Journal of Curriculum and Teaching Methodology (JCTM) • Vol 3, Issue 10 (2024) • P: 34 - 16
https://journals.ajsrp.com/index.php/jctm
ISSN: 2790-7333 (Online) • ISSN: 2790-7325 (Print)

Psychometric properties of a virtual science labs assessment questionnaire using confirmatory factor analysis and neural networks among middle school students

Ms. Ibtihal Zakaria Hafez*[1], Ms. Sara Owidh Alosimi[1], Co-Prof. Fawaz Hassan Shehadeh[2]

[1] Kingdom of Saudi Arabia

[2] Arab University of Amman | Jordan

Received: 20/07/2024

Revised: 20/07/2024

Accepted: 06/08/2024

Published: 30/10/2024

* Corresponding author: eptehal.z.h@gmail.com

Citation: Hafez, I. Z., Alosimi, S. O., & Shehadeh, F. H. (2024). Psychometric properties of a virtual science labs assessment questionnaire using confirmatory factor analysis and neural networks among middle school students. *Journal of Curriculum and Teaching Methodology, 3*(10), 16 – 34. https://doi.org/10.26389/AJSRP.B200724

2024 © AISRP • Arab Institute of Sciences & Research Publishing (AISRP), Palestine, all rights reserved.

• **Open Access**

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license

Abstract: This study aimed to investigate the psychometric properties of a questionnaire assessing virtual science labs among middle school students. It also sought to uncover the difficulties faced by these students in utilizing virtual labs for science education, examine the factorial structure of the assessment questionnaire, estimate its reliability, and validate its construct validity using confirmatory factor analysis (CFA). Additionally, the study aimed to diagnose the structure of the concept of awareness about the importance of virtual labs through neural network analysis. To achieve these goals, the study employed a descriptive correlational methodology. The study instrument consisted of a questionnaire with 33 items distributed across four dimensions: awareness, participation, obstacles, and suggestions. The questionnaire was administered to a sample of 97 female students. Results from exploratory factor analysis (EFA) revealed four factors with high loading values. Confirmatory factor analysis indicated a good fit for the four-factor model with the data (RMSEA=0.091, CFI=0.941, TLI=0.939). In light of the neural network analysis indicators, the most influential items affecting the others were W7, D2, D6, P5, and P7. The internal consistency reliability (Omega squared) for the overall questionnaire was 0.957, and the alpha coefficient for the overall questionnaire was 0.932, indicating a high level of reliability and validity. Additionally, the results showed no statistically significant differences between males and females in the virtual labs assessment questionnaire.

Keywords: virtual labs, factor analysis, neural network analysis, science subject, middle school.

الخصائص السيكومترية لاستبانة تقييم المختبرات الافتراضية لمادة العلوم باستخدام التحليل العاملي التوكيدي والشبكات العصبية لدى طلبة المرحلة المتوسطة

أ. ابتهال زكريا حافظ*[1]، أ. ساره عويض العصيمي[1]، أ.م.د/ فواز حسن شحادة[2]

[1] المملكة العربية السعودية

[2] جامعة عمان العربية | الأردن

المستخلص: هدفت الدراسة للكشف عن الخصائص السيكومترية لاستبانة تقييم المختبرات الافتراضية في مادة العلوم لدى طلاب المرحلة المتوسطة والكشف عن الصعوبات التي تواجه طلبة المرحلة المتوسطة في تفعيل المختبرات الافتراضية في تدريس مادة العلوم والكشف عن البنية العاملية لاستبانة تقييم المختبرات الافتراضية وتقدير درجة ثبات الاستبانة والتحقق من صدقه باستخدام التحليل العاملي التوكيدي إضافة إلى تشخيص بنية مفهوم الوعي بأهمية المختبرات الافتراضية في ضوء تحليل الشبكات العصبية، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي الارتباطي، وتكونت أداة الدراسة من استبانة مكونة من(33) مفردة موزعة على أربعة أبعاد (الوعي، المشاركة، المعوقات، المقترحات)، تم تطبيقه على عينة بلغت 97 طالبة، وأظهرت نتائج التحليل العاملي الاستكشافي أربعة عوامل بقيم تشبعات مرتفعة، وأسفرت نتائج التحليل التوكيدي عن مطابقة مناسبة للبناء المكون من أربعة عوامل مع البيانات (RMSEA=0.091, CFI=0.941 TLI=0.939)، وفي ضوء مؤشرات البينية والتقريب وشدة التأثير لتحليل الشبكات العصبية اتضح أن أكثر المفردات التي لها تأثير على بقية المفردات هي (W7,D2,D6,P5,P7)، وظهرت قيم ثبات الاتساق الداخلي أوميجا تربيع عن (0.957) للاستبانة ككل وقيمة ألفا للاستبانة ككل ن (0.932) وهذا يشير إلى تمتع الاستبانة بدرجة جيدة من الصدق والثبات، كما أظهرت النتائج عدم وجود فروق دالة إحصائيًا بين الذكور والإناث في استبانة تقييم المختبرات الافتراضية.

الكلمات المفتاحية: المختبرات الافتراضية، التحليل العاملي، تحليل الشبكات العصبية، مادة العلوم، المرحلة المتوسطة.

1- المقدمة والإطار النظري.

نعيش في عصر يشهد ثورة علمية، ومعرفية، وتقنية هائلة، حيث يتوالى تراكم الاكتشافات والنظريات وتطبيقاتها التكنولوجية بصورة مطورة، بات العصر الإلكتروني والرقمي مؤثراً في جميع مناحي الحياة بما في ذلك التعليم. توفر التقنيات الجديدة فرصًا مبتكرة لتعزيز عملية التعلم وتحسين الطرق التعليمية التقليدية. واحدة من هذه الابتكارات هي المختبرات الافتراضية القائمة على الذكاء الاصطناعي، التي توفر بيئة تعليمية محاكاة لتجارب العلوم بشكل افتراضي.

ولقد أصبح استخدام الواقع الافتراضي في العملية التعليمية ضرورة حتمية لا مفر منها، وخاصة في ظل مستحدثات هذا العصر، حيث يتجه المجتمع التعليمي حالياً إلى تكنولوجيا الواقع الافتراضي للتغلب على مشكلات العالم الواقعي، ويعتبر التعليم أحد المجالات الرائدة في الأخذ بتكنولوجيا الواقع الافتراضي وتطويعها للتغلب على مشكلات الواقع التعليمي، وبما أن العالم اليوم يعيش ثورة علمية وتكنولوجية أثرت في العملية التربوية فمن الضروري اختيار أساليب حديثة لتحسين عملية التعليم والتغلب على الصعوبات، ويمثل المختبر الافتراضي قمة ما أنتجته التقنية الحديثة في مجال تطوير طرق التدريس لجميع المراحل (الحازمي، 2010).

وتعتبر المختبرات الافتراضية القائمة على الذكاء الاصطناعي تقنية تعليمية مبتكرة وتطورًا مهمًا في تعليم العلوم، تهدف إلى تحسين عملية التعليم وتعزيز فهم الطلاب للمفاهيم العلمية. وبالتالي تحسين البيئة التعليمية وزيادة التفاعل والاهتمام لدى الطلبة بالمواد الدراسية. تطوير مهارات التفكير العلمي لدى الطلاب، حيث تمكن المتعلم من استكشاف المفاهيم العلمية والقيام بالتجارب العملية دون الحاجة إلى مختبرات تقليدية. تستخدم هذه التقنية أدوات الذكاء الاصطناعي والمحاكاة لتوفير تجارب تفاعلية وواقعية، مما يعزز فهم الطلبة ويحفزهم على استكشاف العلوم بشكل أكثر فعالية (Haenlein & Kaplan, 2019)

وفي ظل المستحدثات التقنية التي يحفل بها الحقل التربوي في الوقت الراهن، بات توظيف الواقع الافتراضي في العملية التعليمية وتعلم العلوم، أحد الضرورات الملحة التي تتماشى مع متطلبات القرن الواحد والعشرين؛ للتغلب على صعوبات استخدام الواقع الحقيقي (الحازمي، 2010، ص 66). وهو ما نتج عنه ما يعرف بالمختبرات الافتراضية (Virtual Laboratories)، التي أشار فازليديو (Vasiliadou, 2020) إلى أنها أحد تطبيقات الواقع الافتراضي، كما أضاف زيتون (2005) إلى أنها بيئة افتراضية تستهدف تنمية مهارات العمل المخبري لدى المتعلمين، وتوجد على أحد المواقع في شبكة الإنترنت، وتتضمن العديد من الروابط أو الأدوات المتعلقة بالأنشطة المختبرية وإنجازها وتقويمها.

ويرى الشهري (2009) أن الواقع الافتراضي أحد التطبيقات الأساسية للتعليم الإلكتروني التي تخدم بشكل خاص مناهج العلوم الطبيعية؛ حيث إنها من أهم المواد التي تحتاج في شرحها إلى المختبرات الحقيقية التي يكتنفها العديد من الصعوبات، وفي هذا الصدد أشارت الحازمي (2010، ص57) إلى أنها تسهم في التغلب على العديد من معوقات استخدام المختبرات الحقيقية التي تتمثل في كثرة أعداد المتعلمين، وقلة توافر الأجهزة والمواد الضرورية لممارسة التجارب العملية، وخطورة إجراء بعض التجارب في المختبر، وهو ما أكدته دراسات (هزاع وقطب، 2020؛ الشمراني، 2020؛ Maulidah & Prima, 2018).

كما يشير الخليفة ومطاوع (2018) أن المختبر الافتراضي يعد أحد برامج التعليم والتعلم بالحاسوب وما يحتوي عليه من برامج مساعدة في التعلم، وأن برامج المحاكاة الافتراضية تقوم بتوفير مواقف وتجارب مشابهة بما يواجه الطالب في حياته المعاصرة وتقدم له التدريب الحقيقي دون أن يتعرض لأي أخطار قد تواجهه عند إجراء التجارب المخبرية في العلوم الطبيعية. ويضيف، (Koretsky, 2020) أن المختبرات الافتراضية هي أحد مستحدثات تكنولوجيا المحاكاة والتي تم تطويرها والاستفادة منها في العملية التعليمية، حيث يُمكّن الطلاب من ممارسة التجارب المخبرية التي تحدث عادة في المختبر الحقيقي من خلال استخدام أدوات ومواد محاكاة افتراضية تزيد قدراتهم الاستيعابية لما يُشاهدونه ويكتشفونه من جديد مما لا يُتاح لهم في الواقع.

ولاستخدام المختبرات الافتراضية أهمية كبيرة في تدريس العلوم الطبيعية في المرحلة الثانوية؛ حيث أنها توفر خبرات بديلة لخبرات حقيقية يصعب أو قد يستحيل توفيرها في الواقع الحقيقي، كالتجوال داخل مفاعل نووي، أو التنقل بين المجرات، بالإضافة إلى تمكين المتعلمين من التفاعل مع مكونات التجارب التي لا يمكن إجرائها بالفصل الحقيقي، وتظهر الحقائق والمفاهيم والأشياء والظواهر على شكل صور ثلاثية الأبعاد، كما تساعد في تضييق الفجوة بين النظرية والتطبيق، وتنمية مهارات المتعلمين في المهارات الاستقصائية المختلفة، كما تساعد عمليات العلم والمهارات الاجتماعية ومهارات الأمن والسلامة في التعامل مع التجارب المختلفة، بالإضافة لتنمية مهارات التفكير العلمي والتنبؤ بالمشكلة وتحديدها، وفرض الفروض واختبارها (نوفل، 2010؛ البلطان، 2013؛ Keller & Keller, 2005).

ومع ذلك، على الرغم من الفوائد الواضحة للمختبرات الافتراضية القائمة على الذكاء الاصطناعي في تعليم العلوم، فإنها تواجه بعض المعوقات والتحديات التي تحد من استخدامها الكامل وتطويرها بشكل مستدام. ومن هنا تنشأ حاجة ملحة لتحليل هذه المشكلة وتوضيحها بدقة لكي نتمكن من التعامل معها وإيجاد الحلول المناسبة.

وأشار زيتون (2005) إلى أن من بين تلك المعوقات: نقص التفاعل الحقيقي مع الأجهزة والمواد والمعلم والزملاء، كما أنها تتطلب أجهزة كمبيوتر ومعدات ذات مواصفات خاصة قد لا تكون متوفرة، كما يحتاج تصميمها وإنتاجها إلى فريق عمل متخصص من المبرمجين والمعلمين، وخبراء المناهج وعلماء النفس، وكذلك ندرة المختبرات الافتراضية التي تعتمد اللغة العربية في التعامل معها، ويؤكد ذلك دراسات (الجهني، 2013؛ سبجي 2016؛ الغيث، 2017؛ الشمالي وهرشه، 2019) اللاتي أوضحن أن هناك العديد من المعوقات تحد من توظيف المختبرات الافتراضية في تعليم العلوم، منها: النقص الملحوظ في عدد أجهزة الحاسب الآلي في المدارس، وقلة برامج التدريب على استخدام المختبرات الافتراضية، وعدم وجود حوافز للمعلم على استخدام المختبرات الافتراضية، وارتفاع عدد الطلبة في الفصول الدراسية، وكثافة المحتوى العلمي، وصعوبة التعامل مع اللغة لبعض البرامج الحاسوبية، وعدم كفاية المدة الزمنية اللازمة لتدريس المنهج، وضعف مهارات الاتصال والعمل الجماعي بين الطلبة بالمختبر الافتراضي.

أما عيوب ومعوقات المختبر الافتراضي فتتمثل فيما ذكره كل من (المطيري، 2017؛ الشهري والعربي، 2018؛ السيف والعنزي، 2020):

- يحتاج المعلم في بعض الأحيان إلى الكثير من الوقت ليجيب عن استفسارات المتعلمين المتعلقة بفنيات تشغيل واستخدام الحاسب الآلي.
- وجود بعض المعوقات الفنية الخاصة بكفاءة الحاسب الآلي، وانقطاع الكهرباء، وغيرها من الفنيات المتعلقة بالبيئة المادية اللازمة لإجراء المختبر الافتراضي.
- تعاني بعض المختبرات من نقص في التفاعل الحقيقي بين المعلم والمتعلمين والزملاء وكذلك الأجهزة والمواد التي يقوم عليها المختبر.
- تحتاج هذه المختبرات في تصميمها وإنتاجها إلى متخصصين في مجال البرمجة وكذلك خبراء في المناهج وعلم النفس.
- ضرورة توفير محتوى تعليمي مناسب للنشر على المواقع باللغة التي يستوعبها المتعلمين.
- ضرورة وجود نظام إدارة ومتابعة للمعامل الافتراضية.
- ضرورة أن يكون المعلم على قدر مهم من المعرفة بالتعامل مع الفصول الافتراضية.
- تتطلب أجهزة حاسوبية حديثة، وبمواصفات محددة.
- تكلفة بعض البرامج عالية.
- ضعف شبكات الإنترنت في المدارس.
- نقص التفاعل الحقيقي بين المتعلمين والمعلم، والأجهزة والأدوات.
- كثافة المحتوى العلمي، وقلة توافر برامج للمعامل تناسب هذه المقررات
- الكثافة الطلابية في الفصل.
- كثرة عدد الحصص التي يُدرّسها المعلم.
- ضعف في الخدمات الأساسية في المختبر من معدات الأمن والسلامة.

ومن ثم يرى الباحثون أن المختبرات الافتراضية تنتابها أيضاً بعض التحديات والمعوقات وأنه يمكن التغلب على تلك المعوقات والصعوبات من خلال توفير الإمكانات والأجهزة وشبكة الإنترنت، ومن خلال الإعداد الجيد للمعلمين والمعلمات على استخدام مثل هذه التقنيات، والتوعية اللازمة للطلاب على استخدامها.

هنالك عدد من المحددات والمعوقات المرتبطة بالمختبرات الافتراضية (عبد الرحمن، 2012، زيتون، 2005) لعل أبرزها:

- نقص التفاعل الحقيقي مع الأجهزة والأدوات، والمواد، والمعلم، والزملاء.
- تتطلب أجهزة حاسوب ومعدات ذات مواصفات خاصة وذلك لتمثيل الظواهر المعقدة بشكل واضح.
- يحتاج تصميمها وإنتاجها إلي فريق عمل متخصص من المبرمجين والمعلمين وخبراء المناهج وخبراء في المادة الدراسية وعلماء النفس وغيرهم وهو ما قد يتوافر في بعض المؤسسات التعليمية.
- ندرة المختبرات الافتراضية التي تعتمد اللغة العربية في التعامل معها.
- نقص التفاعل الحقيقي مع الأجهزة والأدوات، والمواد، والمعلم، والزملاء.
- من الصعب القول بأن الحاسوب يضاهي استخدام المعدات الفعلية في تعليم المهارات المختبرية.
- مهارات الاتصال والعمل الجماعي من خلال المحاكاة لن تنافس المهارات الاجتماعية المكتسبة من التجربة الحقيقية.
- من الصعب توفير معمل افتراضي يتضمن كل الإمكانات التي يحتاجها الطلاب في المختبر الحقيقي.

- من المحتمل اقتصار عمل الطلاب في التجارب المحددة المبرمجة في برنامج المختبر الافتراضي فقط.

ويستخلص الباحثون أن المعوقات التي تواجه المختبرات الافتراضية القائمة على الذكاء الاصطناعي في تدريس العلوم والحلول المقترحة لها من وجهة نظر معلمي العلوم" تحديدًا هذه الحاجة، حيث سنستكشف التحديات التي تواجه هذه المختبرات من وجهة نظر المعلمين، الذين يعتبرون العنصر الأساسي في تنفيذ هذه التقنية وضمان نجاحها في الفصول الدراسية.

وفي ضوء ما تقدم، جاءت الدراسة الحالية لتقصي استبانة تقييم المختبرات الافتراضية لمادة العلوم باستخدام التحليل العاملي التوكيدي والشبكات العصبية لدى طلاب المرحلة المتوسطة.

1-2-الدراسات السابقة.

ومن الدراسات السابقة التي تناولت موضوع المختبرات الافتراضية الآتي:

- **دراسة بجيلي (2019)** التي هدفت للتعرف إلى واقع الاستفادة من المختبرات الافتراضية في تدريس العلوم بالمرحلة الثانوية في محافظة جدة، والتعرف إلى متطلبات ومعوقات استخدامها، وسبل تطويرها. واستخدمت الباحثون المنهج الوصفي التحليلي، كما استخدمت الاستبانة كأداة للدراسة وقد طبقت الدراسة على عينة مكونة من (275) معلمة تم اختيارهم عشوائيًا من معلمات العلوم في المرحلة الثانوية ومعلمات الفيزياء والكيمياء ومحضرات المختبر. وتوصلت النتائج إلى أن المختبرات الافتراضية تخدم الميدان التعليمي بكفاءة عالية، وبكل يسر وسهولة، وأن تقنية المختبرات الافتراضية تعتبر بديل جيد في حال عدم توفر المواد الكيماوية والأجهزة والمستلزمات التعليمية.
- وأجرى **الشمراني (2020)** دراسة هدفت التعرف إلى مدى توافر متطلبات المختبرات الافتراضية اللازمة لتدريس العلوم المتوسطة. واستخدم المنهج الوصفي الذي يدرس الواقع، كما تكونت أداة الدراسة من استبانة، وتكونت عينة الدراسة من (70) معلمًا و(20) مشرفًا تم اختيارها بطرقة عشوائية طبقية من مجتمع الدراسة. وأظهرت النتائج أن مستوى توافر متطلبات المختبرات الافتراضية اللازمة لتدريس العلوم جاءت بمستوى توافر متوسط، وأن معوقات استخدام المختبرات الافتراضية في تدريس العلوم بالمرحلة المتوسطة جاءت بمستوى عوق متوسط.
- في حين هدفت **دراسة الطويرقي (2019)** للتعرف على معوقات استخدام المختبرات الافتراضية المتعلقة بالمعلم والمتعلم، والإدارة المدرسية وبمقررات العلوم، وبتقنيات الحاسب والتجهيزات المدرسية، من وجهة نظر معلمي العلوم الطبيعية بالمرحلة الثانوية بمحافظة الطائف، والكشف عن دلالة الفروق الإحصائية في درجات تقدير معوقات استخدام المختبرات الافتراضية لدى معلمي العلوم الطبيعية بالمرحلة الثانوية بمحافظة الطائف التي تعزى إلى التخصص، وسنوات الخبرة بالتدريس، الدورات التدريبية بمجال المختبرات الافتراضية، وقد بينت النتائج أن المتوسط الكلي لدرجة وجود المعوقات في استخدام المختبرات الافتراضية لدى معلمي العلوم الطبيعية بالمرحلة الثانوية بلغ (٣,٤٩) بدرجة كبيرة؛ كما تبين وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطات استجابات أفراد العينة حول تقدير المعوقات المتعلقة بالمعلم والمتعلم، والإدارة المدرسية، وبمقررات العلوم، وبتقنيات الحاسب والتجهيزات المدرسية تعزى إلى التخصص لصالح معلمي الكيمياء، وللسنوات الخبرة في التدريس لصالح الأقل خبرة، وفي الدورات التدريبية لصالح غير حاصلين على دورات تدريبية بمجال المختبرات الافتراضية، وكذلك تبين وجود فروق لصالح المعلمين بالمدارس الثانوية التي لا يتوافر فيها غرفة مصادر مستقلة بالمدرسة.
- **في حين استهدفت دراسة بلفقيه (2020)** معرفة معوقات استخدام المختبرات الافتراضية المتعلقة بالمعلم والمواد الدراسية وتقنيات الحاسوب والتجهيزات المدرسية، من وجهة نظر معلمي العلوم الطبيعية في المرحلة الثانوية بمدارس المكلا، ومعرفة الدلالة الاحصائية في درجات تقدير المعوقات التي تعزى إلى التخصص ومستوى التعامل مع المختبرات توصلت الدراسة إلى وجود معوقات بدرجة كبيرة وترتيب هذه المعوقات تنازليا كالتالي: المواد الدراسية، المعلم، تقنيات الحاسوب، والتجهيزات المدرسية، وتبين عدم وجود فروق ذات دلالة احصائية تعزى للتخصص، ووجود فروق ذات دلالة احصائية في التعامل مع المختبرات الافتراضية لصالح الذين لم يتعاملون معه من قبل مقابل الذين يتعاملون معه بشكل متوسط أو مقبول.

1-3-مشكلة الدراسة وأسئلتها:

أصبح تطبيق المختبرات الافتراضية القائمة على الذكاء الاصطناعي في تدريس العلوم في المملكة العربية السعودية، أمرًا حتميًا، بحتمية الظروف الراهنة في جميع انحاء العالم. حيث تواجه المختبرات الافتراضية القائمة على الذكاء الاصطناعي في تدريس العلوم مجموعة من المعوقات التي تعيق تطورها وتحقيق فوائدها الكاملة نتيجة تقدم التكنولوجيا وتطور الذكاء الاصطناعي، أصبحت المختبرات الافتراضية تحظى بشعبية متزايدة في مجال تدريس العلوم. ومع ذلك، فإن فهم المعوقات التي تواجه تطبيقات الذكاء

الاصطناعي في المختبرات الافتراضية يمكن أن يساعدنا في تحسين وتطوير هذه التقنيات بشكل أفضل، وبسبب أن تدريس العلوم من خلال المختبرات الافتراضية التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي يعتبر أسلوبًا مبتكرًا وفعالًا لتعزيز عملية التعلم وفهم المفاهيم العلمية. ومع ذلك، فإن وجود مشكلات تقنية أو تحديات أخرى يمكن أن تحد من فعالية هذه المختبرات وتعرقل عملية التعليم، كما تلعب مساهمة المعلمين دورًا حاسمًا في تنفيذ واستخدام المختبرات الافتراضية المعتمدة على الذكاء الاصطناعي في الفصول الدراسية. لذلك، فإن فهم وجهات نظرهم وتحليل التحديات التي يواجهوها يمكن أن يساعد في توجيه جهود تطوير وتحسين هذه التقنيات، لتلبية احتياجات المعلمين وتعزيز تجربة التعلم لدى الطلبة.

ومن خلال خبرة الباحثين في التعامل مع كل من له علاقة بعملية التعلم والتعليم، ومن خلال استطلاع آراء عديد من الزملاء حول موضوع المعوقات التي تواجه المختبرات الافتراضية في تدريس العلوم والحلول المقترحة لها من وجهة نظر معلمي العلوم تبين أن هناك مجموعة من الصعوبات والعقبات تحد من تطبيقه سواء أكانت متعلقة بالمعلم والطالب وبطريقة عرض المحتوى التعليمي.

كما أسهمت النمذجة البنائية في مجال القياس بإعطاء حل لمشكلة خطأ القياس في المجال النفسي التربوي بقدرتها على إعطاء صوره مبسطة وشاملة للنماذج النظرية المعقدة. واستخدام استراتيجية نمذجة المعادلة البنائية التي تسعى إلى التكامل بين العاملين الاستكشافي والتوكيدي وضرورة بناء أداة استبانة للمختبرات الافتراضية تتسم بدقة وجوده عالية ومن الأساليب الاحصائية المهمة التي تحدد عدد عوامل البناء من خلال توزيع المفردات على العوامل لتعطي بناء واضح ومفهوم وهو العامل الاستكشافي، ويؤكد تحليل العامل التوكيدي صحة بناء أداة استبانة المختبرات الافتراضية.

وظهر حديثًا مدخل تحليل الشبكات العصبية، وهو مدخل يسمح للباحثين للتحقق السيكومتري من المقاييس النفسي، وفي مجال علم النفس أصبحت الشبكات العصبية تستخدم كمدخل سيكومتري بديل لاكتشاف وتقويم المفاهيم والظواهر مع معالجة مشكلات أو محددات الطرق السيكومترية التقليدية (Borsboom, 2017)، ويمكن استخدام الشبكات العصبية كاستراتيجية للتحقق السيكومتري للمقاييس والاختبارات النفسية تمامًا مثل إجراءات الثبات والصدق ونظرية الاستجابة للمفردة والتحليل العاملي، وتحليل الشبكات العصبية السيكومترية يقوم على تفسير ديناميات العلاقات والارتباطات بين المتغيرات أو العقد في الشبكة، بالإضافة إلى أنها تسمح بفحص مركزية أو أهمية العقدة حيث يشخص أهمية المفردات أو العقد داخل الشبكة التي ربما تكون مفتاح أساسي لتطوير وتشكيل واستمرارية البناء النفسي (عامر، 2024).

وفي تحليل الشبكات يمكن رؤية المفهوم النفسي كنظام أو منظومة من المتغيرات أو العقد المرتبطة معًا بطريقة لو حدث تغير لمتغير أو عقدة في الشبكة تتغير معها بقية المتغيرات الأخرى (Christodoulou et al.,2018)، وهذه الطريقة السيكومترية تمثل اتجاه حديث لإعطاء تفسير أو وصف لديناميات المفردات في علاقتها ببعضها من خلال منظومة شبكية بصرية يوضح فيها التقارب أو التباعد بين المتغيرات في تصور هندسي أو بناء مترابط وليس كما هو متبع في التحليل العاملي حيث علاقة المتغير أو المفردة بالبناء أو الأبنية التحتية للمفهوم(عامر، 2024)

والشبكة العصبية السيكومترية عبارة عن شكل بسيط يتضمن مكونين أساسين هما مجموعة من العقد Nodes وهي خلايا عصبية (دوائر) وتعكس متغيرات، أو مفردات المقاييس، أو أفراد، أو أعراض، ومجموعة من الحواف Edges وهي تمثل الارتباطات أو التفاعلات أو التقاربات (الخطوط) وتعرض العلاقات النقية (الارتباطات الجزئية) بين العقد ويتم عرض هذين المكونين بصريًا لإعطاء فهم أفضل لهندسة النموذج والتفاعلات بين هذه المكونات)عامر، 2014).

ويمكن تحليل بنية الشبكة العصبية لتقدير أهمية العقدة في الشبكة من خلال مؤشرات أو قياسات المركزية و(;Christodoulou, et al., 2018; Epskamp et al., 2018، عامر، 2024 وهي أربعة مقاييس للمركزية هي كالآتي:

1. **مقياس الدرجة Node degree** حيث يقيم مركزية العقدة في ضوء عدد الحوافي أو عدد التفاعلات أو الارتباطات المرتبطة بها وهذا المؤشر هو مجموع الارتباطات الموزونة لعقدة معينة مع العقد الأخرى وكلما زادت قيمته دل على أهمية العقدة أو المفردة في الشبكة.
2. **مقياس قوة العقدة Node strength** وهذا مؤشر لمقدار، أو حجم، أو قوة العلاقة، أو الارتباط لعقدة معينة مع بقية العقد وهو مؤشر على درجة كبيرة من الأهمية في الشبكات العصبية النفسية حيث يعكس احتمالية أن العقدة لها قدرة على تنشيط عقد أخرى في الشبكة، وهو يعكس الأهمية العالية للعقدة أو المفردة في الاستبانة ويعكس نشاط لمتغير معين في علاقته مع بقية المتغيرات.
3. **مقياس مركزية القرب أو التقاربية للعقدة Closeness Centrality:** وهو مؤشر لتقييم المسافة بين عقدة معينة وباقي العقد في الشبكة ومتوسط أقصر طول مسار بين عقدة معينة وباقي العقد في الشبكة، وهو تكميم لارتباط العقدة بطريقة غير مباشرة مع بقية العقد أو مدى اقتراب العقدة مع بقية العقد.

4. **مقياس مركزية البينية للعقدة Betweenness Centrality:** هي مؤشر لتكميم عدد المرات التي تتوسط فيه العقدة العلاقة بين أي عقدتين في الشبكة، وهي تكميم لمدى أهمية العقدة في المسار المتوسط بين عقدتين أخرتين، وهو مقياس لتأثير عقدة ما على باقي العقد، والقيمة صفر تشير إلى أن العقدة غير موجودة بين أي عقدتين بالتالي فإنها عديمة الأهمية بينما القيمة الأكبر من الصفر تعني أن العقدة تتوسط مسارات قصيرة للعلاقات مع العقد الأخرى.

من هنا تتحدد مشكلة الدراسة المرتبطة بتقدير الخصائص السيكومترية لاستبانة الوعي بالمختبرات الافتراضية في الاسئلة الآتية:

1- ما الصعوبات التي تواجه طلاب المرحلة المتوسطة في تفعيل المختبرات الافتراضية في تدريس مادة العلوم؟
2- ما البنية العاملية الاستكشافية لاستبانة تقييم المختبرات الافتراضية في تدريس مادة العلوم لطلاب المرحلة المتوسطة؟
3- ما مدى مطابقة أبعاد استبانة تقييم المختبرات الافتراضية في تدريس مادة العلوم لطلاب المرحلة المتوسطة مع بيانات العينة؟
4- ما إمكانية التحقق من تشخيص البنية الداخلية لبنية استبانة تقييم المختبرات الافتراضية في ضوء تحليل الشبكات العصبية؟
5- ما درجة ثبات ابعاد استبانة تقييم المختبرات الافتراضية في تدريس العلوم لطلاب المرحلة المتوسطة؟
6- هل يختلف مستوى الوعي لطلاب المرحلة المتوسطة لاستبانة تقييم المختبرات الافتراضية في تدريس مادة العلوم باختلاف متغير الجنس؟

1-4-أهداف الدراسة:

1- الكشف عن الصعوبات التي تواجه طلاب المرحلة المتوسطة في تفعيل المختبرات الافتراضية في تدريس مادة العلوم.
2- الكشف البنية العاملية لاستبانة تقييم المختبرات الافتراضية في تدريس مادة العلوم لطلاب المرحلة المتوسطة.
3- التحقق من صدق استبانة تقييم المختبرات الافتراضية في تدريس مادة العلوم لطلاب المرحلة المتوسطة باستخدام التحليل العاملي التوكيدي.
4- تشخيص بنية مفهوم الوعي بأهمية المختبرات الافتراضية في ضوء تحليل الشبكات العصبية.
5- تقدير درجة ثبات أبعاد تقييم المختبرات الافتراضية في تدريس مادة العلوم لطلاب المرحلة المتوسطة.
6- الكشف عن الفروق بين الذكور والاناث في وعي طلبة المرحلة المتوسطة لأبعاد تقييم للمختبرات الافتراضية في تدريس مادة العلوم.

1-5-أهمية الدراسة:

تلخصت أهمية الدراسة في بعديها الأهمية النظرية والعملية؛ كالآتي:

- **أهمية الدراسة النظرية:** وتبرز من تسليط الضوء على المعوقات التي تواجه المختبرات الافتراضية القائمة على الذكاء الاصطناعي في تدريس العلوم والحلول المقترحة لها من وجهة نظر الطلاب ؛ وهذا يساهم في دراسة المشكلات والتحديات التي تواجه المختبرات الافتراضية القائمة على الذكاء الاصطناعي في تدريس العلوم، وبالتالي المساهمة في توسيع المعرفة والفهم لكيفية استخدام الذكاء الاصطناعي في التعليم والتعلم، إضافة إلى أن معرفة وفهم المعوقات التي تواجه المختبرات الافتراضية، يمكن أن يساعد في تطوير المناهج الدراسية وتكامل التقنية في العملية التعليمية. يمكن استخدام النتائج لتعزيز تصميم المناهج وتطوير الأدوات والتقنيات المستخدمة في تدريس العلوم باستخدام المختبرات الافتراضية، كما قد تساهم النتائج والتوصيات في تحسين تصميم وتنفيذ هذه المختبرات، وذلك يعزز تطور وتقدم هذا المجال من خلال إيجاد الحلول المناسبة لتعزيز العملية التعليمة في المستقبل، إضافة لتناولها موضوعًا في غاية الأهمية في عصر يتمثل التكنولوجيا في جميع ميادينه وبما فيها المؤسسات التعليمية الحكومية والخاصة على حد سواء.
- **الأهمية العملية:** وتتمثل في تحسين تجربة التعلم من خلال تحديد ومعالجة لمعوقات والتحديات التي تواجه المختبرات الافتراضية القائمة على الذكاء الاصطناعي والذي قد يؤدي إلى تحسين تجربة التعلم للطلاب، وبالتالي تحسين جودة التعليم وتعزيز فهم الطلاب للمفاهيم العلمية، كما يمكن استخدام النتائج والتوصيات لتطوير وتحسين التقنيات والأدوات التعليمية المستخدمة في المختبرات الافتراضية القائمة على الذكاء الاصطناعي من خلال التحسينات، يمكن توفير تجارب تعليمية محسنة وفعالة للطلاب، مما يساهم في تطوير التقنية التعليمية واستخدامها في مجالات أخرى أيضًا، كما يؤمل أن تشكل هذه الدراسة وتوصياتها مرجعًا علميًا يفيد أصحاب القرار في وزارة التعليم لوضع الخطط والإجراءات للسير بالعملية التعلمية التعليمية، كما أنها توفر الدراسة مقياس يساعد أصحاب القرار على قياس تحديات تطبيق التعليم عن بعد في وزارة والتعليم.

1-6-حدود الدراسة:

اقتصرت الدراسة على تقييم استبانة المختبرات الافتراضية في تدريس العلوم للعام الدراسي 2024/2023م، كما تحددت نتائج الدّراسة الحالية بالخصائص السيكو مترية لأدوات الدراسة، ولا يمكن تعميم نتائجها إلا على نفس المجتمع الذي تم سحب العينة منه وعلى المجتمعات الأُخرى المماثلة له، كما تتحدد درجة تعميم النتائج أيضًا بمدى تمثيل عينة الدراسة لمجتمعها الأصلي وفقًا للاختيار العشوائي لأفراد العينة.

1-7-مصطلحات الدراسة وتعريفاته الإجرائية

- **المختبرات الافتراضية القائمة:** يُعرف فاسيليادو (Vasiliadou, 2020) المختبرات الافتراضية القائمة بأنها عبارة عن أداة تعليمية قوية تمكن الطلبة من إجراء التجارب في منازلهم، أو عن بعد باستخدام شبكة الإنترنت عبر مجموعات تسمح بالتعاون بين الطلاب؛ فهي توفر فرصة ممتازة لإشراك الطلاب في التكنولوجيا، دون أي قيود زمنية أو مكانية، مع تقديم تغذية راجعة فورية للمتعلمين، والسماح لهم بتعرف قواعد الصحة والسلامة، بالإضافة لتكرار الأنشطة والتجارب المختبرية مع تجنب الظروف أو الأضرار غير المتوقعة (p.482).
  - **ويقصد بها إجرائيًا:** معامل العلوم الإلكترونية التي تحاكي المختبرات الواقعية والتي تتألف من أجهزة حاسوبية متصلة بشبكة الإنترنت، ومعززة ببرامج تعليمية محوسبة يستخدمها معلمي العلوم الطبيعية لشرح ومحاكاة التجارب المختبرية، دون الالتزام بأي قيود زمانية أو مكانية، مع تقديم تغذية راجعة فورية للمتعلمين، دون التعرض لأي مخاطر.

2- منهجية الدراسة وإجراءاتها.

2-1-منهج الدراسة:

اتبع الباحثون المنهج الوصفي الارتباطي للإجابة على اسئلة الدراسة المتضمنة الخصائص السيكومترية سواء تقدير أدلة الصدق من الاتساق الداخلي والتحليل العاملي الاستكشافي والتوكيدي وتحديد أهمية أو دور مفردات استبانة المختبرات الافتراضية القائمة على الذكاء الاصطناعي في تشكيل بنية المفهوم باستخدام تحليل الشبكات العصبية الاصطناعية، وكذلك تقدير ثبات الاستبانة وأبعاده.

2-2-عينة الدراسة:

تضمن مجتمع الدراسة طلبة المراحل الدراسية المتوسطة في مدينة مكة المكرمة، وتضمنت عينة الدراسة 97 طالبًا وطالبة بالمرحلة المتوسطة، وتوزعت حسب الجنس إلى 40 (41.2%) طالبة أنثى و57(58.8%) طالبا ذكر.

2-3-أداة الدراسة:

لتحقيق أهداف الدراسة تم إعداد تقييم المختبرات الافتراضية لدى تلاميذ المرحلة المتوسطة لقياس واقع هذه المختبرات ومعوقات وإمكانيات هذه المختبرات في المرحلة المتوسطة متضمنا العديد من الأبعاد الممثلة لهذا المفهوم. تم بناء الاستبانة في ضوء الاستفادة من الدراسات السابقة والاطروحات النظرية مثل دراسات (الحازمي، 2010؛ هزاع وآخرون، 2018؛ الشمراني، 2020).

2-4-وصف الاستبانة:

تكونت استبانة تقييم المختبرات الافتراضية من(33) ثلاثة ثلاثون مفردة، موزعة على أربعة أبعاد وهي كالآتي:

الجدول(1) توزيع مفردات استبانة تقييم المختبرات الافتراضية على أبعاده الأربعة.

م	أبعاد الاستبانة	عدد المفردات
1	وعي الطلبة	8
2	المشاركة	8
3	المعوقات والصعوبات	9
4	الحلول المقترحة	8
	إجمالي المفردات	33

2-4-1-صدق المحتوى للاستبانة: تم عرض مفردات الاستبانة على خمسة خبراء من معلمي وموجهي المرحلة المتوسطة لمقرر العلوم لفحص محتوى مفردات الاستبانة ومناسبة صياغتها وارتباطها بالواقع التدريسي.

2-5-تصحيح مفردات الاستبانة:

يتضمن الاستبانة 33 مفردة وتم وفقا لتدريج ليكرت الخماسي (موافق بشدة = 5، موافق = 4، متوسطة = 3، غير موافق = 2، غير موافق على الإطلاق = 1)، وعليه تراوحت درجات الاستبانة من الدرجة الدنيا 33 إلى الدرجة القصوى 165.

2-6-الإجراءات:

تم تطبيق الاستبانة على عينة من تلاميذ المرحلة المتوسطة في مدينة مكة المكرمة، واستغرق ترميين دراسيين من العام الحالي، وقد وجد العديد من الصعوبات اثناء تطبيق الاستبانة منها عدم جدية التلاميذ وعزوفهم على تطبيق الاستبانة والاستجابة عليه، وهذا أدى إلى صغر حجم العينة إلى حدًا ما.

2-7-التحليل الاحصائي:

تم استخدام المتوسط الحسابي، والانحراف المعياري، لتحديد درجة توافر مظاهر تقييم المختبرات الافتراضية، واستخدام التحليل العاملي الاستكشافي مع طريقة التدوير المتعامد فريماكس، والتحليل العاملي التوكيدي باستخدام طريقة التقدير Weighted least square mean of variance (WLSMV) لأنها تصلح للبيانات غير الاعتدالية، والرتبية التصنيفية، وأحجام العينات الصغيرة (Muthen & Muthen, 2012)، وتم تقييم مطابقة نموذج التحليل العاملى التوكيدي في ضوء مؤشر المطابقة المقارن CFI، ومؤشر توكر–لويس TLI (أكبر من 0.90)، ومؤشر RMSEA (0.09فأقل)، وإحصاء كاي تربيع وقيمة p غير الدالة إحصائيًا (Hu & Bentler, 1999، وعامر، 2018)، وتم تقدير ثبات الاتساق الداخلي باستخدام المختبرات ألفا والمختبرات أوميجا تربيع للاستبانة وأبعاده. وتم استخدام برنامج JASPلتنفيذ الشبكات العصبية من خلال Network

وتم تحليل البيانات باستخدام برنامج SPSS(28) وبرنامج MPLUS (7) وبرنامج JASP(8).

3- النتائج ومناقشتها.

قبل الإجابة على أسئلة الدراسة تم التحقق من التوزيع الاعتدالي لبيانات مفردات الاستبانة باستخدام مؤشري الالتواء والتفرطح، وتتحقق الاعتدالية إذا كانت قيم الالتواء والتفرطح في المدى (2 ,2-) (Field, 2013)، وقد تراوحت قيم الالتواء من -0.37 إلى -1.85 بينما تراوحت قيم التفرطح من لمعظم المفردات من 0.04 إلى 0.3 وعليه تتحقق الاعتدالية لمفردات الاستبانة.

3-1-النتائج الخاصة بالسؤال البحثي الثاني: ما هي البنية العاملية الاستكشافية لاستبانة تقييم المختبرات الافتراضية في تدريس مادة العلوم لطلاب المرحلة المتوسطة؟

تم توظيف طريقة تحليل المكونات الأساسية مع التدوير المتعامد بطريقة فاريماكس، وذلك لحساب اختبار ملاءمة حجم العينة (KMO)، وكذلك قيمة محدد مصفوفة معاملات الارتباط، وقيمة كا2 المرتبطة Bartlett's test of sphericity K، فكانت النتائج كما هو موضح بالجدول(2):

الجدول(2): محدد مصفوفة معاملات الارتباط، وقيمة كا2 المرتبطة Bartlett's test of sphericity K، وكذلك اختبار KMO

Bartlett's test of sphericity			اختبار ملاءمة عينة معاملات الارتباطات (KMO)	
كا^2	درجات الحرية	الدلالة	القيمة	القرار
3038.15	528	0.000	0.673	مناسبة

يتضح من الجدول (2) أن قيمة محك كايزر ماير أولكين تفيد بمناسبة معاملات الارتباطات مناسبة للتحليل العاملي حيث زادت عن القيمة 0.50، أن قيمة كاي تربيع دالة إحصائيًا وهذا يفيد أن العلاقات بين المفردات دالة إحصائيًا، وأنتجت طريقة المكونات الأساسية أربعة عوامل (بعد تثبيت عدد العوامل بأربعة) حيث زاد الجذر الكامن لهم عن الواحد الصحيح، وفيما يلي نتائج تحليل المكونات الرئيسية بعد التدوير المتعامد:

الجدول (3): نتائج تحليل المكونات الرئيسية استبانة المختبرات الافتراضية بعد التدوير المتعامد فاريماكس (N=97).

الرمز	المفردات	حب المشاركة	الحلول المقترحة	الصعوبات	وعي الطلاب
W1	أشارك في إجراء التجارب العلمية في المختبرات الافتراضية.				.457
W2	تسهل على المختبرات الافتراضية إجراء التجارب العلمية.				.586
W3	تمكنني المختبرات الافتراضية من تكرار التجارب العلمية.				.675
W4	استطيع إجراء التجارب العلمية في المختبرات الافتراضية خطوة بخطوة.	.637			.460
W5	تشجعني المختبرات الافتراضية على إجراء التجارب العلمية				.448
W6	تنمي المختبرات الافتراضية قدراتي العقلية من خلال إجراء التجارب بطريقة حديثة.				.492
W7	يحفزني إجراء التجارب العلمية في المختبرات الافتراضية على تقديم الحلول الإبداعية.				.689
W8	تتيح المختبرات الافتراضية الفرصة لدي لمحاكاة التجارب العلمية الخطيرة.				.691
P1	أحب المشاركة في إجراء التجارب العلمية من خلال المختبرات الافتراضية.	.865			
P2	استمتع بالقيام بالتجارب العلمية المتنوعة في المختبرات الافتراضية.	.849			
P3	أرغب أن أتدرب على برامج المختبرات الافتراضية لتنمية المفاهيم العلمية.	.843			
P4	إجراء التجارب العلمية من خلال المختبرات الافتراضية يبعد الملل.	.757			
P5	تساعدني المختبرات الافتراضية في إجراء تجارب الواقعية بعد تطبيقها افتراضياً.	.849			
P6	استمتع بإجراء التجارب العلمية مع زملائي.	.857			
P7	يرتفع ادائي أثناء إجراء التجارب في المختبر الافتراضي من خلال العمل الجماعي.	.841			
P8	اتمتع بحرية أكبر أثناء إجراء التجربة في المختبر الافتراضي.	.853			
D1	ضعف توجيه الطلاب في استخدام المختبرات الافتراضية من قبل المسؤولين.			.683	
D2	ضعف الإمكانيات في المختبرات الافتراضية.			.898	
D3	ضعف مهارات المعلمين والطلاب في استخدام المختبرات الافتراضية.			.860	
D4	عدم توفر أدلة خاصة بالمعلم والطالب لكيفية استخدام المختبر الافتراضي.			.704	
D5	اعتماد معظم تقنيات المختبرات الافتراضية على اللغة الإنجليزية.			.675	
D6	عدم توفر فنّي صيانة للمعامل الافتراضية داخل المدرسة.			.878	
D7	ضعف قدرة المعلم على معالجة المشكلات التي تطرأ أثناء ممارسة الطلاب للتجارب بالمختبر الافتراضي.			.746	
D8	صعوبة استخدام برامج المختبرات الافتراضية في الحاسب الآلي.			.812	
D9	صعوبة رفع معلومات التجربة ونتائجها في أوراق العمل.			.842	
S1	التوعية اللازمة للطلاب على استخدام المختبرات الافتراضية.		.869		
S2	عمل دورات تدريبية للطلاب عبر منصات التعليم.		.842		

الرمز	المفردات	حب المشاركة	الحلول المقترحة	الصعوبات	وعي الطلاب
S3	توفير الإمكانات من أجهزة وشبكات انترنت.		.853		
S4	عقد ورش تدريبية لتدريب المعلمين والطلاب على كيفية التعامل المختبر الافتراضي.		.868		
S5	توفير دليل علمي لاستخدام المختبرات الافتراضية.		.637		
S6	انشاء موقع عربي للمختبرات الافتراضية مما يتيح لمعلمي العلوم والطلبة الاستفادة من هذه التقنية.		.781		
S7	توفير مسؤولين مختصين بتقنية المختبرات الافتراضية.		.835		
S8	توفير دعم تقني مباشر لحلول مشاكل المختبرات الافتراضية عبر منصات التعليم.		.819		
	الجذر الكامن	14.32	5.45	3.00	1.74
	التباين المفسر	43.39	16.52	9.11	5.28

يتضح من الجدول(3) أن التحليل أنتج أربعة عوامل قابلة للتفسير العامل الأول تضمن معظم المفردات التي تمثل بعد حب المشاركة في المختبرات الافتراضية بجانب مفردة من بعد وعي الطلاب " استطيع إجراء التجارب العلمية في المختبرات الافتراضية خطوة بخطوة" وفسر هذا العامل معظم تباين مصفوفة الارتباطات (43.39%)، وتشبع بالعامل الثاني مفردات بعد الحلول والاقتراحات وزاد تشبع مفردات هذا العامل عن 0.63، وهي تمثل معاملات تشبع مرتفعة وفقًا لـ Comery & Lee (1992)، وفسر هذا العامل (16.52%) من تباين مصفوفة الارتباطات، وتشبع بالعامل الثالث مفردات بعد الصعوبات والمعوقات التي تواجهم في المختبرات الافتراضية بمعاملات تشبع مرتفعة، وفسر هذا العامل (9.11%) من تباين مصفوفة الارتباطات، وتشبع بالعامل الرابع المفردات المرتبطة ببعد وعي الطلاب بالمختبرات الافتراضية بمعاملات تشبع متوسطة نسبيًا. وعمومًا أثبتت مفردات أو مظاهر الاستبانة فعاليتها في قياس الوعي بالمختبرات الافتراضية حيث فسرت(74.3%) من تباين البيانات، وهذا يتفق مع معيار Meyers et al. (2013) بأن البناء يكون فعالاً إذا زاد التباين المفسر عن(50%)، وعليه يمكن استنتاج أن الاستبانة يتمتع بصدق المفهوم.

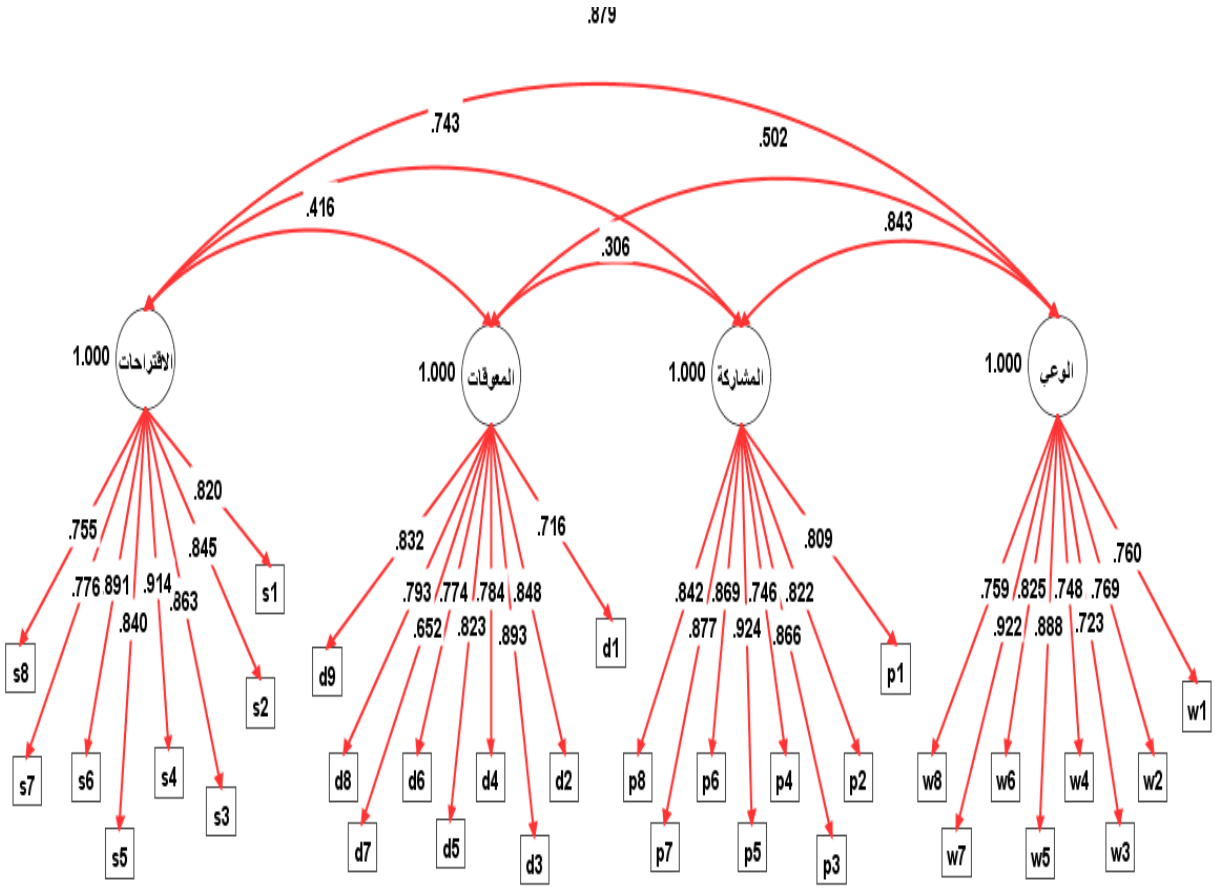
3-2-النتائج الخاصة بالسؤال البحثي الثالث: "ما مدى مطابقة أبعاد استبانة تقييم المختبرات الافتراضية في تدريس مادة العلوم لطلاب المرحلة المتوسطة مع بيانات العينة؟ للتحقق من ذلك تم اخضاع البيانات للتحليل العاملى التوكيدي باستخدام طريقة المربعات الدنيا الموزونة للمتوسطات والتباينات WLSMV للبناء متعدد الأبعاد المكون من أربعة عوامل لاستبانة المختبرات الافتراضية، وبعد التحليل اتضح أن مؤشرات الملائمة أو المطابقة الإحصائية لهذا النموذج هي كاي تربيع= (p=0.00)875.48 وهي دالة إحصائية، ومؤشر RMSEA=0.091(90%CI, 0.082-0.10) وهي انخفضت عن 0.10، وقيمة مؤشري CFI=0.941، ومؤشر TLI=0.936 أى زادت قيمتهما عن 0.90،، وفي ضوء قيم هذه المؤشرات يتضح وجود ملائمة أو مطابقة إحصائية مناسبة لنموذج العوامل الأربعة المفترض مع بيانات العينة. وفيما يلي التشبعات وقيم T المناظرة:

الجدول(4): نتائج التحليل العاملي التوكيدي لاستبانة تقييم المختبرات الافتراضية.

العامل	رقم المفردة	التشبع المعياري	الخطأ المعياري	القيمة الحرجة	p	R^2
الوعي	1	0.76	0.047	16.09	0.00	0.58
	2	0.77	0.044	17.36	0.00	0.59
	3	0.72	0.044	16.27	0.00	0.52
	4	0.75	0.045	16.45	0.00	0.56
	5	0.89	0.031	28.93	0.00	0.79
	6	0.83	0.042	19.59	0.00	0.68
	7	0.92	0.33	27.92	0.00	0.85
	8	0.76	0.054	14.17	0.00	0.58
المشاركة	1	0.81	0.046	17.65	0.00	0.66
	2	0.82	0.043	18.99	0.00	0.68

العامل	رقم المفردة	التشبع المعياري	الخطأ المعياري	القيمة الحرجة	p	R^2
	3	0.87	0.047	18.27	0.00	0.75
	4	0.75	0.047	15.96	0.00	0.56
	5	0.92	0.032	28.61	0.00	0.85
	6	0.87	0.036	24.12	0.00	0.76
	7	0.88	0.035	25.16	0.00	0.77
	8	0.84	0.036	23.13	0.00	0.71
المعوقات والصعوبات	1	0.72	0.055	12.96	0.00	0.51
	2	0.85	0.038	22.31	0.00	0.72
	3	0.89	0.038	23.62	0.00	0.80
	4	0.78	0.044	17.89	0.00	0.61
	5	0.82	0.059	13.97	0.00	0.68
	6	0.77	0.055	14.04	0.00	0.60
	7	0.65	0.062	10.54	0.00	0.43
	8	0.79	0.054	14.57	0.00	0.63
	9	0.83	0.068	12.23	0.00	0.70
المقترحات	1	0.82	0.044	18.66	0.00	0.67
	2	0.85	0.034	25.17	0.00	0.72
	3	0.86	0.037	23.11	0.00	0.75
	4	0.91	0.034	27.09	0.00	0.84
	5	0.84	0.042	20.21	0.00	0.71
	6	0.89	0.035	25.27	0.00	0.79
	7	0.78	0.046	17.03	0.00	0.60
	8	0.76	0.057	13.30	0.00	0.57

يتضح من الجدول (4) أن تشبعات مفردات العوامل الأربعة زادت عن 0.65، هذا يدل على معاملات صدق تقاربية مرتفعة لمفردات استبانة المختبرات الافتراضية، وكانت معاملات التشبعات المعيارية دالة إحصائيًا عند مستوى 0.01"، كما يتضح أن قيم مربع معامل الارتباط او التباين المفسر في مفردات الاستبانة زادت جميعها عن 0.60 ما عدا المفردة السابعة في بعد المعوقات والصعوبات، ويدل على معاملات ثبات مرتفعة للمفردات، وعليه فاستبانة المختبرات الافتراضية تتمتع بصدق البناء بدرجة جيدة. وفيما يلي شكل المسار:



الشكل(1): نموذج التحليل العاملى التوكيدي لاستبانة المختبرات الافتراضية.

وفيما يلي معاملات الارتباطات بين العوامل او الأبعاد الأربعة:

الجدول(5): مصفوفة الارتباطات بين أبعاد استبانة المختبرات الافتراضية(N=97)

	الوعي	المشاركة	المعوقات	المقترحات
الوعي	1.00			
المشاركة	0.84**	1.00		
المعوقات	0.50**	0.31**	1.00	
المقترحات	0.88**	0.74**	0.42**	1.00

دالة إحصائيًا عند مستوى دلالة 0.01

يتضح من الجدول (5) وجود معاملات ارتباطات موجبة تراوحت من متوسطة إلى مرتفعة ودالة إحصائيًا عند مستوى دلالة 0.01 بين الأبعاد الأربعة لاستبانة المختبرات الافتراضية، وهذا يدل على وجود اتساق وتماسك داخلي بين الأبعاد الأربعة المكون لاستبانة تقييم المختبرات الافتراضية.

3-2-2-الصدق التقاربي استبانة المختبرات الافتراضية:

تم تقدير الصدق التقاربي من خلال معاملات التشبعات المرتفعة نسبيًا للمفردات بالأبعاد، وكذلك تم تقدير الصدق التقاربي من خلال مؤشر Averaged variance extracted(AVE) وهو يعبر عن مقدار التباين الذي فسره العامل في مفردات البعد، ويجب أن تكون قيمته 0.50 فأكثر وفيما يلي مؤشر AVEوالثبات المركب للأبعاد الأربعة:

الجدول(6): مؤشرا متوسط التباين المستخلص (AVE) لأبعاد استبانة المختبرات الافتراضية.

البعد	AVE
الوعي	0.50
المشاركة	0.585
الصعوبات	0.548

البعد	AVE
المقترحات	0.632

يتضح من الجدول (6) أن قيمة مؤشر AVE بلغت 0.50 فأكثر لكل الأبعاد وكان أعلى الأبعاد صدقًا تقاربيًا بعد المقترحات والحلول بينما أقل الأبعاد صدقا تقاربيًا بعد الوعي بالمختبرات الافتراضية لدى طلاب المرحلة المتوسطة.

3-3-النتائج الخاصة بالسؤال البحثي الرابع: ما إمكانية التحقق من تشخيص البنية الداخلية لبنية استبانة تقييم المختبرات الافتراضية في ضوء تحليل الشبكات العصبية؟

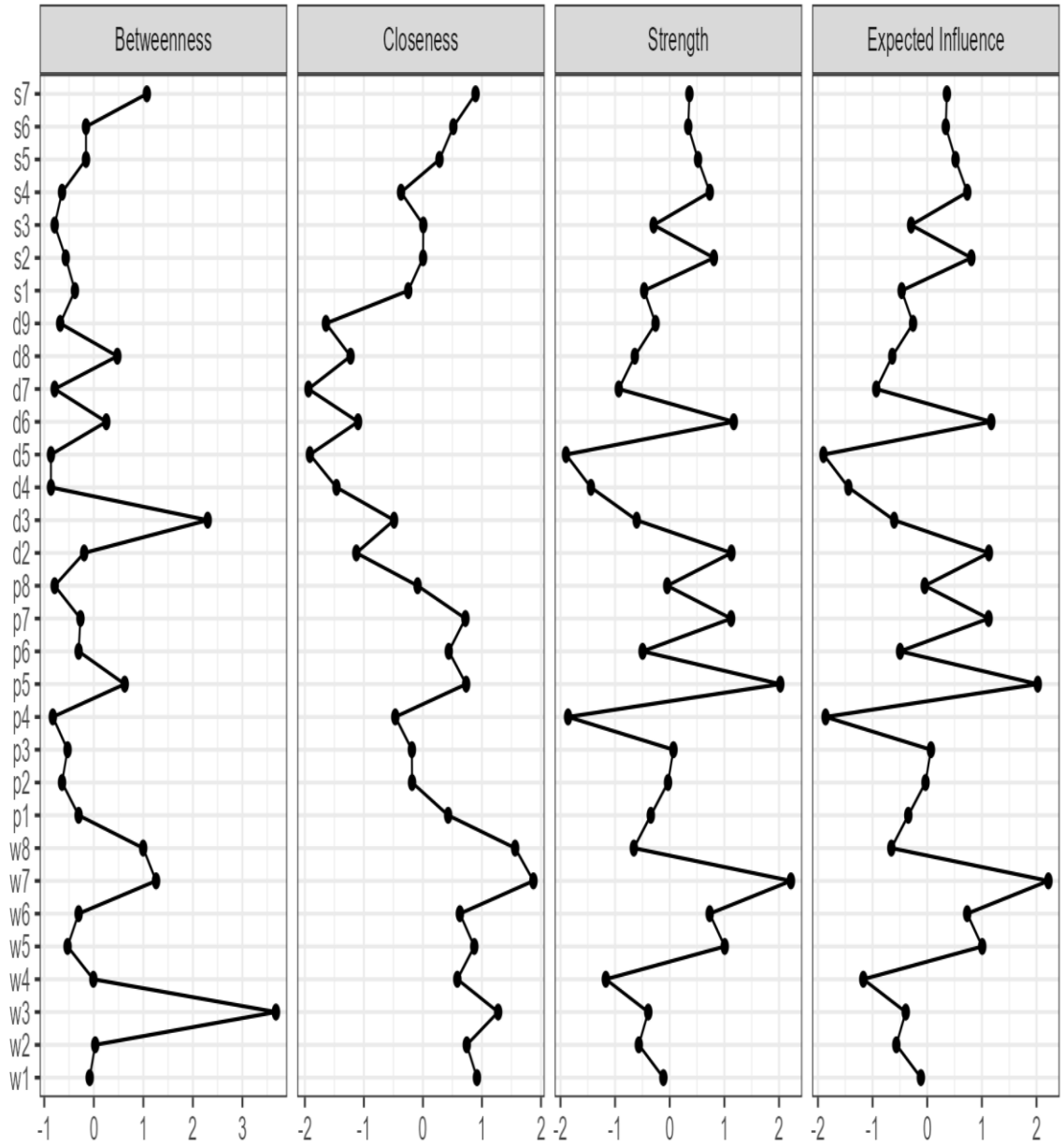
وللتحقق من ذلك تم استخدام تحليل الشبكات العصبية الاصطناعية في برنامج JASP من خلال Network analysis وبإجراء التحليل تم إعطاء الرسالة الآتية: Correlation matrix is not definite وأشار عامر(2018) أن من أسباب ظهور هذه المشكلة وجود قضية التلازمية أو الارتباطات المرتفعة بين المتغيرات في مصفوف الارتباطات وأوصى بضرورة فحص معاملات الارتباطات بين المفردات لأن هذه المشكلة تنشأ نتيجة التلازمية الخطية أو ما يشار اليه بـCollinearity وعليه بعد فحص الارتباطات اتضح وجود علاقات ارتباطية مرتفعة تخطت 0.75 بين بعض المفردات خاصة بين المفردتين S8(بعد المقترحات) والمفردة d1 (بعد الصعوبات) ولذلك تم استبعادهما من التحليل، وإعادة التحليل مرة أخرى من خلال المقدر Huge، وفيما يلي نتائج قياسات المركزية لأهمية المفردة ومدى إسهامها في تكوين قوة الشبكة العصبية لمفردات الاستبانة:

الجدول (7) قياسات أو مؤشرات المركزية لمفردات استبانة المختبرات الافتراضية

المفردة	البينية	القرب	الشدة	التأثير المتوقع
w1	-0.083	0.915	-0.116	-0.116
w2	0.029	0.742	-0.566	-0.566
w3	3.676	1.274	-0.393	-0.393
w4	-0.008	0.583	-1.170	-1.170
w5	-0.529	0.870	1.006	1.006
w6	-0.306	0.626	0.731	0.731
w7	1.257	1.871	2.217	2.217
w8	0.996	1.562	-0.657	-0.657
p1	-0.306	0.427	-0.346	-0.346
p2	-0.641	-0.184	-0.031	-0.031
P3	-0.529	-0.187	0.068	0.068
P4	-0.827	-0.468	-1.861	-1.861
P5	0.624	0.732	2.023	2.023
P6	-0.306	0.437	-0.497	-0.497
P7	-0.269	0.720	1.123	1.123
P8	-0.790	-0.090	-0.046	-0.046
D2	-0.194	-1.128	1.129	1.129
D3	2.299	-0.489	-0.605	-0.605
D4	-0.864	-1.465	-1.443	-1.443
D5	-0.864	-1.915	-1.900	-1.900
D6	0.252	-1.099	1.172	1.172
D7	-0.790	-1.939	-0.933	-0.933
D8	0.475	-1.226	-0.639	-0.639
D9	-0.678	-1.643	-0.259	-0.259
S1	-0.381	-0.249	-0.468	-0.468

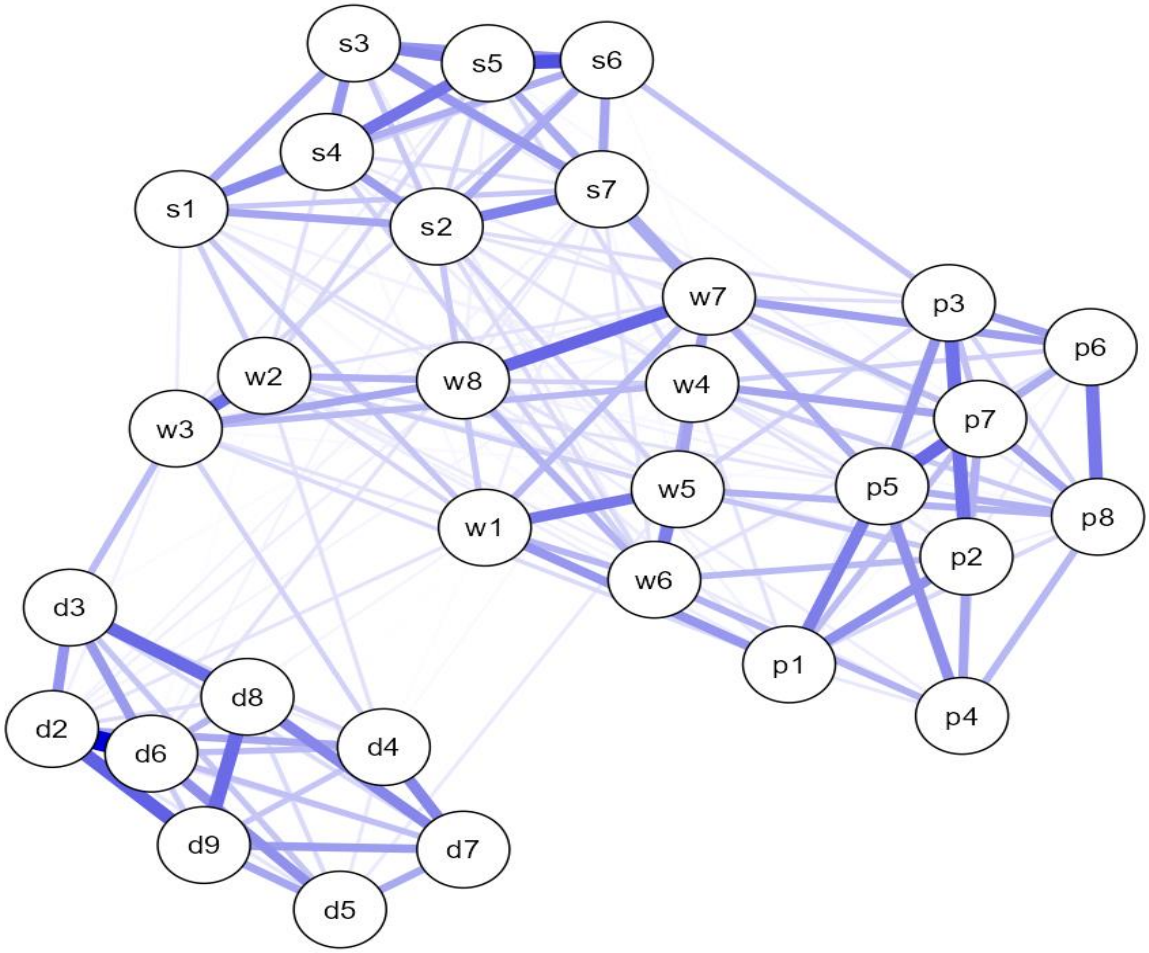
المفردة	البينية	القرب	الشدة	التأثير المتوقع
S2	-0.567	0.003	0.807	0.807
S3	-0.790	0.006	-0.295	-0.295
S4	-0.641	-0.371	0.733	0.733
S5	-0.157	0.281	0.518	0.518
S6	-0.157	0.515	0.339	0.339
S7	1.071	0.891	0.360	0.360

في ضوء **مؤشر البينية** وهو مؤشر لدور العقدة في توسطها العلاقة بين أي عقدتين أو مفردتين في الشبكة يتضح من الجدول(7) أن أكثر المفردات تتوسط العلاقة بين أي مفردتين في منظومة الشبكة العصبية السيكومترية السيكومترية هي المفردة w3 في بعد الوعي بالمختبرات " تمكنني المختبرات الافتراضية من تكرار التجارب العلمية" يليها المفردة D3 في بعد الصعوبات والمعوقات " ضعف مهارات المعلمين والطلاب في استخدام المختبرات الافتراضية" يليها المفردة S7 الخاصة ببعد الحلول والاقتراحات " توفير مسؤولين مختصين بتقنية المختبرات الافتراضية" يليها المفردة W7 في بعد الوعي" يحفزني إجراء التجارب العلمية في المختبرات الافتراضية على تقديم الحلول الإبداعية" على التوالي، وفي **ضوء مؤشر القرب** وهو مؤشر لمدى اقتراب العقدة من باقي العقد في الشبكة يتضح أن المفردة W7 " والمفردة W8 " تتيح المختبرات الافتراضية الفرصة لدي لمحاكاة التجارب العلمية الخطيرة" والمفردة W3 والمفردة w1 " تتيح المختبرات الافتراضية الفرصة لدي لمحاكاة التجارب العلمية الخطيرة" هم المفردات الأكثر قربًا من باقي المفردات حيث لهم القدرة للوصول بسرعة إلى باقي المفردات وهذا يدل على تأثيرهما العالي في الشبكة وهذا يتضح من الشكل(2) بينما المفردات الأكثر تباعدًا في الشبكة هي المفردات D7، وD5، وD9 على التوالي وهي مفردات مرتبطة ببعد الصعوبات والمعوقات. وفي ضوء **مؤشر القوة أو الشدة** وهو مؤشر لمقدار أو حجم أو قوة الارتباط لمفردة معينة مع بقية العقد في الشبكة وهذا المؤشر على درجة كبيرة من الأهمية في الشبكات العصبية السيكومترية حيث يعكس احتمالية أن تنشيط عقدة ما يكون لها القدرة على تنشيط عقد أخرى في الشبكة يتضح من الجدول(7) أن أكثر المفردات قوة وارتباطًا في منظومة الشبكة العصبية للاستبانة هي المفردة W7 وهي المفردة التي تفيد بقدرة المختبرات الافتراضية على التحفيز الطلاب بإجراء التجارب لتقديم حلول ابتكارية، والمفردة P5، وهي مرتبطة ببعد المشاركة " تساعدني المختبرات الافتراضية في إجراء تجارب الواقعية بعد تطبيقها افتراضياً " يليها المفردة D6 المرتبطة ببعد الصعوبات" اعتماد معظم تقنيات المختبرات الافتراضية على اللغة الإنجليزية" يليها المفردة D2 المرتبطة ببعد الصعوبات والمعوقات" ضعف الإمكانيات في المختبرات الافتراضية" ثم المفردة P7 المرتبطة ببعد المشاركة" يرتفعأ ادائي أثناء إجراء التجارب في المختبر الافتراضي من خلال العمل الجماعي" واخيرًا المفردة W5 المرتبطة ببعد الوعي أنظر الشكل (2)، وفي ضوء مؤشر **التأثير المتوقع** يتضح أن أكثر المفردات لها تأثير متوقع على بقية المفردات الأخرى في الشبكة هي المفردات w7 وP5 وD2 وD6 وP7 وهذه مفردات مرتبطة بأبعاد الوعي والمشاركة والصعوبات بينما أقل المفردات تأثير متوقع في الشبكة العصبية لاستبانة المختبرات الافتراضية هي المفرداتD5 ، P4 وD4، w4ويمكن تمثيل مؤشرات المركزية في الشبكة العصبية بالشكل البياني الآتي:



الشكل(2): العرض البياني لقياسات المركزية لمفردات استبانة تقييم المختبرات الافتراضية

والجدير قيم مؤشرات المركزية يتم تمثيلها في ضوء الدرجات المعيارية ويتم تمثيلها عي المحور الصادي بينما العقد أو المفردات يتم تمثيلها على المحور الصادي المتوقع. فيما يلي شكل البياني للشبكة العصبية لمفردات استبانة المختبرات الافتراضية:



الشكل (3): الشبكة العصبية الاصطناعية لمفردات استبانة المختبرات الافتراضية.

يتضح من الشكل(3) أن الشبكة العصبية لاستبانة تتضمن 31 عقدة مرتبط فيما بينها بخطوط لونها أزرق بعضها سميك وهو يعبر عن قوة العلاقة بين أي العقدتين أو المفردتين مثل العلاقة بين المفردتين D8 وD9، العلاقة بين المفردتين S3 وS5 وهي مفردات من نفس البعد، وبعضها خفيف وهو يعبر عن العلاقة الضعيفة بين أي مفردتين مثل العلاقة بين W1 وD2 والعلاقة S1 وW1 وهي علاقات بين مفردات من بعدين مختلفين. ويتضح من الشكل(3) أن تحليل الشبكات العصبية أعطى تجمعات لمفردات كل بعد بحيث تمثل تجمع خاص بها وهذا يمكن أن يناظر العوامل التي أمدنا بها التحليل العاملي الاستكشافي.

4-3-النتائج الخاصة بالسؤال البحثي الخامس: ما درجة ثبات أبعاد استبانة المختبرات الافتراضية في تدريس العلوم لطلاب المرحلة المتوسطة؟

ولتحقيق ذلك تم تقدير ثبات الاتساق الداخلي الفا كرونباخ والمختبرات أوميجا تربيع لمكدونالز وفيما يلي النتائج:

جدول(8) معاملات الثبات ألفا وأوميجا تربيع للاستبانة وأبعاده.

البعد	أوميجا تربيع	ألفا
الوعي	**0.879**	**0.883**
المشاركة	**0.921**	**0.916**
الصعوبات	**0.882**	**0.921**
المقترحات	**0.932**	**0.932**
الاستبانة ككل	**0.957**	**0.932**

ويتضح من الجدول (8) ارتفاع قيم معاملات الثبات ألفا كرونباخ وأوميجا تربيع للأبعاد الأربعة والاستبانة ككل قيمة 0.80 وكانت اعلاهم لبعد الاقتراحات والحلول وأدناهم لبعد الوعي، ولكن عمومًا تقارب قيم معاملات الثبات، وهذا يدل على جودة البيانات وخلوها من أخطاء القياس وصلاحيتها في صناعة قرارات موثوق بها.

3-5-النتائج الخاصة بالسؤال البحثي السادس: هل يختلف مستوى الوعي لطلاب المرحلة المتوسطة لاستبانة تقييم المختبرات الافتراضية في تدريس مادة العلوم باختلاف الجنس؟

لتحقيق ذلك تم استخدام اختبارt المستقلة وكانت النتائج كالاتي:

جدول(9): اختبار "ت" ومستوى دلالتها للفروق بين متوسطي درجات الذكور والإناث في أبعاد استبانة المختبرات الافتراضية والدرجة الكلية لطلاب المرحلة المتوسطة (N=97)

البعد	المجموعة	العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	ت ودلالتها
الوعي	أنثى	40	34.5000	4.84106	1.85
	ذكر	57	32.6140	4.99555	غير دالة
المشاركة	أنثى	40	33.7000	5.09500	0.47
	ذكر	56	33.1429	6.17452	غير دالة
المعوقات والصعوبات	أنثى	40	33.7000	9.71702	0.47
	ذكر	57	32.9123	6.89275	غير دالة
	أنثى	40	35.3750	4.95460	
	ذكر	57	33.5439	6.15302	
الاستبانة (المختبرات الافتراضية)	أنثى	40	137.2750	17.03840	1.23
	ذكر	75	132.3750	18.44457	غير دالة

يتضح من الجدول(9) أن قيم T غير دالة إحصائيًا للأبعاد الأربعة والاستبانة ككل وهذا مفاده لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطي درجات الجنسين (الذكور والإناث) في الأبعاد الأربعة لاستبانة المختبرات الافتراضية وكذلك للدرجة الكلية للاستبانة.

التوصيات والمقترحات.

1- استخدام تحليل الشبكات العصبية الاصطناعية في بحوث العلوم النفسية والتربوية.
2- الكشف عن أثر المختبرات الافتراضية في تنمية التفكير العلمي لدى الطلبة.
3- تحليل مفردات مقياس المختبرات الافتراضية باستخدام نظرية الاستجابة للمفردة.
4- إجراء دراسة لتقييم المختبرات الافتراضية من وجهة نظر المعلمين والمشرفين التربويين.

قائمة المراجع

أولاً-المراجع بالعربية:

- بجيلي، فاطمة عبد الله. (2019). واقع الاستفادة من المعامل الافتراضية في تدريس العلوم بالمرحلة الثانوية في محافظة جدة. مجلة العلوم التربوية والنفسية-المركز القومي للبحوث بغزة، 3 (20)، 121-140.
- البلطان، إبراهيم بن عبد الله. (2013). التكنولوجيا الرقمية وتطبيقاتها. دار الشروق.
- بلفقية، صالح عبدالاله. (2020). معوقات استخدام المختبرات الافتراضية لدى معلمي العلوم الطبيعية بالمرحلة الثانوية بمدينة المكلا. مجلة الريان للعلوم الانسانية التطبيقية، 3(2)، 237-272.
- الجهني، عبد الله بن ربيع. (2013). معوقات استخدام المعامل الافتراضية في تدريس العلوم بالمرحلة الثانوية في منطقة المدينة المنورة من وجهة نظر المشرفين والمعلمين واتجاهاتهم نحوها. دراسات عربية في التربية وعلم النفس. 2 (44)، 161-190.
- الحازمي، دعاء أحمد حسن. (2010). المعامل الافتراضية في تعلم العلوم. مكتبة الرشد.
- الخليفة، حسن جعفر ومطاوع، ضياء الدين. (2018). استراتيجيات التدريس الفعال، المملكة العربية السعودية. مكتبة المتنبي للنشر والتوزيع.
- زيتون، حسن حسين. (2005). رؤية جديدة في التعليم – التعلم الإلكتروني (المفهوم – القضايا – التطبيق – التقييم). الدار الصولتية للنشر والتوزيع.

- سبحي، نسرين حسن. (2016). واقع استخدام المعامل الافتراضية في تدريس العلوم المطورة بالمرحلة الثانوية من وجهة نظر المعلمات بمدينة أبها. المجلة التربوية الدولية المتخصصة، 5(12)، 230-249.
- السيف، مريم محمد والعنزي، عابد جمعان. (2020). معوقات تفعيل استخدام المختبرات الافتراضية ونموذج مقترح لتسهيل استخدامها في المدارس الثانوية. المجلة الالكترونية الشاملة. العدد (21)، ص3-40.
- الشمالي، محمود أحمد سليمان وهرشه، محمد فخري. (2019). صعوبات توظيف المعامل الافتراضية في تدريس العلوم للمرحلة الأساسية من وجهة نظر معلمي العلوم في محافظة طولكرم. مجلة دراسات-جامعة عمار ثليجي بالأغوار، (73)، 85-105.
- الشمراني، علي سالم. (2020). استخدام المعامل الافتراضية في تدريس العلوم بالمرحلة المتوسطة: الواقع والمأمول. المجلة العربية للتربية الجنسية-المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب، (12)، 211-242.
- الشهري، أسماء على، والعربي، زينب محمد (2018). تصور مقترح لتصميم معمل افتراضي في تنمية التفكير العلمي بمقرر الفيزياء لدى طالبات المرحلة الثانوية بمنطقة الباحة. المجلة الدولية للعلوم التربوية والنفسية، ع13، 69-119.
- الشهري، علي محمد ظافر. (2009). أثر استخدام المختبرات الافتراضية في اكتساب مهارات التجارب المعملية في مقرر الأحياء لطلاب الصف الثالث الثانوي بمدينة جدة (رسالة دكتوراة غير منشورة). كلية التربية، جامعة أم القرى.
- الطويرقي، ماجد بن عبد الله. (2019). معوقات استخدام المعامل الافتراضية لدى معلمي العلوم الطبيعية بالمرحلة الثانوية. مجلة كلية التربية بالمنصورة، (107)، ج5، 718-738.
- عامر، عبد الناصر السيد عامر. (2024). تحليل الشبكات العصبية الاصطناعية لمقياس إدمان تطبيقات الهواتف الذكية ونسبة انتشارة بين المراهقين المصريين. مجلة الدراسات والبحوث التربوية بالكويت، 4، 11، 158-193
- عامر، عبد الناصر السيد. (2018). نمذجة المعادلة البنائية للعلوم النفسية والاجتماعية: الأسس والتطبيقات والقضايا (الجزء الأول). الرياض: دار جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية للنشر.
- عبد الرحمن، عبد الناصر محمد. (2012، يوليو). فاعلية معامل العلوم الافتراضية في تحصيل تلاميذ المرحلة الابتدائية الأزهرية وتنمية مهاراتهم في التعامل معها (عرض ورقة). المؤتمر الدولي العلمي التاسع: التعليم من بعد والتعليم المستمر أصالة الفكر وحداثة التطبيق، معهد الدراسات التربوية، جامعة القاهرة والجمعية العربية لتكنولوجيا التربية مصر، جزء (1). 193- 226.
- الغيث، محمد بن مانع. (2017). استخدام معلمي العلوم بالمرحلة المتوسطة للمعامل الافتراضية واتجاهاتهم نحوها. المجلة التربوية الدولية المتخصصة، 6 (5)، 39-53.
- المطيري، سلطان مرزوق. (2017). مستوى تفعيل المعامل الافتراضية في معامل العلوم في مدارس التعليم العام. مجلة البحث العلمي في التربية-جامعة عين شمس، (18)، ج7، 289-326.
- نوفل، خالد محمود. (2010). تكنولوجيا الواقع الافتراضي واستخداماتها التعليمية. دار المناهج للنشر والتوزيع.
- هزاع، هزاع عبد الله.، وقطب، إيمان محمد. (2020). فاعلية استخدام المعامل الافتراضية في التحصيل الدراسي لدى طلاب المرحلة الثانوية في مقرر الكيمياء بمحافظة جدة بالمملكة العربية السعودية. مجلة مجمع-جامعة المدينة العالمية، (32) 427-481.

ثانياً-المراجع بالإنجليزية:

- Borsboom, D. (2017). A network theory of mental disorders. World Psychiatry, 16(1), 5-13.
- Christodoulou, A., Michaelides, M. & Karekla, M. (2018). Network analysis: A new psychometric approach to examine the underlying ACT model components. Journal of Contextual Behavioral Science. https://doi.org/10.1016/j.jcbs.2018.10.002
- Epskamp, S., Borsboom, D., & Fried, E. I. (2018). Estimating psychological networks and their accuracy: A tutorial paper. Behavior Research Methods, 50, 195–212. https://doi.org/10.3758/s13428-017-0862-1.
- Field, A. (2013). Discovering statistics using SPSS (4th.ed). Sage Publications, Ltd.
- Haenlein, M., & Kaplan, A. (2019). A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence. California management review, 61(4), 5-14.
- Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. Structural Equation Modeling, 6, 1- 55.
- Keller, H. E., & Keller, E. E. (2005). Making Real Virtual Labs. Science Education Review, 4(1), 2-11.
- Koretsky, M. D. (2020). An interactive virtual laboratory addressing student difficulty in differentiating between chemical reaction kinetics and equilibrium. Computer Applications in Engineering Education, 28(1), 105-116.

- Maulidah, S. S., & Prima, E. C. (2018). Using Physics Education Technology as Virtual Laboratory in Learning Waves and Sounds. Journal of Science Learning, 1(3), 116-121.
- Meyers, L. S., Gamst, G. & Guarino, A.J. (2013). Applied multivariate research: Design and interpretation (2nd. ed). Thousand Oaks: Sage, CA.
- Muthen, L. K., & Muthen, B. O. (1998 – 2012). Mplus User's Guide (7th.ed). LOS Angeles, CA ; Muthen & Muthen.
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. Computers & Education, 95, 309-327.
- Vasiliadou, R. (2020). Virtual laboratories during coronavirus (COVID‐19) pandemic. Biochemistry and Molecular Biology Education, 48(5), 482-483.