة المعلومات [1988-2026]

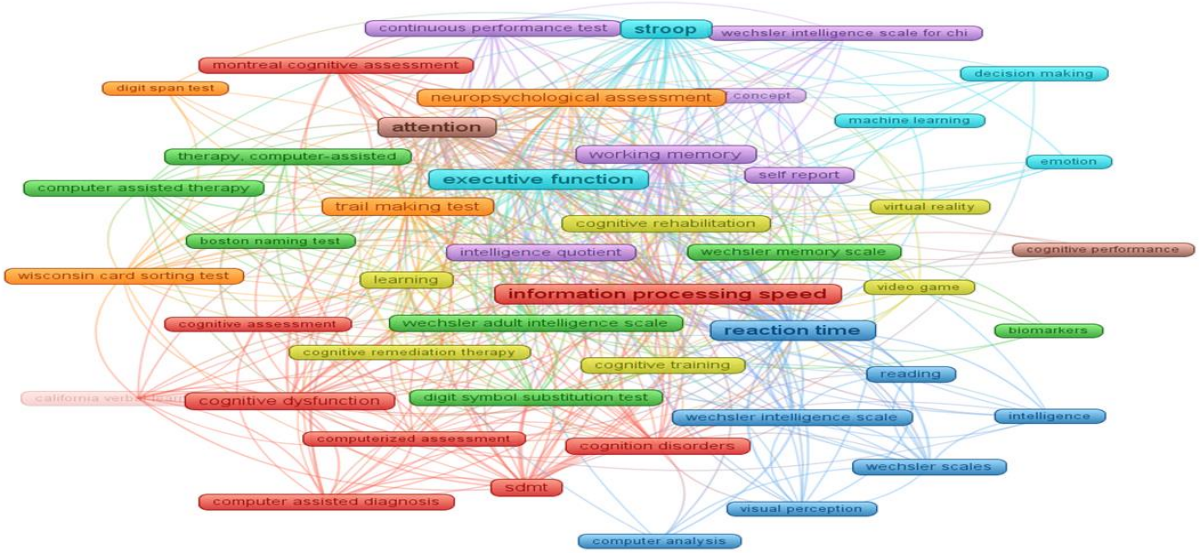


يكشف التحليل البنيوي القائم على البعد الزمني في الشكل 5 عن مسار تحولي جلي في الاهتمامات المنهجية لحقل تقييم سرعة معالجة المعلومات؛ إذ يعكس التدرج اللوني الممتد في المقياس أسفل الخريطة حركة انتقال المفاهيم عبر الأجيال البحثية. وتتمركز في عمق الشبكة الأقطاب التاريخية التي تظهر باللون الأزرق الداكن والبنفسجي، ويمثل هؤلاء الباحثون(مثل Georgiou-Karistianis, N.، Feinstein, A.، Balota, D.A.) الركيزة التأسيسية التي قادت حركات النشر الكثيفة في الفترة الممتدة من سنة 2010 وما قبلها؛ حيث انصب تركيزهم المنهجي على مأسسة المعايير القياسية الكلاسيكية للاختبارات الفسية العصبية. وفي المقابل، يكشف المنحنى الزمني للشبكة عن طفرة نشر حديثة تتجه بقوة نحو الأطراف الهيكلية والخارجية، حيث تبرز العقد البحثية باللون الأخضر الفاتح ثم الأصفر الفاتح لتغطي الفترة ما بعد عام 2018 وصولا إلى السنوات الأخيرة. وتقود هذا التحول المعاصر مجموعات مرنة، مثل تكتل الباحثين Bherer, L. و.Mekary, S، بالإضافة إلى العقد الطرفية مثل Yoon, J.S. و Kim, J.M.؛ حيث يمثل هؤلاء الباحثون جيل التطوير الإجرائي الراهن. ولم يعد الاهتمام البحثي الحديث مجرد تكرار للمقاربات التقليدية؛ بل تحول بنيويا نحو اختبار صمود كفاءة سرعة معالجة المعلومات Information Processing Speed في سياقات مستحدثة؛ أبرزها فحص المؤشرات الحيوية الرقمية Digital Biomarkers، وتأثير الأنماط الحياتية والرياضية على المرونة المعرفية، والتحول الشامل نحو أدوات التقييم المعرفي الرقمي المحوسب Computerized Cognitive Assessment.

إن هذا التدفق الزمني من المركز التقليدي الداكن إلى الأطراف المحوسبة الفاتحة يثبت أن الحقل المعرفي يمر بمرحلة النضج المفاهيمي Conceptual Maturity، وينتقل متسارعا نحو الرقمنة. ومن هنا، يجد بحثنا تموقعه الاستراتيجي في هذه الشبكة؛ إذ لا يضع نفسه في معزل عن الأصول التاريخية الزرقاء، بل يمتد كحلقة وصل مباشرة مع الديناميكية الزمنية الصفراء الحديثة. ويسعى البحث من خلال بناء النسخة المغربية المحوسبة Computerized Version وتوطينها إلى سد الفجوة الزمنية والجغرافية، ونقل سياق دراسات شمال إفريقيا أو الأبحاث العربية، إلى جبهة النشر العالمية.

شكل 6

شبكة التلازم المفاهيمي وحركية الحقل المعرفي لأبحاث سرعة معالجة المعلومات [1988-2026]



تكشف نتائج التحليل البنيوي المستخلصة من الشكل 6 عن خريطة الحضور المفاهيمي والتلازم المصطلحي لثنائيات وعناقيد البحث العلمي؛ حيث يتم فك تشفير هذا النسق السيميائي عبر تفكيك النواة الصلبة والامتدادات الهامشية. وتتخذ الشبكة بنيويا مظهر تكتلات لونية كثيفة، تتداخل روابطها لتشكل الهيكل المعرفي للتخصص، كما تبرز في مركز الثقل العقدة الأكثر ضخامة وكثافة في الروابط الكلية، وهي سرعة معالجة المعلومات، بوصفها الدال المركزي والمحرك الرئيسي الذي يربط الشتات المفاهيمي لبقية العقد، ويعكس تعقيدا هندسيا يبرز الطبيعة البينية Interdisciplinary للبحث العلمي الحديث حول الوظائف التنفيذية. فلا يقف هذا المصطلح كمتغير معزول، بل يعمل كعقدة مركزية تربط بين مقاييس الأداء المعرفي التقليدية والمحوسبة؛ إذ يكشف التشابك الكثيف بين هذا المصطلح ومفاهيم مثل: الوظائف التنفيذية، الانتباه، والذاكرة العاملة أن السرعة المعرفية تعتبر المتغير المستقل الأساسي الذي يفسر التباين في الوظائف التنفيذية، وهو ما يفسر الارتباط الإحصائي والمفاهيمي القوي مع مقاييس كلاسيكية، مثل مقياس وكسلر لذكاء البالغين Wechsler Adult Intelligence Scale واختبار تتبع المسار Trail Making Test، لتتحول هذه الاختبارات التي كانت تعتبر تقليديا أدوات للتقييم الإكلينيكي للذكاء، تستخدم الآن في البحث التربوي كأدوات لرصد الكفاءة الذاتية الأكاديمية والقدرة على معالجة المعلومات المعقدة أثناء عمليات القراءة أو حل المشكلات.

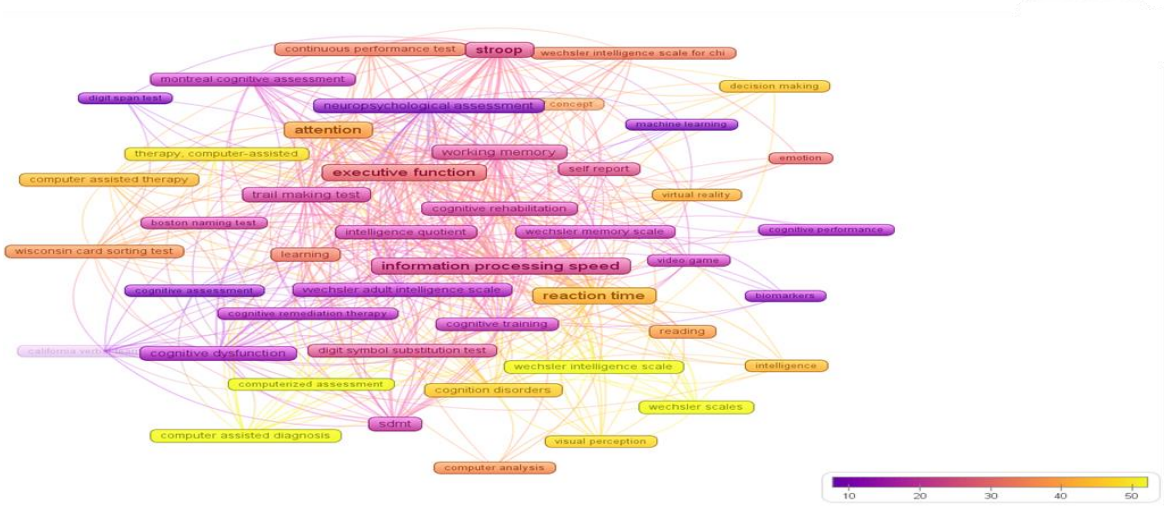
تنفتح الشبكة زمنيا وتاريخيا على مفهوم زمن الرجع Reaction Time، الذي يمثل الجذر التاريخي الذي أسسه رواد علم النفس التجريبي، والذين عاد الباحثون لاستحضار أطروحاتهم حوله؛ قصد تبرير البنية الرياضية والفيزيائية للقياس المعرفي المعاصر في دراسات حصة الذكاء Intelligence Quotient والقدرات المعرفية العامة من خلال مقاييس وكسلر Wechsler Scales ويكشف هذا التحليل عن صراع الأنساق الأداتية داخل الشبكة، عبر تجمعات وظيفية تعكس التطور التاريخي للمقاييس؛ حيث تمثل الاختبارات الورقية النواة الصلبة المستقرة تاريخيا في الشبكة، وتتجسد في اختبارات محورية مثل اختبار SDMT، واختبار تتبع المسار TMT، واختبار ستروب Stroop، واختبار تصنيف بطاقات ويسكونسن WCST، وهي أدوات تمتلك سلطة معرفية مستمدة من المعايير الذهبية للقياس التقليدي التي لا تزال تشكل حجر الزاوية للمقارنات المعيارية. وفي المقابل، تظهر الاختبارات المحوسبة والرقمية في الأطراف الديناميكية للشبكة كتعبير عن الحقبة الرقمية عبر عقد مثل التقييم المحوسب Computerized Assessment والخلل المعرفي Cognitive Dysfunction واختبار الأداء المستمر CPT؛ مما يعكس إزاحة إبستمولوجية للمادة الورقية لصالح الميكروثانية الحاسوبية والاستجابة الحاسوبية التي تعزل المتغيرات البيوسيكوثقافية، وهو النسق التقني الذي تنخرط فيه دراستنا الحالية عبر تقديم نسخة محوسبة Computerized Version.

وتتحرر الشبكة من المركزية الإكلينيكية الصرفة، عبر الانفتاح على فضاءات وجودية وتربوية؛ إذ ترتبط سرعة المعالجة مفاهيميا بمتغيرات سيكوتربوية مثل مفهوم الذات Self-Concept ومنظومة التقرير الذاتي Self-Report، حيث تؤثر سرعة المعالجة والوظائف التنفيذية مباشرة في جودة الحياة والانخراط الأكاديمي، وتساهم في تشكيل الوعي بالذات المعرفية خارج أسوار المختبر، في حركية معاصرة تدرس الأداء المعرفي Cognitive Performance في سياق التعلم والنمو والازدهار؛ تجسيدا لرأسمال نفسي (PsyCap)؛ مما يفتح آفاقا تربوية جديدة تتيح لهذه الأدوات الرقمية أن ترصد بدقة العبء المعرفي أثناء مهام القراءة أو التعلم. كما تكشف الشبكة عن تباين إبستمولوجي حاد ودقيق في بنية أدوات التدخل العلاجي المعرفي، ويظهر الفارق المنهجي جليا بين مصطلح التأهيل المعرفي Cognitive Rehabilitation وبين مفهوم التدريب المعرفي Cognitive Training الذي ينصرف إلى تمرين وظائف نوعية محددة، عبر أدوات

مستحدثة مثل ألعاب الفيديو Video Game وبيئات الواقع الافتراضي Virtual Reality ويبرز في هذا السياق مصطلح إعادة التأهيل المعرفي المحوسب Computer-Assisted Remediation في التكتل الأخضر كتقنية علاجية معاصرة تقوم على تكرار بروتوكولات رقمية محددة، لإعادة بناء المسارات العصبية المتضررة المسؤولة عن البطء المعرفي، مستفيدة من مفهوم المطواعية العصبية.

شكل 7

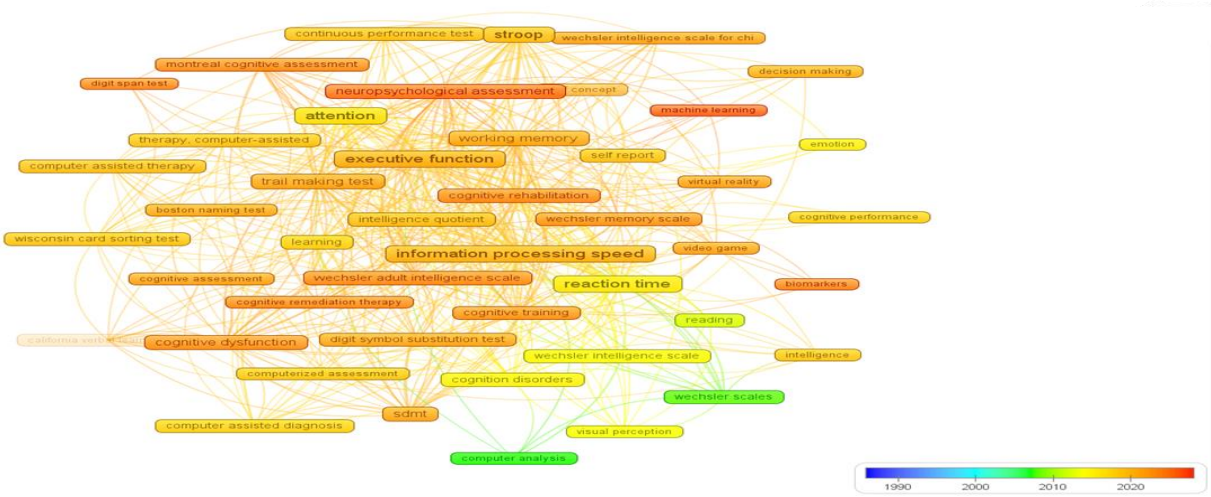
تحليل التكتلات الفرعية المترابطة في في شبكة التلازم المفاهيمي لأبحاث سرعة معالجة المعلومات



ينفتح المقياس الكمي للشبكة المتواجد أسفل الشكل 7 والممتد من الرقم 10 كحد أدنى ويتصاعد تدريجيا ليصل إلى سقف 50 تلازما فما فوق، على تفاوت حاد في الأوزان الإحصائية للمفاهيم المكونة لمتن الدراسة؛ حيث تقترب الأقطاب المفاهيمية المركزية مثل تقييم سرعة معالجة المعلومات والوظائف التنفيذية وزمن الرجع من السقف الأعلى للمقياس الرقمي لتتجاوز عتبة 50 تلازما وتكرارا مشتركا؛ مما يثبت استقرارها الإبستمولوجي والمنهجي المهيمن في قاعدة بيانات Scopus؛ إذ لم تفد قيمتها المعرفية مع تطور الحقل، بل دمجت قديما وحديثا في دراسات حصة الذكاء Intelligence Quotient والقدرات المعرفية العامة من خلال مقاييس وكسلر Wechsler Scales. كما ترتبط هذه البؤر المشبعة بكتل وسيطة تتراوح قيم تلازمها الرقمي بين 20 و40، وتمثلها اختبارات القياس الكلاسيكية المعيارية.

شكل 8

التطور الزمني لشبكة التلازم المفاهيمي لأبحاث سرعة معالجة المعلومات [1988-2026]



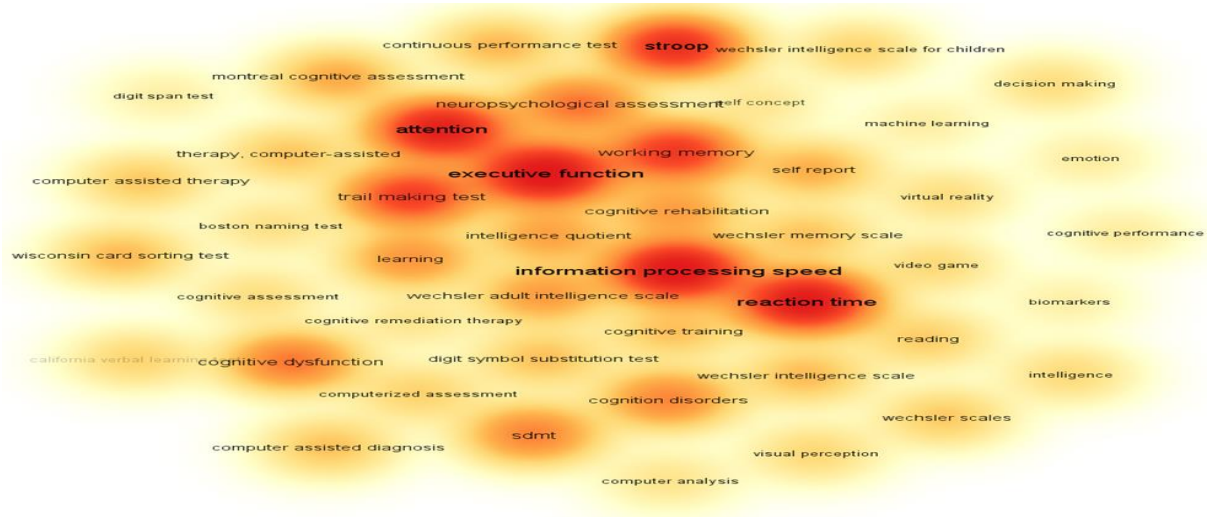
يجسد المنحنى الزمني للشبكة في الشكل 8 تفاعل الأنساق الأداتية والتاريخية، عبر قراءة التدرج اللوني الممتد في المقياس أسفل الخريطة؛ إذ تتمركز في العمق البنيوي الأقطاب التاريخية التي تظهر باللون الأزرق الداكن والبنفسجي، لتغطي حقبة ما قبل عام 2000 وامتداداتها البنيوية، حيث يمثل هؤلاء الباحثون والمفاهيم المرتبطة بهم الركيزة التأسيسية؛ كما ينصب التركيز المنهجي في هذا النطاق البارد على الأطر الكلاسيكية والمقاييس الورقية التقليدية، مثل الإدراك

البصري Visual Perception ومقاييس وكسلر Wechsler Scales ويرتبط هذا العمق التاريخي بمفهوم زمن الرجع Reaction Time، حيث لم تفقد قيمتها المنهجية مع تطور الأدوات؛ بل دمجت في أنظمة قياس أكثر تعقيدا، فبينما كانت تقاس قديما بطرق ميكانيكية أو ورقية، أصبحت اليوم تتشابك في النطاقات البرتقالية والصفراء الحديثة مع التشخيص المساعد بالحاسوب Computer-Assisted Diagnosis بوصفه جزءا لا يتجزأ من أنظمة التقييم المحوسب، مما نقل قياس زمن الرجع من مجرد مؤشر بيومتري بسيط إلى مؤشر فائق الدقة ومحرك أساسي لمفهوم المؤشرات الحيوية الرقمية.

في مقابل هذا التمركز التاريخي، يكشف التطور الزمني للشبكة عن طفرة نشر حديثة تتجه بقوة نحو الأطراف الهيكلية والخارجية؛ إذ تبرز العقد البحثية باللون الأخضر الفاتح الممتد حول عام 2010 ثم التدرج الأصفر والبرتقالي الساطع الذي يغطي الفترة المعاصرة الممتدة لما بعد عام 2020 وصولا إلى السنوات الأخيرة، نحو تبني نماذج تقييمية أكثر حداثة واعتمادا على التكنولوجيا.

شكل 9

خريطة الكثافة لتلازم المفاهيم في أبحاث سرعة معالجة المعلومات



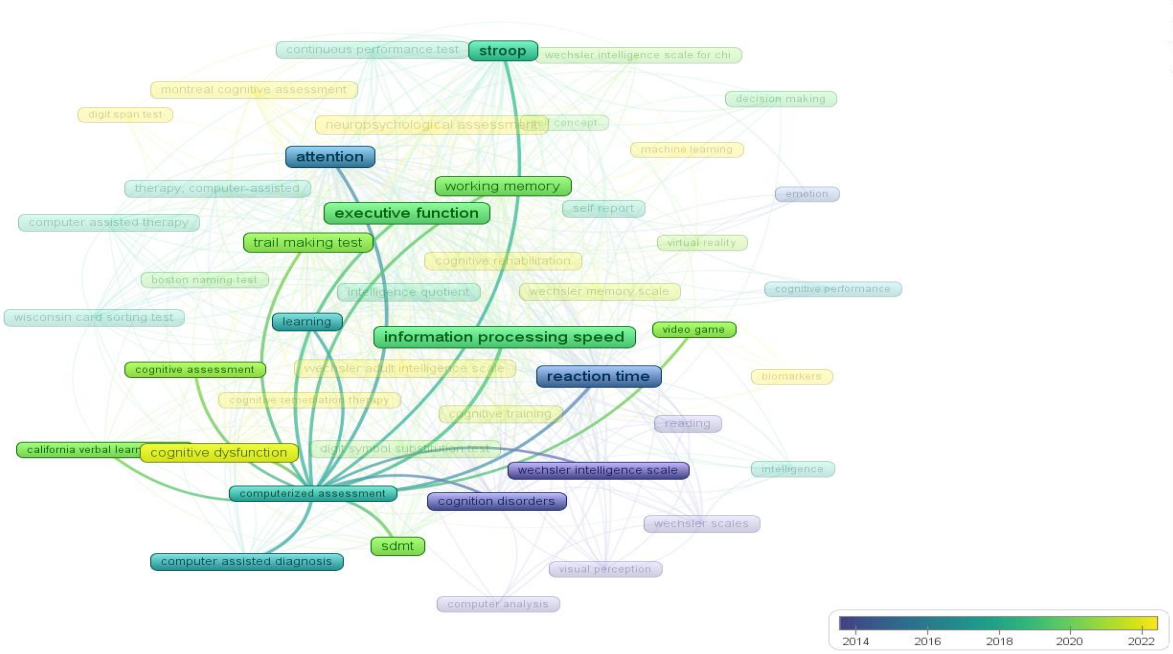
تكشف نتائج التحليل البنيوي القائم على تقنية خريطة الكثافة Density Visualization في الشكل 9 عن الطبوغرافيا المفاهيمية وحجم التركيز البحثي في المتن العلمي التاريخي والمعاصر؛ حيث تتيح لنا رصد "المرتفعات المعرفية" التي تستحوذ على الإجماع العلمي والأثر الإحصائي، في حين تجاوز البنى الخطية. ويلاحظ بيبليومتريا اندماج المشهد في بؤرتين مركزيتين، متوهجتين، تمثلان النواة الصلبة والقلب النابض للتخصص؛ إذ تتربع بؤرة تقييم سرعة معالجة المعلومات وبؤرة الوظائف التنفيذية وزمن الرجع Reaction Time على قمة الكثافة المعرفية الساخنة باللون الأحمر الداكن؛ مما يثبت بوضوح أن هذه الثلاثية المفاهيمية تشكل الثقل الإبستمولوجي، والمركز الجاذب الذي تتغذى منه باقي العقد الطرفية؛ لتعكس تشبعا بحثيا عاليا استقر كمعيار ذهبي داخل قاعدة بيانات Scopus.

كما تكشف خطوط الكثافة الممتدة من هذا المركز المتوهج عن تدرج نحو المنحدرات الخضراء والصفراء الباردة؛ مما يعكس البنية التفكيكية لانتقال التخصص من بؤر التشبع التقليدية نحو آفاق بينية Interdisciplinary متسعة. بينما تظهر اختبارات التقييم النفسي العصبي في مناطق ذات تظليل متوسط الكثافة؛ مما يعني أنها أدوات مستقرة بيبليومتريا، ومتمحورة إجرائيا في ربط بؤرة السرعة المعرفية بالتطبيقات الميدانية. وفي المقابل، تبتعد عتبات الكثافة في الأطراف نحو نطاق مفتوح وباهت، لتعبر عن حركية التطور المعاصر؛ إذ تنفصل المفاهيم عن التمركز الإكلينيكي لتشكل منخفضات ناشئة تعنى بالتقييم المحوسب Computerized Assessment والتشخيص المساعد بالحاسوب Computer-Assisted Diagnosis والمؤشرات الحيوية الرقمية Digital Biomarkers، وهو ما يثبت أن هذه المجالات التقنية تمثل بيئات بحثية بكر وجبهات نشر معاصرة، تسعى الأدبيات الحديثة إلى ضخ الكثافة العلمية فيها؛ لتوطين الأنظمة الرقمية وتطويرها محليا Computerized Version.

ينعكس هذا التوزيع الطبوغرافي للكثافة على شمولية الأبعاد السيكوتربوية المنفصلة عن المركز؛ إذ تبرز مفاهيم مثل الكفاءة الذاتية أو مفهوم الذات Self-Concept والأداء المعرفي Cognitive Performance كفضاءات واعدة، تكتسب كثافة تدريجية عبر ربط جودة الحياة والتعلم بالمرونة المعرفية وسرعة تدفق البيانات الذهنية.

شكل 10

البنية الميكروسكوبية لتمحور الحوسبة والتقييم الرقمي في شبكة التطور الزمني لتقييم سرعة معالجة المعلومات

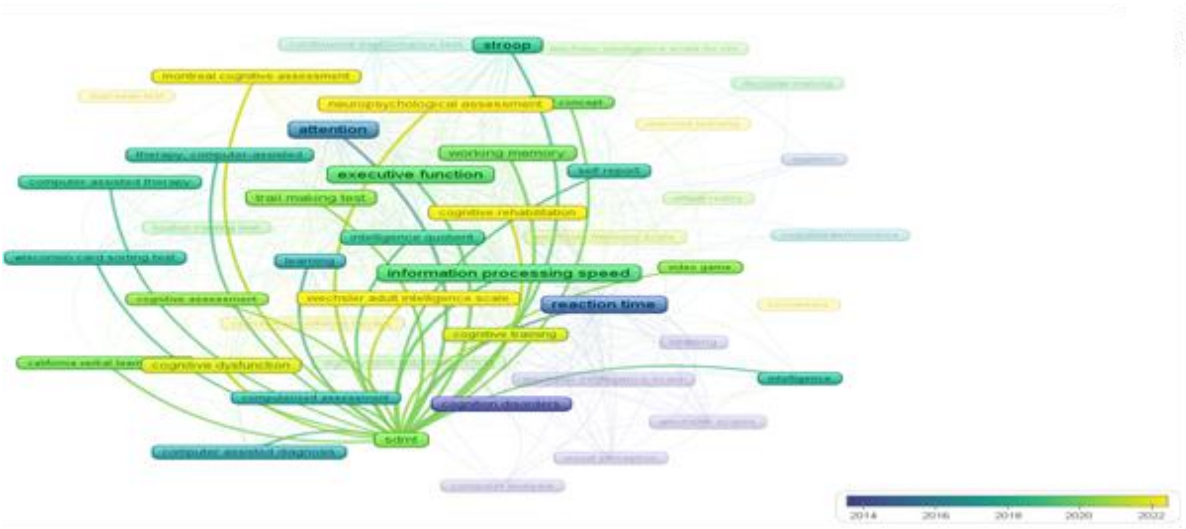


تبرز نتائج التحليل الميكروسكوبي المستخلصة من الشكل 10 عن تحول بارادايغمي جلي نحو رقمنة وحوسبة النواة المركزية للشبكة؛ حيث تبرز عقدة تقييم سرعة معالجة المعلومات بلون أخضر ساطع يربطها بمنتصف العقد الماضي وما بعده؛ لتشكل المحرك الرئيسي للتحول نحو التقييم المحوسب Computerized Assessment ويُظهر هذا الفحص الدقيق انتقال مركز الثقل المعرفي من بيئات الفحص الورقية التقليدية إلى بيئات الحوسبة، حيث تتشابك السرعة المعرفية في عمق النواة مع الوظائف التنفيذية والانتباه والذاكرة العاملة ؛ مما يعيد توظيف مقاييس كلاسيكية مثل مقياس وكسلر لذكاء البالغين Wechsler Adult Intelligence Scale واختبار تتبع المسار TMT برمجيا وحاسوبيا لتقييم الكفاءة الأكاديمية والقراءة.

في مقابل هذا التمركز الرقمي للنواة، تراجعت الأقطاب التقليدية المحضة باللون الأزرق الداكن والبنفسجي المقابلة للأعوام بين [2014 و2016] نحو الأطراف السفلية والجانبية لتشغل ركائز فرعية، مثل الإدراك البصري Visual Perception والصيغ الكلاسيكية لمقاييس الذكاء. ويرتبط هذا الانزياح الكرونولوجي بمفهوم زمن الرجع Reaction Time، الذي يمثل الجذر الإبستمولوجي التأسيسي للحقل، مع مواءمته بنيويا؛ ليتشابك في النطاقات المعاصرة مع التشخيص المساعد بالحاسوب Computer-Assisted Diagnosis؛ وهو ما نقل قياس زمن الرجع من مجرد مؤشر ميكانيكي أو ورقي تقليدي مثل اختبار SDMT، واختبار تتبع المسار TMT Trail Making Test، واختبار ستروب Stroop؛ إلى محرك أساسي لمفهوم المؤشرات الحيوية الرقمية Digital Biomarkers.

شكل 11

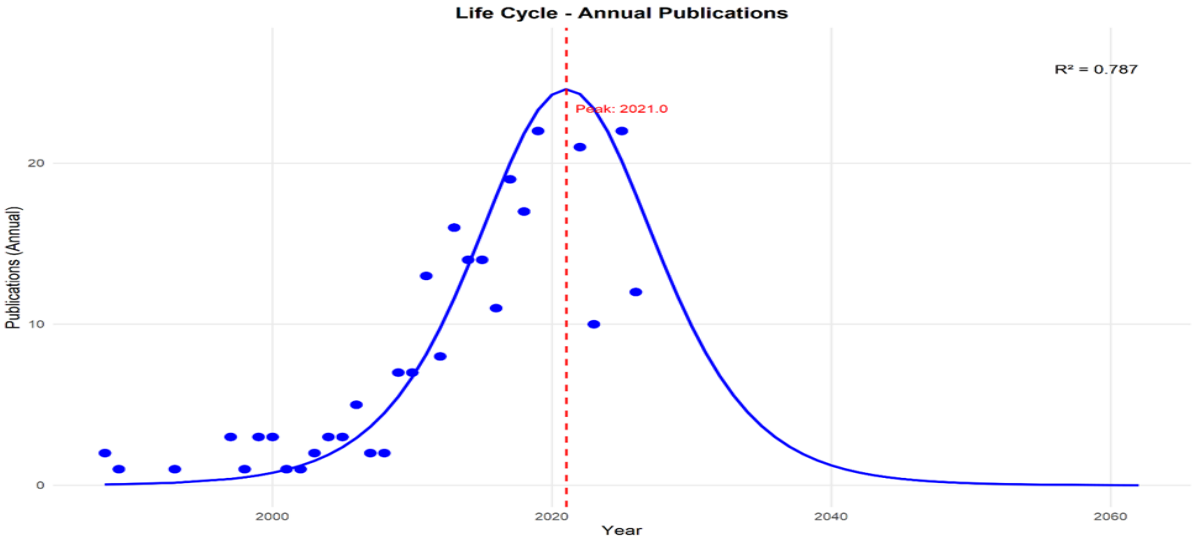
البنية الميكروسكوبية للمرتكزات البنيوية والارتباطات المفاهيمية للأداة القياسية SDMT [1988-2026]



تعبر نتائج التحليل الميكروسكوبي المستخلصة من الشكل 11 عن فك تشفير دقيق لهندسة خريطة الحضور المفاهيمي، مع تركيز الفحص البنيوي على اختبار الرموز والأرقام SDMT؛ بوصفه أداة قياسية محورية عابرة للوسائط، تفرض حضورها سواء في سياقها الورقي التقليدي، أو في صيغتها الرقمية المحدثة. ويتضح عبر هذا التفكيك المنهجي أن هذا الاختبار يشكل حلقة الوصل المورفولوجية، والارتباط المباشر بالدال المركزي المهيمن(سرعة المعالجة)؛ مما يجعله الأداة القياسية الأكثر استقرارا بيبليومتريا في ربط الأصول النظرية بالتطبيقات الميدانية، لفحص كفاءة تدفق البيانات الذهنية.

شكل 12

نموذج دورة حياة المنشورات السنوية والتنبؤ بالاتجاهات المستقبلية للإنتاج العلمي



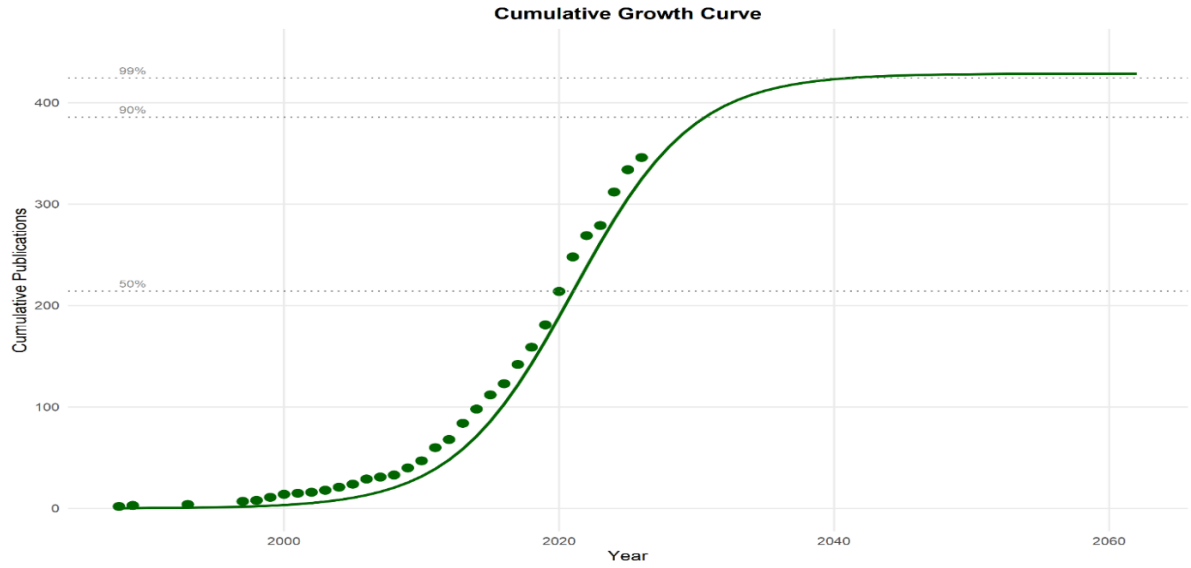
تبرز المعطيات الإحصائية المستخرجة بواسطة حزمة Bibliometrix، والممثلة في نموذج دورة حياة المنشورات السنوية Annual Publications Life Cycle، عن مسار ديناميكي متطور يشير إلى تنامي الاهتمام الأكاديمي بأبحاث سرعة معالجة المعلومات على مدار العقود الأربعة الماضية. يعتمد هذا الرسم البياني في بنيته التحليلية على نموذج الانحدار غير الخطي Non-linear Regression Model لتتبع المنحنى التاريخي والتنبؤ بالاتجاهات المستقبلية لحركة النشر العلمي في هذا الحقل المعرفي المتداخل، حيث يُظهر المنحنى تصاعدا تدريجيا بطيئا في نهاية القرن الماضي وبدايات القرن الحالي، ليتلوه انفجار معرفي وتسارع ملحوظ في معدلات النشر مع دخول العقد الثاني من الألفية الثالثة.

يرجع هذا التحول التصاعدي الحاد في الإنتاج العلمي السنوي Annual Scientific Production إلى الطفرة التقنية والمنهجية في دمج أدوات التقييم المعرفي الرقمي Digital Cognitive Assessment وتطوير المؤشرات الحيوية الرقمية Digital Biomarkers؛ مما جذب اهتمام الباحثين في مجالات علم النفس العصبي والعلوم المعرفية. وقد بلغت هذه الديناميكية البحثية ذروتها الاستثنائية، وصعدت إلى قمة النشر العلمي Publication Peak في عام [2021]؛ وهو ما يتسق مع التوجه العالمي المكثف خلال تلك الفترة نحو دراسة التبعات المعرفية والعصبية لبعض المتغيرات الصحية المستجدة، والاعتماد المتزايد على أدوات القياس النفسي المحوسب Computerized Psychometrics كبديل للمقاييس التقليدية الورقية.

تثبت القيمة المرتفعة لمعامل التحديد Coefficient of Determination البالغة (0.787) الجودة العالية لصلاحية النموذج الإحصائي Statistical Model Validity وقدرته التفسيرية العالية في تمثيل البيانات المرصودة؛ مما يعكس اتساقا بنسبة (78.7%) بين النموذج الرياضي المقترح وحجم النشر الفعلي المتراكم عبر العقود. كما يشير التراجع التدريجي المتوقع للمنحنى في السنوات التي تلت عام [2021] والاستقرار التنبؤي الممتد نحو عام [2040] وصولا إلى عام [2060] مرحلة من النضج المفهومي Conceptual Maturity والتشبع البحثي؛ حيث تنتقل الأدبيات العلمية عادة في هذه المرحلة من رصد الظواهر الكمية الموسعة إلى التجويد النوعي وتطوير التطبيقات المستقرة القائمة على الأدلة والبراهين.

شكل 13

منحنى النمو التراكمي والتنبؤ بالمسار المستقبلي لحجم الإنتاج العلمي حول سرعة معالجة المعلومات



تظهر المؤشرات الإحصائية المتقدمة الممثلة في منحنى النمو التراكمي Cumulative Growth Curve نمطا تصاعديا متسقا يعكس التطور التراكمي لحجم الإنتاج العلمي المنشور حول سرعة معالجة المعلومات عبر الزمن. يأخذ هذا المنحنى الرياضي شكل المنحنى اللوجستي أو ما يعرف بمنحنى النمو على شكل حرف *S*، وهو مؤشر بيبليومتري قياسي، يستخدم لتحديد المراحل الزمنية لتطور التخصصات البحثية الدقيقة ونضجها المعرفي. يتضح من التوزيع الرقمي للبيانات الفعلية المرصودة بالنقاط الخضراء الداكنة أن حركية النشر مرت بفترة استقرار نسبي ممتدة، تلاها صعود رأسي متسارع، يعكس التراكم المعرفي الكثيف في هذا الحقل العلمي.

يكتسب هذا المنحنى أهمية تحليلية بالغة من خلال تحديد العتبات المئوية للنمو Growth Percentile Thresholds التي تقسم مسار الإنتاج العلمي إلى مراحل تطورية واضحة؛ حيث يلاحظ أن التراكم البحثي الفعلي قد استغرق فترة زمنية طويلة نسبيا للوصول إلى عتبة (50%) من إجمالي حجم الأدبيات المتوقعة، وهي النقطة الحرجة التي تم تجاوزها مع نهاية العقد الثاني من الألفية الثالثة. تلا ذلك قفزة نوعية حادة في البنية التراكمية قادت العينة البحثية لتقترب بشكل مكثف من عتبة (90%) مع حلول عام 2020؛ مما يؤكد التحول الجوهري في وتيرة الاهتمام بهذا التخصص، وزيادة معدلات الاستشهاد المرجعي، والتوسع في التناول المنهجي للمتغير.

يكشف المسار التنبئي الممتد بالخط المتصل الأخضر نحو المستقبل عن ملامح مرحلة التشبع البحثي Research Saturation Phase؛ إذ يلاحظ استقرار المنحنى أفقيا، واقترابه التدريجي من عتبة السعة القصوى المقدرة بنحو (99%) بعد عام 2030، وميله للاستقرار التام بحلول عام 2040، فما بعده. يشير هذا التباطؤ التنبئي في معدل تراكم المنشورات الجديدة إلى أن الحقل المعرفي الخاص بتقييم سرعة المعالجة يتجه رياضيا نحو النضج البنيوي والاستقرار المفهومي؛ إذ

تتحول الجهود الأكاديمية مستقبلا من ابتكار النظريات وتكثيف الكم العددي للمقالات، إلى مرحلة تعميق البنية الكيفية وتطوير التطبيقات التقنية، بناء على الرصيد المعرفي التراكمي المحقق في السنوات السابقة.

الخصائص السيكوتقنية الأولية لتطوير النسخة المغربية المحوسبة c-SDMT-H

يكشف تحليل الأدبيات المتخصصة في تقييم سرعة معالجة المعلومات عن تحول عميق في فلسفة القياس النفسي العصبي خلال العقود الأخيرة؛ فلم يعد الاهتمام العلمي منصبا فقط على معرفة عدد الاستجابات الصحيحة التي ينجزها المفحوص خلال مدة زمنية محددة، بل أصبح موجها نحو فهم السيرورات المعرفية الدقيقة التي تنتج ذلك الأداء. ويعكس هذا التحول انتقالا من المقاييس الكلاسيكية المعتمدة على الناتج النهائي للأداء، إلى نماذج قياس أكثر تقدما تسمح بدراسة البنية الزمنية للمعالجة المعرفية، وتحليل المكونات الفرعية التي تشكل الأداء الكلي.

وقد شكلت اختبارات الرموز والأرقام المضمنة في مقياس وكسلر لذكاء الراشدين Wechsler Adult Intelligence Scale [WAIS] ومقياس وكسلر لذكاء الأطفال Wechsler Intelligence Scale for Children [WISC] الأساس التاريخي لقياس سرعة المعالجة داخل التقاليد السيكومترية. وتعتمد هذه الاختبارات على إنجاز مهمة ترميزية خلال مدة زمنية تبلغ 120 ثانية(s 120)؛ حيث يطلب من المفحوص مطابقة مجموعة من الرموز مع أرقام محددة وفقا لمفتاح مرجعي ثابت، وتنتج عن هذا الإجراء درجة نهائية تمثل عدد الاستجابات الصحيحة المنجزة خلال الزمن المخصص للاختبار.

رغم الأهمية الكبيرة لهذه الاختبارات في الممارسة الإكلينيكية والبحثية، فإن عددا متزايدا من الدراسات أشار إلى وجود تحديات تفسيرية مرتبطة بطبيعة الدرجة المستخرجة منها. فمن منظور صدق البناء Construct Validity لا يمكن افتراض أن الدرجة النهائية تعكس سرعة معالجة المعلومات وحدها؛ لأن تحقيق الأداء المطلوب يستدعي في الوقت نفسه تشغيل مجموعة واسعة من العمليات المعرفية والحركية؛ فالمفحوص مطالب بفهم التعليمات، والاحتفاظ بالمفتاح الترميزي في الذاكرة العاملة، وتوجيه الانتباه بصورة مستمرة نحو المثيرات، وتنفيذ استجابات كتابية دقيقة وسريعة، وبذلك تصبح الدرجة النهائية حصيلة تفاعل عدة متغيرات معرفية وحركية في آن واحد.

لقد أدى هذا التداخل إلى ظهور نقاش واسع حول ما يعرف في الأدبيات السيكومترية بمفهوم التباين غير المرتبط بالبناء المقاس Construct-Irrelevant Variance ويشير هذا المفهوم إلى ذلك الجزء من التباين في الدرجات الذي ينتج عن عوامل لا تنتمي إلى السمة النفسية المستهدفة بالقياس؛ ففي اختبارات استبدال الرموز أو الأرقام التقليدية قد تؤثر مهارات الكتابة اليدوية، وسرعة الحركة الدقيقة، والتآزر البصري الحركي، وحتى درجة الإلمام السابقة ببعض الأنماط الرمزية، في الدرجة النهائية بصورة تجعلها أقل تمثيلا لسرعة المعالجة بوصفها بناء معرفيا مستقلا.

ومن هذا المنطلق اتجهت الجهود البحثية إلى تطوير أدوات أكثر قدرة على تقليل أثر المتغيرات الدخيلة وتحسين درجة نقاء القياس. وفي هذا السياق طور آرون سميث Aaron Smith اختبار الأنماط الرقمية الرمزية Symbol Digit Modalities Test [SDMT] الذي أصبح لاحقا أحد أكثر اختبارات سرعة المعالجة استخداما في علم النفس العصبي؛ حيث يقوم هذا الاختبار على ربط الرموز بأرقام محددة استنادا إلى مفتاح مرجعي، مع إنجاز أكبر عدد ممكن من الاستجابات الصحيحة خلال مدة زمنية تبلغ 90 ثانية (s 90). ويمثل هذا الاختبار خطوة مهمة في مسار تطوير أدوات قياس سرعة المعالجة؛ لأنه يخفف من الاعتماد على الرسم اليدوي المعقد الذي يميز بعض اختبارات استبدال الرموز أو الأرقام التقليدية .وقد ساعد ذلك على تقليص التأثير المحتمل لبعض المتغيرات الحركية؛ مما عزز قدرة الاختبار على الكشف عن الفروق الفردية المرتبطة بسرعة المعالجة ذاته؛ ولهذا السبب أصبح اختبار من الأدوات المرجعية في تقييم الأداء المعرفي لدى العديد من الفئات الإكلينيكية والعصبية.

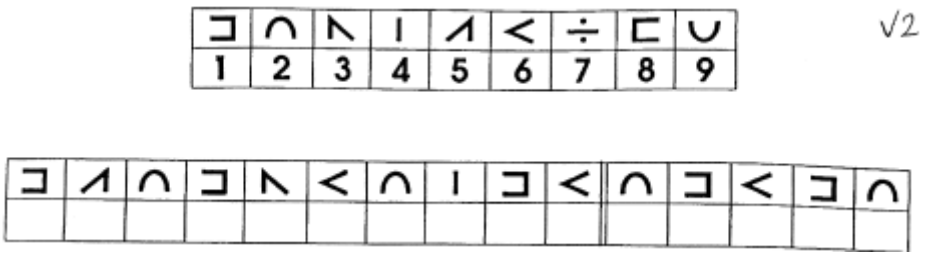
غير أن التطور المنهجي الذي مثله لم يؤد إلى تجاوز جميع القيود المرتبطة بالاختبارات الورقية؛ فالنسخ الورقية التقليدية، سواء تعلق الأمر باختبار الرموز والأرقام Coding أو DSST في اختبارات وكسلر، أو اختبار SDMT، تستند في النهاية إلى استخراج الدرجة الخام الكلية Total Raw Score باعتبارها المؤشر الرئيسي للأداء. ورغم القيمة التشخيصية لهذا المؤشر، فإنه يظل محدودا من حيث المعلومات التي يوفرها حول الكيفية التي تم بها إنجاز المهمة؛ فالدرجة النهائية لا تكشف ما إذا كان المفحوص قد حافظ على مستوى ثابت من الأداء طوال فترة الاختبار، كما لا تسمح بتحديد لحظات التباطؤ أو التردد أو التشتت الانتباهي، التي قد تحدث أثناء الإنجاز.

لقد أدى هذا القيد إلى بروز اتجاه جديد في القياس النفسي المعاصر، يعتمد على الاختبارات المحوسبة، وتستند هذه المقاربة إلى افتراض أساسي مفاده أن فهم الأداء المعرفي لا يقتصر على معرفة النتيجة النهائية؛ بل يتطلب تحليل العمليات الزمنية التي أدت إلى إنتاج تلك النتيجة، ومن هنا تكتسب النسخة المغربية المحوسبة (c-SDMT-H) أهميتها المنهجية والسيكومترية، فبدلا من الاقتصار على تسجيل عدد الإجابات الصحيحة، تسمح النسخة المحوسبة بتسجيل كل استجابة على حدة، مع توثيق الزمن المستغرق لإنجازها بدقة عالية. ويؤدي هذا التحول إلى زيادة كمية المعلومات المتاحة للباحث بصورة كبيرة، كما يسمح بالانتقال من قياس الناتج النهائي إلى تحليل دينامية الأداء أثناء حدوثه. ويوضح الشكل 14 البنية الرمزية التي استند إليها اختبارنا المحوسب، وهي مستوحاة من الرموز المستخدمة في اختبار هنتون-باير Hinton-Bayre و جيفن Geffen (2005)، مع تكييفها لتناسب البيئة الرقمية. وقد تم اختيار هذه الرموز بعناية، لضمان وضوحها

وسهولة تمييزها، مع الحفاظ على مستوى مناسب من التعقيد البصري الذي يحفز سرعة المعالجة دون العبء المعرفي على الذاكرة العاملة بمتطلبات غير ضرورية.

شكل 14

البنية الرمزية لاختبار c-SDMT-H وفق النموذج 2



من أهم المؤشرات التي تتيحها البيئة المحوسبة، نجد زمن الاستجابة Time Respons [RT]، الذي يقصد به المدة الزمنية الفاصلة بين ظهور المثير وتسجيل الاستجابة المناسبة. ويحتل هذا المؤشر مكانة مركزية في علم النفس المعرفي المعاصر؛ إذ يوفر نافذة مباشرة نسبيا، لدراسة سرعة العمليات المعرفية التي لا يمكن ملاحظتها بصورة مباشرة. كما تسمح النسخة المحوسبة باستخراج وسيط Median زمن الاستجابة، وهو مؤشر إضافي، تنبع أهميته من كونه أقل تأثرا بالقيم المتطرفة مقارنة بالمتوسط الحسابي؛ فخلال أداء الاختبارات المعرفية قد تحدث استجابات بطيئة جدا؛ نتيجة تشتت انتباهي عابر أو توقف مؤقت في التركيز، وهي استجابات يمكن أن تؤثر بصورة كبيرة في المتوسط الحسابي. أما الوسيط فيوفر تقديرا أكثر استقرارا للأداء النموذجي للمبحوث، ولذلك أصبح من المؤشرات الموصى بها في العديد من الدراسات المعرفية.

تتيح الأداة كذلك حساب مؤشر الكفاءة العكسي Inverse Efficiency Score [IES] الذي يعد من أكثر المؤشرات تقدما في دراسة سرعة معالجة المعلومات؛ إذ تكمن أهميته في أنه لا يكتفي بقياس السرعة أو الدقة بصورة منفصلة، بل يجمعهما في مؤشر واحد يسمح بتقييم الكفاءة العامة للأداء. ويستند هذا التوجه إلى مبدأ الموافقة بين السرعة والدقة؛ إذ يستطيع بعض الأفراد زيادة سرعة الاستجابة على حساب ارتفاع معدل الأخطاء، بينما قد يحقق آخرون مستويات مرتفعة من الدقة، مقابل بطء ملحوظ في الإنجاز. ولذلك فإن تحليل أحد البعدين بمعزل عن الآخر قد يؤدي إلى استنتاجات مضللة حول مستوى الكفاءة الحقيقي؛ أما مؤشر الكفاءة العكسي فيوفر تقديرا أكثر تكاملا للأداء من خلال دمج هذين البعدين في إطار تحليلي واحد.

من الخصائص المهمة الأخرى للنسخة المحوسبة اعتمادها على التوليد الخوارزمي العشوائي Algorithmic Random Generation لترتيب وتتابع مثيرات بنود الاختبار، مع الإبقاء على ثبات مفتاح الربط المرجعي الأعلى. وتكتسب هذه الخاصية أهمية خاصة في تصاميم القياسات المتكررة، وفي عمليات إعادة الاختبار؛ لأنها تلغي أثر الألفة بالتسلسل أو حفظ المفحوص لإيقاع ومواضع الإجابات السابقة، مما يحد من تأثير التعلم المسبق، ويضمن قياس سرعة المعالجة بشكل خالص؛ فيؤدي ذلك بالتبعية إلى تعزيز ثبات القياس عبر التطبيقات المتكررة، وتحسين دقة تفسير التغيرات النمائية المعرفية التي قد تظهر بين القياسات المتعاقبة.

إلى جانب أن الاختبارات الورقية توفر مؤشرا إجماليا للأداء النهائي، في حين تنتج النسخة المحوسبة مجموعة متكاملة من المؤشرات الزمنية التي تسمح بفهم أكثر عمقا للبنية الكامنة وراء سرعة معالجة المعلومات وفق نظرية القياس الحديثة IRT؛ إذ توفر لكل مفردة على حدة بدقة تبلغ المليثانية Millisecond [ms]، وهي درجة من الدقة الزمنية لا يمكن تحقيقها في الاختبارات الورقية التقليدية، وتسمح هذه الخاصية برصد الفروق الدقيقة في سرعة معالجة المعلومات وتحليل التغيرات الزمنية التي قد لا تنعكس على الدرجة الخام الكلية؛ ومن ثم فإن القيمة العلمية للنسخة المغربية لا تقتصر على مجرد رقمنة اختبار ورقي؛ بل تتمثل في توسيع نطاق القياس نفسه وإثرائه بمؤشرات لم يكن من الممكن الحصول عليها ضمن البيئة الورقية التقليدية، وهو ما ينسجم مع التوجهات المعاصرة في القياس النفسي Psychometrics نحو بناء أدوات أكثر دقة وحساسية في تقييم الأداء المعرفي.

تستند الفلسفة الرياضية للنسخة المغربية المحوسبة c-SDMT-H إلى تجاوز حدود نظرية القياس الكلاسيكية Classical Test Theory - CTT التي تختزل الأداء المعرفي المعقد في **"الدرجة الخام النهائية الكلية"**، نحو تبني هندسة القياس المستندة إلى نظرية الاستجابة للمفردة Item Response Theory - IRT والنماذج اللوجستية العشوائية لزمن الاستجابة؛ قصد تحديد القدرة الكامنة للمفحوص θ بدقة سيكومترية عالية عبر التوليد العشوائي للمثيرات المعرفية، فيتم توظيف النموذج اللوجستي ثنائي المعلمة (2PL IRT Model) كما يلي:

$$P(X_i = 1|\theta) = \frac{e^{a_i(\theta - b_i)}}{1 + e^{a_i(\theta - b_i)}}$$

إذ تعبر هذه الدالة عن احتمال الاستجابة الصحيحة للمفحوص ذي القدرة θ على المفردة الترميزية i، ويمثل a_i معلمة التمييز للمفردة، بينما يعبر b_i عن معلمة الصعوبة المرتبطة بالتباعد البصري للمثير والرمز المشفر والموقع البصري للمفردة على الشاشة. وبدلا من إهدار البيانات الكامنة خلف خط الزمن، يتم التعامل مع زمن الاستجابة Response Time RT كمتغير عشوائي مستمر، يخضع للنمذجة العشوائية Stochastic Latency Analysis عند مستوى دقة الميلي الثانية (ms) عبر معادلة التأخير اللوجستي الخطي:

$$log(RT_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot Difficulty_i - \beta_2 \cdot \theta_j + u_j + e_{ij}$$

يمثل هذا اللوغاريتم الطبيعي زمن استجابة الفرد على المفردة، ويمثل β_0 الثابت البنيوي للنظام التقني، كما يمثل β_1 الوزن الزمني لصعوبة الترميز البصري، ويمثل β_2 معامل سحب القدرة المعرفية الكامنة للمفحوص، بينما يمثل u_j التباين داخل الفرد (مستوى التشتت اللحظي)، أما e_{ij} فيعبر عن الخطأ العشوائي. تتيح هذه الصياغة الرياضية عزل التردد التشتتي الناتج عن البطء الحركي الصرف، وفحص استقرار الأداء الديناميكي طيلة 90 ثانية المحددة للاختبار.

ولموازنة المعضلة الكلاسيكية في علم النفس المعرفي، المتمثلة في المزاوجة بين السرعة والدقة (Speed-Accuracy Trade-off)، تدمج النسخة المحوسبة c-SDMT-H مؤشر الكفاءة العكسي المتقدم Inverse Efficiency Score - IES والمصاغ رياضيا كما يلي:

$$IES = \frac{M_{RT}}{1 - P_E}$$

حيث يمثل M_{RT} وسيط زمن الاستجابة (Median RT) للاستجابات الصحيحة فقط؛ ضمانا لثباته أمام القيم المتطرفة والتوزيعات الملتوية، ويمثل P_E نسبة الأخطاء المرتكبة من إجمالي المحاولات. كما يوفر هذا المؤشر الرياضي المدمج دلالة إبستمولوجية بالغة الدقة، حول الكفاءة المعرفية الكلية للمفحوص.

خلاصة

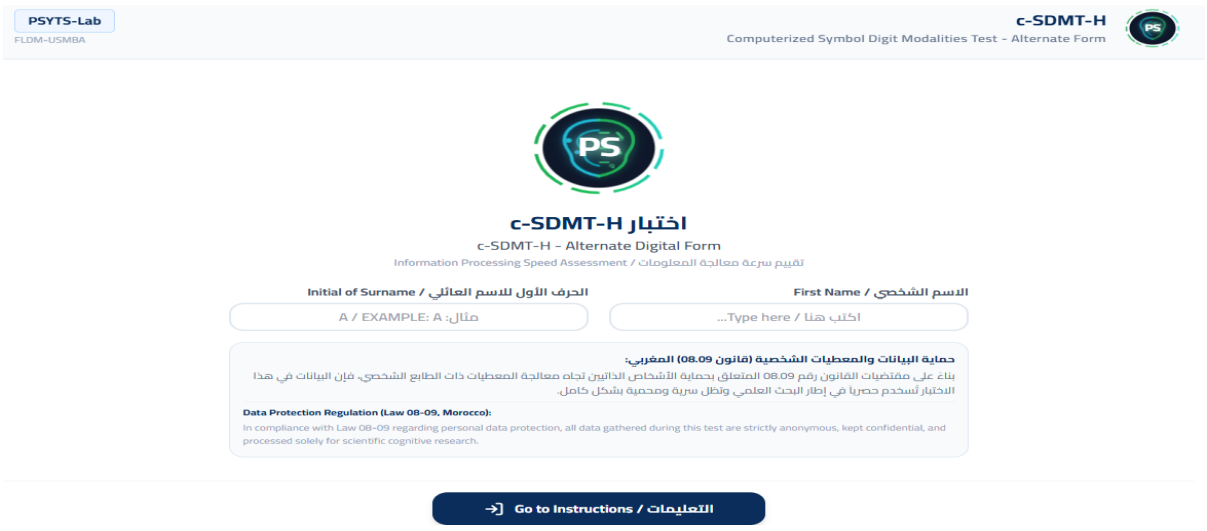
نخلص في نهاية هذا البحث إلى صياغة رؤية استشرافية، تنبثق من تقعيد الرهانات الإبستمولوجية والمقارنة السيكومترية؛ حيث كشفت الطوبوغرافيا المفاهيمية المستندة إلى التحليل الببليومتري للفترة الممتدة [1988-2026] عن مسار تطوري لنضج مفهوم التقييم الرقمي لسرعة معالجة المعلومات [IPS]. وقد أثبتت النتائج أن هذا المتغير يشكل النواة الصلبة والارتباط الأكثر كثافة ضمن عناقيد التلازم المفاهيمي، محققا ذروة إنتاجية سنة 2021. ومن الناحية المنهجية، تُوج هذا العمل بحوسبة النسخة المغربية من اختبار الرموز والأرقام (c-SDMT-H)، وهي الخطوة التي تمت بعد الحصول على التراخيص العلمية؛ وفقا للمعايير الأخلاقية، ويمثل الشكل 15 واجهة البرنامج الذي تم تطويره.

وتجدر الإشارة أن النسخة المحوسبة تتسم بمرونة عالية في التطبيق؛ إذ تتيح تقييم سرعة المعالجة عبر مختلف المراحل العمرية كما هو الشأن بالنسبة لاختبار SDMT، وهو ما يعزز من قيمتها الإكلينيكية والبحثية؛ فتتجاوز بذلك القيود العمرية التي تفرضها بعض الاختبارات النمائية التقليدية، التي تتطلب معايير محددة لكل مرحلة عمرية، مثل اختبار الرموزCoding subtest ضمن مقاييس وكسلر؛ مما يجعل من اختبار SDMT والنسخ المنبثقة عنه، أداة موحدة وفعالة لقياس التغيرات المعرفية، عبر مسار النمو الإنساني.

من جهة أخرى تكشف الدراسة عن تفوق القياس المحوسب في معالجة إشكاليات سيكولوجيا الرياضيات Mathematical Psychology، وتحديدا عبر توظيف النمذجة العشوائية Stochastic Modeling لزمن الاستجابة [RT]؛ مما أتاح عزل التردد التشتتي وتحييد التباين غير المرتبط بالبناء المقاس Construct-Irrelevant Variance الذي تسببه عوامل العبء الحركي في النسخ الورقية. وقد انتقل البحث بالعملية القياسية من نماذج نظرية القياس الكلاسيكية [CTT] نحو النمذجة اللوجستية ثنائية المعلمة [2PL IRT Model] ضمن نظرية الاستجابة للمفردة، مع دمج مؤشرات تقنية دقيقة مثل مؤشر الكفاءة العكسي [IES] Inverse Efficiency Score وحساب وسيط زمن الاستجابة [RT Median] بالمليثانية[ms]. هذا التوجه التقني يدعمه ميكانزم التوليد الخوارزمي العشوائي Random Algorithmic Generation؛ مما يضمن ثبات الاختبار وتجنب أثر التعلم Practice Effects في القياسات الطولية.

شكل 15

واجهة برنامج اختبار c-SDMT-H



كما أن هذه النتائج تكتسي أهمية بالغة في سياق علم النفس النقدي Critical Psychology وعلم النفس عبر الثقافي Cross-Cultural Psychology، حيث تساهم في كسر الهيمنة المركزية للأدوات الغربية وتوطين معايير سيكومترية تلائم الخصوصية المحلية، بينما يقدم علم النفس السيبيراني Cyberpsychology الإطار التفسيري لكيفية تفاعل الذهن مع الوسيط الرقمي، ويقودنا هذا المسار حتما نحو تبني مقاربة الذهن الممتد Extended Mind التي أسس لها فيلسوف الذهن Andy Clark؛ حيث لا ينفصل الجهاز المعرفي عن أدواته التقنية، بل يشكلان معا منظومة ديناميكية متكاملة.

ينفتح هذا المشروع مستقبلا على امتداد برمجي لحوسبة الهندسة المعرفية للوظائف التنفيذية، وتحديدا السيرورات الافتراضية التالية: للذاكرة العاملة Working Memory، الكف Inhibition، التخطيط Planning، التحيين Updating، والمرونة المعرفية Cognitive Flexibility. ويأتي هذا الأفق في إطار استشراف أطروحة تتبنى براديغم التعقيد Complexity Paradigm، مستهدفة فحص نموذج الوساطة المعدلة Moderated Mediation لاستخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي Generative AI والوظائف التنفيذية بين سرعة معالجة المعلومات والكفاءة الذاتية الأكاديمية Academic Self-Efficacy، بوصفها الركيزة الأساسية لمفهوم الرأسمال النفسي (PsyCap) في بيئات التعلم الرقمية المعاصرة، وهو ما سيفتح بدوره أفقا جديدا لمدرسة رائدة.

المراجع

Ardila, A. (2005). Cultural values underlying psychometric cognitive testing. *Neuropsychology Review, 15*(4), 185–195. https://doi.org/10.1007/s11065-005-9180-y

Ashendorf, L., Vanderslice-Barr, J. L., & McCaffrey, R. J. (2009). Motor tests and cognition in healthy older adults. *Applied Neuropsychology, 16*(3), 171–176. https://doi.org/10.1080/09084280903098562

Bauer, R. M., Iverson, G. L., Cernich, A. N., Binder, L. M., Ruff, R. M., & Naugle, R. I. (2012). Computerized neuropsychological assessment devices: Joint position paper of the American Academy of Clinical Neuropsychology and the National Academy of Neuropsychology. *The Clinical Neuropsychologist, 26*(2), 177–196. https://doi.org/10.1080/13854046.2012.663001

Benedict, R. H. B., DeLuca, J., Phillips, G., LaRocca, N., Hudson, L. D., & Rudick, R. (2017). Validity of the Symbol Digit Modalities Test as a cognition performance outcome measure for multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal, 23*(5), 721–733. https://doi.org/10.1177/1352458517690821

Calamia, M., Markon, K., & Tranel, D. (2012). Scoring higher the second time around: Meta-analyses of practice effects in neuropsychological assessment. *The Clinical Neuropsychologist, 26*(4), 543–570. https://doi.org/10.1080/13854046.2012.680913

Cernich, A., Reeves, D., Sun, W., & Bleiberg, J. (2007). Automated Neuropsychological Assessment Metrics sports battery: Development and psychometric properties. *Archives of Clinical Neuropsychology, 22*(1), S29–S37. https://doi.org/10.1016/j.acn.2006.10.008

Cernich, A., Reeves, D., Sun, W., & Bleiberg, J. (2007). Automated neuropsychological assessment metrics sports medicine battery. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *22*(Suppl. 1), S101–S114. https://doi.org/10.1016/j.acn.2006.10.008

Chen, L., Zhen, W., & Peng, D. (2023). Research on digital tool in cognitive assessment: A bibliometric analysis. *Frontiers in Psychiatry, 14*, 1227261. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2023.1227261

Chiaravalloti, N. D., DeLuca, J., Salter, A., Amato, M. P., Brichetto, G., Chataway, J., Dalgas, U., Farrell, R., Feys, P., Filippi, M., Freeman, J., Inglese, M., Meza, C., Moore, N. B., Motl, R. W., Rocca, M. A., Sandroff, B. M., Cutter, G., & Feinstein, A. (2022). The relationship between processing speed and verbal and non-verbal new learning and memory in progressive multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal, 28*(11), 1783–1792. https://doi.org/10.1177/13524585221088190

Clark, A., & Chalmers, D. (1998). The extended mind. *Analysis, 58*(1), 7–19. https://doi.org/10.1093/analys/58.1.7

Costa, S. L., Genova, H. M., DeLuca, J., & Chiaravalloti, N. D. (2017). Information processing speed in multiple sclerosis: Past, present, and future. *Multiple Sclerosis Journal, 23*(6), 772–789. https://doi.org/10.1177/1352458516645869

Daniëls, N. E. M., Bartels, S. L., Verhagen, S. J. W., van Knippenberg, R. J. M., de Vugt, M. E., & Delespaul, P. A. E. G. (2020). Digital assessment of working memory and processing speed in everyday life: Feasibility, validation, and lessons-learned. *Internet Interventions, 19*, 100300. https://doi.org/10.1016/j.invent.2019.100300

Dini, M., Gamberini, G., Tacchini, M., Boschetti, A., Gradassi, A., Chiveri, L., Rodegher, M., Comi, G., & Leocani, L. (2024). Development and validation of an electronic Symbol-Digit Modalities Test for remote monitoring of people with multiple sclerosis. *European Journal of Neurology*. https://doi.org/10.1111/ene.16454

Dini, M., Gamberini, G., Tacchini, M., Boschetti, A., Gradassi, A., Chiveri, L., Rodegher, M., Comi, G., & Leocani, L. (2025). Development and validation of an electronic Symbol-Digit Modalities Test for remote monitoring of people with multiple sclerosis. *European Journal of Neurology*, *32*(1), e16454. https://doi.org/10.1111/ene.16454

Franzen, S., Papma, J. M., van den Berg, E., & Nielsen, T. R. (2021). Cross-cultural neuropsychological assessment in the European Union: A Delphi expert study. *Archives of Clinical Neuropsychology, 36*(5), 815–830. https://doi.org/10.1093/arclin/acaa083

Gilbert, S. J., Boldt, A., Sachdeva, C., Scarampi, C., & Tsai, P. C. (2023). Outsourcing memory to external tools: A review of intention offloading. *Psychonomic Bulletin & Review, 30*(1), 60–76. https://doi.org/10.3758/s13423-022-02139-4

Goldberg, T. E., Harvey, P. D., Wesnes, K. A., Snyder, P. J., & Cornblatt, B. A. (2015). Practice effects in longitudinal cognitive testing: Implications for clinical trials. *Alzheimer's & Dementia: Diagnosis, Assessment & Disease Monitoring, 1*(1), 103–111. https://doi.org/10.1016/j.dadm.2014.11.003

Goldberg, T. E., Harvey, P. D., Wesnes, K. A., Snyder, P. J., & **Schneider, L. S.** (2015). Practice effects due to serial cognitive assessment: Implications for preclinical Alzheimer's disease randomized controlled trials. *Alzheimer's & Dementia: Diagnosis, Assessment & Disease Monitoring*, *1*(1), 103–111. https://doi.org/10.1016/j.dadm.2014.11.003

Gualtieri, C. T., & Johnson, L. G. (2006). Reliability and validity of a computerized neurocognitive test battery, CNS Vital Signs. *Archives of Clinical Neuropsychology, 21*(7), 623–643. https://doi.org/10.1016/j.acn.2006.05.007

Heersmink, R. (2015). Dimensions of integration in embedded and extended cognitive systems. *Phenomenology and the Cognitive Sciences, 14*(3), 577–598. https://doi.org/10.1007/s11097-014-9355-1

Hinton-Bayre, A., & Geffen, G. (2005). Comparability, reliability, and practice effects on alternate forms of the Digit Symbol Substitution and Symbol Digit Modalities Tests. *Psychological Assessment, 17*(2), 237–241. https://doi.org/10.1037/1040-3590.17.2.237

Kail, R., & Salthouse, T. A. (1994). Processing speed as a mental capacity. *Acta Psychologica, 86*(2–3), 199–225. https://doi.org/10.1016/0001-6918(94)90003-5

Malarbi, S., Ellis, R., Josev, E. K., Haebich, K. M., Nguyen, T. N. N., Lau, K., Burnett, A. C., Pride, N., Payne, J. M., & Anderson, P. J. (2025). Elevated scaled scores when using the digital version of the WISC-V coding subtest. *Child Neuropsychology, 31*(7), 1031–1043. https://doi.org/10.1080/09297049.2025.2459444

Manca, R., Sharrack, B., Paling, D., Wilkinson, I. D., & Venneri, A. (2018). Brain connectivity and cognitive processing speed in multiple sclerosis: A systematic review. *Journal of the Neurological Sciences, 388*, 115–127. https://doi.org/10.1016/j.jns.2018.03.003

O'Brien, A. M., Bartlett, A. N., Frost, N., & Casey, J. E. (2022). Inflated scaled scores on the digital WISC-V coding subtest in a Canadian sample. *Applied Neuropsychology: Child, 11*(2), 150–157. https://doi.org/10.1080/21622965.2020.1773270

Parsons, T., & Duffield, T. (2020). Paradigm shift toward digital neuropsychology and high-dimensional neuropsychological assessments: Review. *Journal of Medical Internet Research, 22*(12), e23777. https://doi.org/10.2196/23777

Risko, E. F., & Gilbert, S. J. (2016). Cognitive offloading. *Trends in Cognitive Sciences, 20*(9), 676–688. https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.07.002

Seo, D., So, J. M., Kim, J., Jung, H., Jang, I., Kim, H., Kang, D. W., Lim, Y. M., Choi, J., & Lee, E. J. (2024). Digital symbol-digit modalities test with modified flexible protocols in patients with CNS demyelinating diseases. *Scientific Reports, 14*(1), 14649. https://doi.org/10.1038/s41598-024-65486-3

Sternin, A., Burns, A., & Owen, A. M. (2019). Thirty-five years of computerized cognitive assessment of aging—Where are we now? *Diagnostics, 9*(3), 114. https://doi.org/10.3390/diagnostics9030114

Strauss, E., Sherman, E. M. S., & Spreen, O. (2006). *A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary* (3rd ed.). Oxford University Press.

Vermeent, P. C. S., Spaltman, M., van Elswijk, G., Miller, J. B., & Schmand, B. A. (2022). Philips IntelliSpace Cognition digital test battery: Equivalence and measurement invariance compared to traditional analog test versions. *The Clinical Neuropsychologist, 36*(8), 2278–2299. https://doi.org/10.1080/13854046.2021.1974565

Vermeent, S., Dotsch, R., Schmand, B., Klaming, L., Miller, J. B., & van Elswijk, G. (2020). Evidence of validity for a newly developed digital cognitive test battery. *Frontiers in Psychology, 11*, 770. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00770

Wild, K., Howieson, D., Webbe, F., Seelye, A., & Kaye, J. (2008). Status of computerized cognitive testing in aging: A systematic review. *Alzheimer's & Dementia, 4*(6), 428–437. https://doi.org/10.1016/j.jalz.2008.07.003

Wojcik, C. M., Beier, M., Costello, K., DeLuca, J., Feinstein, A., Goverover, Y., Gudesblatt, M., Jaworski, M., III, Kalb, R., Kostich, L., LaRocca, N. G., Rodgers, J. D., & Benedict, R. H. B. (2019). Computerized neuropsychological assessment devices in multiple sclerosis: A systematic review. *Multiple Sclerosis Journal, 25*(14), 1848–1869. https://doi.org/10.1177/1352458519879094