Dirasat: *Educational Sciences*, Volume 51, No. 3, 2024

Deanship of Scientific Research

Comparison of the Effectiveness of Methods for Dealing with Missing Values in Estimating Test Information Accuracy and Achieving Assumptions of Unidimensionality and Local Independence in Item Response Theory

Areej Mohammad Toamah Al Ahmad**, Muhammad Walid Musa Al-Batsh

Department of Educational Measurement and Evaluation, School of Educational Sciences, The University of Jordan, Amman, Jordan

Received: 10/10/2023
Revised: 15/11/2023
Accepted: 26/5/2024
Published: 15/9/2024

* *Corresponding author:*
arooj555333@gmail.com

Citation: Al Ahmad, A. M. T. ., & Al-Batsh , M. W. M. (2024). Comparison of the Effectiveness of Methods for Dealing with Missing Values in Estimating Test Information Accuracy and Achieving Assumptions of Unidimensionality and Local Independence in Item Response Theory. *Dirasat: Educational Sciences*, *51*(3), 1–21. https://doi.org/10.35516/edu.v51i3.5882

© 2024 DSR Publishers/ The University of Jordan.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Abstract

Objectives: The aim of this study was to compare the effectiveness of different methods for handling missing values in estimating test information accuracy and achieving unidimensionality and local independence within Item Response Theory. Five methods were evaluated: Listwise deletion (LW), treating missing responses as incorrect (NC), Multiple Imputation (MI), Expectation Maximization (EM), and response function (RF).

Methods: Real data with missing values were utilized from the International Mathematics Study (TIMSS) database of eighth-grade students in the academic year 2019. Data were fitted to One, Two, and Three Parameter logistic models, and the unidimensionality was assessed using Cronbach's alpha. Confirmatory factor analysis was conducted.

Results: The study found no significant difference in assumptions of unidimensionality and local independence across the methods for handling missing values. However, there were differences in the accuracy of estimating test information, favoring the Two Parameter logistic model and the RF method.

Conclusions: Any of the five methods (LW, NC, MI, EM, RF) can be adopted for handling missing values to achieve assumptions of unidimensionality and local independence. For accurate estimation of test information, the study recommends using the Two Parameter logistic model and the RF method.

Keywords: Missing values, Estimation accuracy, Test information function, Individual ability, Unidimensionality, Local independence, Item Response Theory.

مقارنة فاعلية طرائق التعامل مع القيم المفقودة في دقة تقدير دالة معلومات الاختبار وتحقق افتراضي أُحادية البعد والاستقلال الموضعي الخاصة بنظرية الاستجابة للفقرة

أريج محمد طعمه الأحمد*، محمد وليد موسى البطش

قسم القياس والتقويم التربوي، كلية العلوم التربوية، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن

ملخّص

الأهداف: هدفت الدراسة إلى مقارنة فاعلية طرائق التعامل مع القيم المفقودة في دقة تقدير دالة معلومات الاختبار وتحقق افتراضي أُحادية البعد والاستقلال الموضعي الخاصة بنظرية الاستجابة للفقرة، من خلال مقارنة فعالية خمس طرائق للتعامل مع البيانات المفقودة هي: حذف الحالة الكاملة، واعتبار الإجابات المفقودة إجابات خاطئة، والتعويض المتعدد، وتعظيم التوقعات، ودالة الاستجابة للفقرة.

المنهجية: لتحقيق هدف الدراسة استخدمت بيانات حقيقية تضمنت قيم مفقودة (الكراسة التاسعة) من قاعدة البيانات الخاصة بالنتائج على اختبار التميس (TIMSS) الدولي للرياضيات، الذي جرى تطبيقه على طلبة الصف الثامن للعام الدراسي (2019)، وتمت مطابقة الأفراد والفقرات للنماذج الأحادي والثنائي والثلاثي المُعْلَمة، وجرى التحقق من افتراض أُحادية البعد، وتقدير معاملات ثبات الاتساق الداخلي باستخدام معادلة كرونباخ ألفا، واستخراج نتائج التحليل العاملي التوكيدي بعد معالجة القيم المفقودة بالطرائق الخمس للكشف عن البنية العاملية للاختبار، والتحقق من الاستقلال الموضعي، ثم تقدير دالة معلومات الاختبار.

النتيجة: أظهرت النتائج عدم وجود فروق بين معاملات ثبات الاتساق الداخلي باختلاف طريقة معالجة البيانات المفقودة، وعدم اختلاف البنية العاملية باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة. كما أظهرت النتائج عدم اختلاف تحقق افتراض الاستقلال الموضعي باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة، ووجود اختلاف دقة تقدير كمية دالة معلومات الاختبار باختلاف النموذج اللوجستي، وطريقة التعامل مع القيم المفقودة، لصالح النموذج اللوجستي الثنائي يليها النموذج الأحادي ثم النموذج الثُلاثي، ولصالح طريقة دالة الاستجابة في النموذج الثنائي المعلمة، وحذف الحالة الكاملة، واعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة في النموذج الأحادي المعلمة، والتعويض المتعدد في النموذج الثلاثي المعلمة.

الخلاصة: تحقق افتراضي أحادية البعد والاستقلال الموضعي عند اعتماد أي من طرائق معالجة القيم المفقودة، واعتماد طريقة دالة الاستجابة والنموذج الثنائي المعلمة في دقة تقدير كمية دالة معلومات الاختبار.

الكلمات الدالة: القيم المفقودة، دقة تقدير، دالة معلومات الاختبار، أُحادية البعد، الاستقلال الموضعي، نظرية الاستجابة للفقرة.

المقدمة

حظيت دراسة المفاهيم التي جاءت بها نظرية الاستجابة للفقرة (Item Response Theory) باهتمام العديد من الباحثين والمختصين في مجال القياس والتقويم (Lord, 1980; Reise, & Moore, 2023) ، وذلك نظرًا لما قدمته هذه النظرية من معالجة للقضايا والمشكلات التي تواجه العاملين في مجال القياس والتقويم عند استخدامهم للنظرية الكلاسيكية في القياس (Hambleton, Swaminathan & Rogers, 1991) ، والتي من أبرزها تحرر تقدير خصائص الفقرة من عينة المفحوصين المستخدمة لاستخراجها، واستقلالية تقدير قدرة المفحوص (θ) عن الفقرات التي جرى تقديرها بناءً عليها، إضافة إلى إمكانية بناء اختبارات تكيفية للمفحوصين (Adaptive Testing) لقياسها، فلم يعد هناك ضرورة أن يطبق على المفحوصين نفس الفقرات حتى يكون هناك إمكانية لجعل الدرجات التي يحصلون عليها قابلة للمقارنة، كذلك أصبح بالإمكان تقدير مقدار الخطأ المعياري للقياس المتحدة مع درجة كل مفحوص أو مستوى القدرة، وتقدير مقدار معلومات الفقرة عند كل مستوى من مستويات القدرة من خلال دالة معلومات الفقرة (Item Information Function) ودالة معلومات الاختبار(Test Information Function). ونظرًا للميزات السابقة لهذه النظرية وفوائدها أصبح التوجه نحو توظيف هذه النظرية في إطار ميدان القياس والتقويم، ودراسة مفاهيمها والشروط الخاصة بتوظيفها (Baker, 2001).

لقد عملت نظرية الاستجابة للفقرة على تطوير عدد من النماذج الرياضية الخاصة بها حتى يتسنى توظيفها في معالجة القضايا والمشكلات والمعضلات التي تواجه العاملين في مجال القياس والتقويم التربوي، إذ جرى وضع النموذج الأُحادي المعلمة (أو ما يعرف بنموذج راش) والذي يرى أن قدرة الفرد على الأداء على فقرات أداة القياس تتقرر بناء على معلمة واحدة وهي معلمة الصعوبة للفقرة (b_i)، في حين أن معلمة التمييز (a_i)، ومعلمة التخمين (c_i) ثابتة (Reise, & Moore, 2023). أما النموذج الثنائي المعلمة فهو يرى أن أداء الفرد على فقرات الاختبار وتقدير القدرة للمفحوص يتقرر بناء على معلمتي الصعوبة والتمييز، بينما ينظر إلى معلمة التخمين أنها ثابتة. أما النموذج الثلاثي المعلمة فيرى أن الذي يقرر الأداء على فقرات الاختبار ثلاثة معالم هي: معلمة الصعوبة ومعلمة التمييز ومعلمة التخمين. حيث تمثل معلمة التخمين احتمالية أن يجيب الأفراد ذوي القدرة المتدنية أو المنخفضة على الفقرة على الفقرة إجابة صحيحة على الرغم من أنهم لا يمتلكون المعرفة المقاسة بالسمة على الفقرة (Hambelton & Swaminathan, 1985)، أي أنهم نظروا لها بأنها عبارة عن الخط التقاربي السفلي لمنحنى خصائص الفقرة (Item Characteristic Carve) مع المحور الخاص باحتمالية الإجابة بشكل صحيح على الفقرة (Embretson, & Reise, 2010).

كما وعمل المهتمون بهذه النظرية على وضع نموذج رابع يعرف بالنموذج اللوجستي رباعي المعلمة وذلك بإضافة معلمة جديدة إلى المعالم المتضمنة في النموذج الثلاثي المعلمة، ويرمز لهذه المعلمة بالرمز (d_i) وتتمثل في احتمالية ان يجيب المفحوص على الفقرة إجابة خاطئة بالرغم من ان مستوى قدرته أعلى من مستوى صعوبة الفقرة، حيث تشير إلى اللامبالاة وعدم الجدية من قبل المفحوص عند الإجابة عن الفقرة أو امتلاكه لمعلومات أعمق من تلك التي تقيسها الفقرة، أو تمثل عوامل أخرى مثل القلق والتشتت لدى المفحوص (Crocker & Algina, 1986). كما وانبثق عن هذه النظرية النماذج غير اللوجستية (Non Logistic Model) ونماذج تعالج الأداء على الفقرات ثنائية التدريج (أي تأخذ الدرجة صفر أو واحد) أو متعددة التدريج تأخذ قيم متدرجة (1,2,3,....)، والتي تعرف أحيانا بنماذج التقدير الجزئي (Hambleton, Swaminathan & Rogers, 1991) ولكي يستفاد من المميزات التي جاءت بها هذه النظرية، وتؤدي إلى نتائج موثوق بها؛ استندت على عدد من الافتراضات التي ينبغي تحقيقها في البيانات، هي: أُحادية البعد (Unidimensionality): ويقصد بها أن فقرات الاختبار تقيس سمة أو قدرة واحدة فقط والتي تفسر أداء الفرد على الفقرة؛ أي أن جميع الفقرات تقيس بعدا واحدا، حيث يُعدُّ هذا الافتراض غاية في الأهمية لدوره في الكشف عن السمة المقاسة، وعمومًا يعد تحققه عند تطبيق نماذج نظرية الاستجابة للفقرة أمرًا هامًا؛ إذ إن انتهاكه يؤثر في دقة حساب أرجحية نمط استجابة المفحوصين (Linn, 1989; Hattie, 1985).

أما افتراض الاستقلال الموضعي (Local Independence) فيقصد به أن استجابة المفحوص على فقرة ما لا يؤثر إيجابًا أو سلبًا على الاستجابة إلى أي فقرة أخرى، أما افتراض منحنى خصائص الفقرة Item Characteristic Curve (ICC) فهو يفترض أن العلاقة بين احتمال إجابة المفحوص على الفقرة وقدرته المقيسة بالاختبار يمكن الحصول عليها من خلال اقتران تراكمي صاعد يعرف باسم منحنى خصائص الفقرة والذي يربط بين احتمال الإجابة الصحيحة على الفقرة والقدرة المقاسة بواسطة الفقرة أو الاختبار (Lord, 1980). أما الافتراض الرابع المتعلق بالتحرر من السرعة (Speediness) يرى أن الذين أخفقوا في الإجابة عن فقرات الاختبار لم يكن بسبب الوقت أو السرعة المعطى لإنجاز الاختبار، بل يعود إلى تدني قدراتهم (Linn, 1989). كما وتمخض عن هذه النظرية عددا من المفاهيم المتمثلة بدالة المعلومات للفقرة والذي يشار لها ($I_i(\theta)$) حيث ينظر لها على انها دالة للعلاقة بين قدرة المفحوصين والمعلومات التي تقدمها الفقرة، لذ تمثل هذه الدالة كمية المعلومات التي يمكن ان توفرها كل فقرة من فقرات الاختبار عند كل مستوى من مستويات القدرة، بالإضافة لإمكانية تحديد النقطة على متصل القدرة التي عندها الحصول على أقصى معلومات عنده. كما ينظر الى مساهمة كل فقرة مستقل عن مساهمة الفقرات الأخرى في دالة المعلومات للاختبار، ولذلك إذا كانت لدينا فكرة جيدة عن قدرات مجموعة المفحوصين، فيمكن انتقاء فقرات الاختبار التي تسهم بأكبر قدر من المعلومات التي يقدمها هذا الاختبار عن هؤلاء المفحوصين، كما وتسهم دالة معلومات الفقرة في تقدير دالة معلومات الاختبار، اذ ينظر لها بأنها عبارة عن مجموع دوال المعلومات لفقرات الاختبار. وعموما تعرف دالة معلومات الفقرة عند كل مستوى من مستويات القدرة بأنها عبارة عن نسبة

مربع المشتقة الأولى لاحتمالية النجاح على الفقرة مقسوما على حاصل ضرب احتمالية النجاح على الفقرة في احتمالية الفشل على الفقرة (Hambelton & Swaminathan, 1985).

لقد حظي موضوع دراسة العوامل المؤثرة على تحقق افتراضات نظرية الاستجابة للفقرة (أُحادية البعد والاستقلال الموضعي) وتقدير معلمة القدرة وتقدير دالة المعلومات للفقرة والاختبار، ومعالجة البيانات المفقودة باهتمام عددا كبيرا من الباحثين والعلماء (Reise, & Moore, 2023; Crocker & Algina, 1986) خاصة قضية فقدان البيانات؛ نظرًا لأن مثل هذا النقص في البيانات ربما يؤثر على حجم العينة التي يتم بناء عليها الوقوف على تحقق افتراضي أُحادية البعد والاستقلال الموضعي ودقة تقدير القدرة (θ) ودالة المعلومات للفقرة وللاختبار (De-Ayala & Impara, 2006) ، مما قاد إلى تطوير عدد من الإجراءات الخاصة بمعالجة البيانات المفقودة، التي كانت محور اهتمام الباحثين سواء أولئك الذين تبنوا مفاهيم النظرية الكلاسيكية في القياس أم نظرية الاستجابة للفقرة، حيث جرى تطوير عددا من الإجراءات الخاصة بمعالجة البيانات المفقودة عند الأداء على الاختبار سواء كان مردها يعزى لعوامل ذات صلة بالفقرات أم المفحوصين للحد من تأثيرها على تحقق افتراضات النظرية ودقة تقدير معالمها الذي يشكل محور الدراسة الحاليّة، حيث جرى في هذه الدراسة العرض الموجز الجهود المبذولة من قبل العلماء والباحثين في مجال القياس النفسي والتربوي لتطوير مناحٍ وطرائق لمعالجة البيانات المفقودة سواء كانت المرجعية لها النظرية الكلاسيكية في القياس أم نظرية الاستجابة للفقرة، والدراسات السابقة التي كشفت فعالية بعض هذه الطرائق لمعالجة البيانات المفقودة في تحقق افتراضات النظرية الحديثة في القياس، ودقة تقدير القدرة، ودالة معلومات الفقرة ودالة معلومات الاختبار.

حيث عموما تنوعت الأساليب والطرائق التي جرى تطويرها لمعالجة القيم المفقودة، قبل البدء بعملية تحليل البيانات، بحيث يمكن للباحثين تعويض قيم بديلة عنها لتظهر البيانات على أنها مكتملة وليس هناك فقدان بها (Little & Rubin, 2002). وبالرغم من أن مشكلة معالجة والتعامل مع البيانات المفقودة حظيت بقدر كبير من الاهتمام على مدار الأعوام الماضية، إلا ان اختيار الطريقة المناسبة للتعامل معها يعد أمرًا مهمًا للباحثين ولم يحظ بالقدر الكافي من البحث والدراسة، إذ أن المفاضلة والانتقاء من بينها يتطلب فحصًا دقيقًا للبيانات لتحديد نوع ونمط الفَقْد، ومن ثم الفهم الدقيق لكيفية معالجة الفَقْد في البيانات، التي قد تعزى لأسباب عدة سواء أكانت أسباب مقصودة أم غير مقصودة، أم لأسباب مرتبطة أم غير مرتبطة بقدراتهم. نظرًا لأن الأساليب الإحصائية التي تستخدم في تحليل البيانات تفترض دائماً وجود معلومات كاملة عن جميع المتغيّرات المستخدمة في التحليل الإحصائي. لقد جرى اقتراح عدد من طرائق التعامل مع البيانات المفقودة لتلافي الآثار المترتبة على فقدان المعلومات عن هذه الفقرات (Enders, 2010). فالمطلع على الأدب التجريبي والنظري في مجال القياس والتقويم يجد أن الجهود التي بذلها المختصون فيه تمخض عنها العديد من الإجراءات والطرق للتعامل ولمعالجة الفُقْدان بالبيانات على أمل التقليل من الآثار المترتبة على مثل هذا الفُقْدان، حيث يمكن أن تصنّف هذه الإجراءات إلى نوعين من الطرائق: الطرائق القائمة على الحذف (Methods Depends on Deletion)، والطرائق القائمة على احتساب قيم تعويضية (Methods Depends on Imputation)، واندرج أسفل كل منها عدد من الطرائق. وفيما يلي عرضا موجزا عن طرائق معالجة البيانات المفقودة:

أولا: الطرق التي تقوم على الحذف (Methods Depends on Deletion) تقوم هذه الطرق على حذف الحالات التي تحتوي بياناتها على قيم مفقودة، مما يقود الى التقليل من حجم العينة والبيانات المتوفرة لحساب معالم الفقرات ومعلمة قدرة الفرد، حيث تندرج أسفلها: طريقة حذف الحالة، وطريقة اعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة، وطريقة إلغاء الإجابات المفقودة فقط. حيث إن **طريقة حذف الحالة (Case Deletion)** عموما تعمل على معالجة فقدان البيانات عن طريق حذف بيانات الأفراد الذين لديهم قيم مفقودة على بعض فقرات المقياس، مما يؤدي إلى التقليل من حجم العينة، الأمر الذي يترتب عليه تعظيم الخطأ المعياري وتقليل مستوى الدلالة، وجرى توظيف إجرائيين في إطار هذه الطريقة هما: **الأول حذف الحالة الكاملة (Listwise or Complete case Deletion)** حيث يتم في هذه الطريقة حذف بيانات أي مفحوص تحتوي بياناته على قيمة مفقودة لأي فقرة من فقرات أداة القياس، ويتم فقط تحليل بيانات المفحوصين الذين لديهم استجابات كاملة على جميع الفقرات. وعموما هذه الطريقة تقوم على افتراض أن البيانات المفقودة تتوزع بشكل عشوائي بالكامل على أفراد عينة المفحوصين موضع الاهتمام، أما في حالة عدم توفر هذا الافتراض فإن النتائج ستكون متحيزة بسبب أن باقي العينة يصبح لا تمثل المجتمع الأصلي، كما ويترتب على استخدام هذه الطريقة تقليل حجم العينة واحداث خللا في تمثيلها للمجتمع مما يؤدي إلى حدوث تحيز. واعتبرت هذه الطريقة غير فعالة في حالة العينات صغيرة الحجم، حيث إن تخفيض حجم العينة نتيجة الحذف يؤثر سلبيا على القوة الإحصائية للاختبار، وبالتالي اضعاف قدرة الباحث على الوصول إلى الأثر الدال من الاختبار الإحصائي المستخدم (Gemici, Bednarz & Lim,2012).

أما الثانية طريقة حذف الحالة المتوفرة (Available case Analysis) فيتم فيها حذف بيانات جميع المستجيبين الذين لديهم استجابات مفقودة على متغيرين فأكثر من المتغيرات المشمولة بالدراسة. فهذه الطريقة عموما تقوم على افتراض أن استخدام أكبر عدد من ازواج المتغيرات وأكبر كمية من البيانات المتوفرة للمفحوص يقود الى تقديرات أفضل بالنسبة للعلاقات بين ازواج المتغيرات. وتندرج تحتها طريقتين هما:

1) **طريقة اعتبار الإجابة المفقودة إجابة خطأ (Incorrect)** يتم التعامل في هذه الطريقة مع الفقرة المفقودة على أنها إجابة خطأ، وتأخذ القيمة صفر عند تصحيحها. حيث تساهم هذه الفقرة المفقودة والتي تم اعتبارها إجابة خاطئة في إيجاد التقديرات لمعالم الفقرات ومعلمة قدرة المفحوص. لقد أكد كل من دي أيلا وبلاك وإمبارا (De-Ayala, Plake & Impara, 2006) على أن استخدام هذه الطريقة في معالجة البيانات المفقودة تعطي نتائج غير دقيقة

وتقديرات متحيزة لمعالم القدرات، كما وأشار فينش (Finch, 2008) بأن استخدام هذه الطريقة في معالجة القيم المفقودة لتقدير معالم الفقرات باستخدام النموذج الثلاثي المعلمة في نظرية الاستجابة للفقرة ارتبطت بنسب تحيز كبيرة في تقدير معلمة التمييز للفقرة.

2) طريقة الغاء الإجابات المفقودة فقط (Not present) يتم في هذه الطريقة التعامل مع الفقرة التي تكون الاستجابة لها مفقودة كأنها غير موجودة، أي أن الإجابة عن الفقرة المفقودة يتم اهمالها ويتم عدم إدخالها ضمن تقديرات معالم الفقرات، ومعلمة القدرة للمفحوصين، الأمر الذي يترتب عليه اختلاف أعداد الأفراد الذين استجابوا على كل فقرة. إذ تعزو هذه الطريقة أن فقدان الإجابة عن بعض الفقرات يعود إلى ضيق الوقت المحدد للإجابة مما يجعل الفرد او المستجيب غير قادر على الوصول الى الإجابة عليها، لقد أكد كل من دي أيلا وبلاك وإمبارا (De-Ayala, Plake & Impara, 2006) على أن استخدام هذه الطريقة في معالجة البيانات المفقودة تعطي تقديرات دقيقة لمعلمة قدرة الفرد.

ثانيا: الطرق القائمة على التعويض (Methods Depends on Imputation) تقوم هذه الطريقة على تقدير قيم معينة وتعويضها بدلا من القيم المفقودة، ففكرة هذه الطرائق تهدف الى عدم إهدار أي معلومات تم الحصول عليها من أفراد العينة. وخاصة إذا احتوت البيانات المتوفرة بيانات بالإمكان بناء عليها التنبؤ بالقيم المفقودة، إن المنطق وراء اللجوء إلى هذه الطرائق هو استغلال البيانات والحصول على بيانات كاملة، والمحافظة على دقة عالية من النتائج. لقد تم تطوير العديد من الطرائق القائمة على التعويض منها حساب قيمة تعويضية واحدة والتي يندرج أسفلها طريقتين هما: الطريقة الصريحة والطريقة الضمنية.

أ) الطرق الصريحة (Explicit Methods) يتم فيها استخدام اجراء احصائي معين يتم من خلاله تقدير القيمة المفقودة وتعويضها بدلا من القيم المفقودة، حيث يتم ذلك إما من خلال تقدير القيمة التعويضية من خلال المتوسط للقيم المتوفرة أو حساب قيمة تعويضية من خلال الانحدار. ففي حالة **حساب القيمة التعويضية باستخدام المتوسط (Mean Imputation)** يتم حساب القيمة التعويضية للقيم المفقودة عن طريق حساب متوسط العلامات المتوفرة على الفقرة بناء على البيانات الخاصة بجميع المفحوصين الذين استجابوا عليها، ثم يتم تعويض هذا المتوسط بدلا من جميع القيم المفقودة على هذه الفقرة. أو يتم حساب المتوسط الحسابي للمفحوص الواحد من خلال استجاباته على جميع فقرات الاختبار، ثم يتم تعويض هذا المتوسط بدلا من القيم المفقودة للفقرات. وعموما هذه الطريقة تحافظ على متوسط التغير، ولكنها تؤثر على شكل التوزيع، وتقلل من التباين وكذلك تشوه الارتباطات والتباينات المشتركة مع المتغيرات الأخرى (Enders, 2010). **أما طريقة حساب قيمة تعويضية من خلال الانحدار (Regression Imputation)** فيتم في هذه الطرقة إجراء تحليل الانحدار لتقدير القيم التي سيتم تعويضها بدلا من القيم المفقودة، وذلك من خلال تكوين مصفوفة معاملات الارتباط الأساسية بين الأداء على الفقرات، حيث يتم في هذه الطريقة التعامل مع كل فقرة تتضمن قيما مفقودة، على انها متغيرا تابعا ويتم من خلال معادلة الانحدار تقدير القيمة المفقودة للفقرة وتعويضها مكان البيانات الناقصة، ويتم تكرار هذه العملية لكل فقرة تتضمن قيما مفقودة (Witta, 2000). لقد أشارت دراسة العناتي واللبدي والمقصقص (2018) بأن استخدام طريقة الانحدار في معالجة البيانات المفقودة تعد أكثر الطرائق دقة في تقدير معالم الفقرات ومعلمة القدرة من طريقتي التعويض باستخدام المتوسط والتعويض من متبرع.

ب) الطرائق الضمنية (Implicit Methods) يتم فيها التعامل مع القيم المفقودة بناء على أداء أفراد العينة واحتساب قيمة تعويضية للبيانات المفقودة من خلالها، وتندرج اسفلها الطرائق التالية:

1) طريقة حساب القيمة التعويضية بطريقة دالة الاستجابة (RF)Response Function Imputation حيث يتم في هذه الطريقة تعويض القيمة المفقودة للمفحوص بناء على استجاباته على الفقرات التي أجاب عليها (دون أن تتأثر استجابات المفحوص الواحد باستجابات اي من المفحوصين الآخرين)، ففي هذه الطريقة لا يعتمد على المتوسطات الحسابية للفقرات فقط. إنما على قاعدة خاصة لتعويض القيم المفقودة، حيث يتم إيجاد المتوسط الحسابي لجميع القيم المتبقية للمستجيبين ثم مقارنة كل قيمة من القيم التي حسبت مع المتوسط الحسابي للاستجابات التي أجاب عليها، فاذا كانت مقدار هذه القيمة للفرد أكبر أو تساوي المتوسط الحسابي له فان قيمة الاستجابة التي سوف تعوض فيها هي (1)، أما إذا كانت القيمة الناتجة للفرد أقل من المتوسط الحسابي لجميع القيم المتوفرة فان الاستجابة تعطى الدرجة (0) (Little &Rubin, 2002). لقد أشار بني عواد (2018) الى أفضلية طريقة دالة الاستجابة في دقة تقدير معالم الفقرات ومعلمة القدرة للفرد على طريقة اعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة، أو طريقة اعتبارها صحيحة جزئيا، أو طريقة اعتبارها غير موجودة، أو طريقة تعظيم التوقعات، أو طريقة تقدير قيم تعويضية متعددة، أو طريقة دالة الاستجابة.

2) طريقة خوارزمية تعظيم التوقعات Expectation Maximization Algorithm (EM) تتكون هذه الطريقة من خطوتين رئيسيتين هما: خطوة التوقع وخطوة التعظيم، حيث يتم في خطوة التوقع (Expect-step) حساب القيمة المتوقعة للقيم المفقودة من البيانات المكتملة وذلك للتوصل إلى تقديرات أولية لمعالم الفقرات ومعلمة القدرة للمفحوصين. وأما في خطوة التعظيم (Maximumization-step) يتم فيها تحديث تقديرات المعالم من خلال التقدير الذي يتم الحصول عليه من الارجحية العظمى. حيث تتكرر خطوتي التوقع والتعظيم بشكل مستمر حتى يتم الحصول على تقديرات نهائية قريبة من بعضها البعض (Little &Rubin, 2002). لقد أظهرت دراسة الرحيل والدرابسة (2014) أفضلية طريقة تعظيم التوقعات في تقدير معالم قدرات المفحوصين على طريقة القيم التعويضية المتعددة وطريقة دالة الاستجابة. كذلك أظهرت نتائج دراسة إندريس (Enders, 2010) أن طريقة تعظيم التوقعات

أعطت نتائج أقل تحيزا في تقدير ثبات مقياس ليكرت، كما أشار كلكان وكارا وكيليكوج (Kalkan, Kara and Kelecioğlu,2018) بأن طريقة تعظيم التوقعات أقلها دقة في تقدير معلمة الصعوبة للفقرة.

3) طريقة التعويض المتعدد Multiple Imputation Method (MI) يتم في هذه الطريقة استبدال كل قيمة مفقودة بالمتوسط الحسابي لمجموعة من القيم المختارة عشوائيا بعدد غير محدد من المرات، إلى أن يتم التحقق من كفاءة التعويض المناسب من خلال تحليل التباين للقيم التعويضية المتعددة بواسطة جدول يتضمن نسبة الفقد وعدد مرات التعويض (Little &Rubin, 2002)، ولذلك ينظر اليها على أنها تقدم قيما تعويضية بأخطاء معيارية غير متحيزة وبالتالي تعطي نتائج أفضل في التحاليل الإحصائي(Enders, 2010) . لقد أشارت دراسة لجيسمي وبيدنارز وليم (Gemici, Bednarz & Lim, 2012) أن طريق التعويض المتعدد تساعد في التقليل من التحيز، كما خلصت كذلك دراسة فنش (Finch, 2008) الى أفضلية طريقة التعويض المتعدد في دقة تقدير معلمة التمييز، وارتباطها بأقل نسبة تحيز على الطرائق اعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة، وطريقة غير الموجودة وطريقة الصحيحة جزئيا وطريقة دالة الاستجابة وطريقة تعظيم التوقعات وطريقة حساب قيمة تعويضية للوسط المصحح للفقرة.

4) طريقة حساب قيمة تعويضية للمتوسط المصحح، للفقرة Corrected Item Mean Substitution Imputation(IMSI) يتم في هذه الطريقة تعويض القيم المفقودة للمفحوص، من نفس استجاباته أو من استجابات المفحوصين على نفس الاختبار، وذلك من خلال حساب المتوسط الحسابي للمفحوص الواحد من خلال استجاباته على جميع فقرات الاختبار التي أجاب عنها (أي الغير مفقودة)، ثم إيجاد المتوسط الحسابي للإجابات الغير مفقودة على الفقرة عبر جميع المفحوصين، ثم يستخدم المتوسطان في معادلة خاصة لإيجاد القيمة التي سيتم تعويضا مكان القيم المفقودة للمفحوص على الفقرة.

5) طريقة التصحيح الكسري Fractionally Correct Method (FRM) أو ما يسمى طريقة الصحيحة جزئيا Fractionally Correct (FC) يتم في هذه الطريقة التعامل مع الفقرة كأنها صحيحة جزئيا في حال استخدام النموذج الثلاثي المعلمة، فعندما يكون عدد بدائل الفقرة أربعة، تكون علامة الإجابة الصحيحة (1)، أما العلامة التي تأخذها الفقرة التي تحتوي على الإجابة المفقودة وفقا لطريقة الصحيحة جزئيا هي (0.25)، الى تعادل الكسر المناظر لاحتمالية الإجابة عن الفقرة بالتخمين (Little &Rubin, 2002).

6) طريقة التعويض من التوزيع المشروط Method Imputing From Conditional Distribution (IFCDM) يتم في هذه الطريقة تكوين معادلة انحدار لكل فقرة، أو تكوين عدد من المعادلات بطرائق مختلفة لنفس الفقرة، ثم يتم اختيار أحد معادلات الانحدار التي تم تكوينها لكل فقرة عشوائيا، ويتم بوساطتها الحصول على تقدير للقيمة المفقودة، ولهذا تكون هذه الطريقة قد مزجت بين الاختيار العشوائي وطريقة الانحدار.

7) طريقة حساب القيمة التعويضية من توزيع غير مشروط Imputing From Unconditional Distribution Method(IFUNDM) يتم في هذه الطريقة حساب قيمة تعويضية للقيم المفقودة للمفحوص من خلال اختيار قيمة بشكل عشوائي من الاستجابات الموجودة على الفقرة للمفحوصين الآخرين، حيث يتم استبدال القيم المفقودة بقيم يتم الحصول عليها من مستجيب له نفس نمط الاستجابة أو قريب جدًا له، حيث يتم تقدير القيمة المفقودة للمتغير المستهدف باستخدام انحدار المتغير المستهدف على جميع المتغيرات الأخرى أو المجموعة الفرعية من جميع المتغيرات الأخرى.

مما سبق، يتبين تنوع طرق التعامل مع القيم المفقودة في البيانات، وعلى الرغم من وجود العديد من الدراسات التي تناولتها ولكنها لم تحسم الطريقة الأكثر فعالية في التعامل مع القيم المفقودة، كما لا يوجد اتفاق تام بين الدراسات على الطريقة الأفضل في التعامل مع القيم المفقودة، والتي من شأنها أن تعطي تقديرات دقيقة لمعالم الفقرات ومعلمة القدرة وتقدير دالة المعلومات للفقرات والاختبار، وتحقق الشروط الخاصة بأحادية البعد، والاستقلال الموضعي، والتي تعد متطلبا لتوظيف نماذج نظرية الاستجابة للفقرة، لقد تم في هذه الدراسة تناول: طريقة حذف الحالة الكاملة List wise or Complete case Deletion (LW)، وطريقة اعتبار الإجابة المفقودة إجابة خطأ Not Correct (NC)، وطريقة حساب القيمة التعويضية بطريقة دالة الاستجابة Response Function Imputation (RF)، وطريقة خوارزمية تعظيم التوقعات Expectation Maximization Algorithm (EM)، وطريقة التعويض المتعدد Multiple Imputation Method (MI)، وتم استخدام هتان الطريقتان في هذه الدراسة بهدف شمول الطرائق القائمة على الحذف والتعويض في معالجة القيم المفقودة.

هناك العديد من الدراسات التي تناولت طرق معالجة البيانات المفقودة وأثرها على تقدير معالم الفقرات ومعلمة القدرة ودالة معلومات الفقرة والاختبار، ففي دراسة أجراها فنش (Finch, 2008) التي هدفت إلى تحديد فعالية بعض طرائق معالجة القيم المفقودة في تقدير معالم الفقرة باستخدام النموذج الثلاثي المعالم، وذلك باستخدام بيانات مولدة لعينتين بلغ حجم كل منهما (500) فرد و(1000) فرد على التوالي في حالة وجود (20) فقرة لها معالم صعوبة وتمييز وتخمين مختلفة، حيث روعي عند توليد بيانات على الفقرات الخاصة بالدراسة أن تكون نسب الفَقْد (5% و15% و30%) مبنية على الفَقْد العشوائي، والفَقْد غير العشوائي، وجرى لمعالجة القيم المفقودة استخدم طريقة إلغاء الإجابات المفقودة، وطريقة اعتبار الإجابات المفقودة إجابات خاطئة، وطريقة حساب قيمة تعويضية للمتوسط المصحح للفقرة، وطريقة حساب قيمة تعويضية بطريقة دالة الاستجابة، وطريقة تعظيم التوقعات، وطريقة حساب قيم تعويضية متعددة. أظهرت نتائج هذه الدراسة وجود أثر دال إحصائيًا للتفاعل بين طريقة معالجة القيم المفقودة وآلية الفَقْد (العشوائي، وغير

العشوائي) على دقة تقدير معلمة الصعوبة ومعلمة التخمين للفقرات، كما وأشارت النتائج وجود تقارب في قيم الأخطاء المعيارية في الطرائق المستخدمة ماعدا طريقة اعتبار الإجابات المفقودة إجابات خاطئة، وأن الأخطاء المعيارية في حالة الفَقْد العشوائي أقل منها في حالة الفَقْد غير العشوائي.

وأما كوكلك وكيري (Cokluk & Kayri, 2011) فقد أجريا دراسة هدفت إلى معرفة أثر طرائق تعويض القيم المفقودة على صدق وثبات المقاييس، الناتجة عن تطبيق خمسة طرق للتعامل مع القيم المفقودة، باستخدام نسب فقد مختلفة (0% و 15% و 20% و 50%) واعتبرت الدراسة بمثابة مقارنة لاستكشاف نتائج التحليل العاملي باستخدام أسلوب تحليل المكونات الأساسية، حيث تكونت عينة الدراسة من (200) مفحوص من المرشحين لوظيفة مدرس بكلية العلوم التربوية بجامعة أنقرة للفصل الثاني من العام الدراسي (2009/2008). أظهرت نتائج الدراسة أن الطرائق المختلفة في معالجة القيم المفقودة تتسبب في تقليل نسب التباين المفسر للطرق المستخدمة في الدراسة، وأن تعويض القيم المفقودة تسبب في خفض معامل الثبات بدلالة احصائيات الفقرة باستخدام معادلة كرونباخ ألفا.

وأجرى الزعبي (2013) دراسة هدفت إلى بيان أثر نسبة البيانات المفقودة، وطريقة تعويضها (طريقة تعظيم التوقعات، وطريقة القيم التعويضية المتعددة) على دقة تقدير معالم الفقرات والأفراد، في حالة استخدام النموذج الأُحادي المعلمة والثنائي المعلمة، حيث جرى باستخدام برمجية (WINGEN) توليد استجابات (1400) مفحوص على اختبار مكون من (100) فقرةثنائية التدريج، وبنسب فَقْد فيها (5% و 15% و 20% و 30%)، وأظهرت نتائج هذه الدراسة إلى وجود تأثير دال إحصائيًا لطريقة التعويض في حالة استخدام النموذج الأُحادي المعلمة على دقة تقدير معلمة الصعوبة الذي جرى تقديرها بدلالة الخطأ المعياري في التقدير، ولصالح طريقة حساب قيم تعويضية متعددة، وعندما كانت نسبة الفَقْد للبيانات (5%)، وأنه في حالة استخدام النموذج الثنائي المعلمة لتقدير معلمة التمييز فان هناك دلالة إحصائية لطرق معالجة البيانات المفقودة على دقة تقدير معلمة التمييز لصالح طريقة حساب قيم تعويضية متعددة، عندما كانت نسبة الفَقْد (5%)، كما وأظهرت النتائج وجود تأثير دال إحصائيًا على دقة تقدير معلمة القدرة للأفراد عند استخدام النموذجين الأحادي المعلمة والثنائي المعلمة يعزى لطريقة التعويض، ولصالح طريقة قيم تعويضية متعددة.

كما وقام كل من الرحيل والدرابسة (2014) بدراسة هدفت إلى فحص تأثير طريقة معالجة القيم المفقودة، وطريقة تقدير قدرات الأفراد على دقة تقدير معالم الفقرات والأفراد، حيث استخدم الباحث برمجية (WINGEN) لتوليد بيانات الخاصة ب (1500) مفحوص وجرى اختبار مطابقة هذه البيانات مع النموذج ثلاثي المعلمة عندما كان طول الاختبار مكون من (80) فقرةء ثنائية التدريج بنسبة فَقْد فيها بلغت (15%)، وجرى توظيف ثلاث طرائق لمعالجة البيانات المفقودة، هي: تعظيم التوقعات، والقيم التعويضية المتعددة، ودالة الاستجابة. أظهرت نتائج هذه الدراسة إلى وجود اختلاف في دقة تقدير معلمة التمييز ومعلمة القدرة يعزى لطريقة معالجة القيم المفقودة ولصالح طريقة القيم المتعددة، كذلك أشارت النتائج إلى وجود تأثير للتفاعل بين متغيري طريقة المعالجة للقيم المفقودة، وطريقة تقدير القدرة على دقة تقدير معلمة القدرة، ولم يكن لهذه الطرق تأثير على دقة تقدير معلمة الصعوبة أو معلمة التخمين.

كما وأجرى بني عواد (2018) دراسة هدفت إلى الوقوف على شكل سلوك دالة معلومات الاختبار عندما تتغير نسب البيانات المفقودة، وحجم العينة في نظرية استجابة الفقرة، حيث جرى من خلال برمجية (WINGEN) توليد استجابات (1000 مفحوص، و2000 مفحوص) على اختبار مكون من (50) فقرة ثنائية التدريج، وفق النموذج اللوجستي ثلاثي المعلمة، بنسب فُقْدان في البيانات (15% و 30%) على الترتيب. أظهرت النتائج أن مقدار حجم دالة المعلومات يتغير بتغير نسب الفَقْد وحجم العينة، إذ تقل مقدار المعلومات بزيادة نسب الفَقْد، ويزداد بزيادة حجم العينة، كما أظهرت النتائج أن مقدار الخطأ المعياري في تقدير دالة المعلومات يتغير بتغير نسب فُقْدان البيانات وحجم العينة، حيث يزداد بزيادة نسب فُقْدان البيانات، ويتناقص بزيادة حجم العينة.

أما الصرايرة (2018) فقد أجرى دراسة بهدف تقصي أثر نسبة القيم المفقودة وطريقة معالجتها في دقة تقدير القيمة القصوى لدالة معلومات الفقرة وقيمة مؤشر ثبات الفقرة عند استخدام النموذج اللوجستي ثلاثي المعلمة، حيث جرى توليد الاستجابات باستخدام برمجية (WINGEN3)، لينة مؤلفة من (1000) مفحوص على اختبار مكون من (50) فقرة ثنائية الاستجابة، تم الحصول على بيانات تتضمن استجابات مفقودة بنسب (5% و 10% و 15%) وتمت معالجتها بثلاثة طرائق هي: طريقة التعويض المتعدد وطريقة تعظيم التوقعات وطريقة الوسط المتسلسل. أظهرت النتائج وجود فروق دالة إحصائياً في دقة تقدير القيمة القصوى لدالة معلوماتية الفقرة تعزى للتفاعل بين نسبة القيم المفقودة وطريقة معالجتها وكانت لصالح نسبة الفقد (5%) بأفضلية لطريقة التعويض المتعدد. كما وأشارت نتائج الدراسة إلى وجود فروق دالة إحصائياً في قيمة مؤشر ثبات الفقرة تعزى لطريقة المعالجة وبأفضلية طريقة التعويض المتعدد، ولنسبة القيم المفقودة ولصالح نسبة الفقد (5%)، وكما أظهرت النتائج عدم وجود فروق دالة إحصائياً في قيمة مؤشر ثبات الفقرة تعزى للتفاعل بين نسبة القيم المفقودة وطريقة معالجتها.

أما كلكان وكارا وكيليكوج (Kalkan, Kara and Kelecioğlu, 2018) فقد قارنوا بين فعالية أربعة طرائق لتعويض البيانات المفقودة: طريقة حساب قيمة تعويضية باستخدام دالة الاستجابة، وطريقة تعظيم التوقعات، وطريقة التعويض المتعدد، وطريقة تحليل الانحدار على تقدير معالم الفقرة ومعلمة القدرة باستخدام النموذج الثلاثي المعلمة، حيث تم تطبيق اختبار العلوم والرياضيات للصف السادس والمكون من (19) فقرة من نوع الاختيار من متعدد، على (306757) مفحوص، ثم جرى سحب أربعة عينات مكونة من (250 و 500 و1000 و5000) مفحوص، وروعي أن تكون نسب الإجابات المفقودة بها (0%و15% و20% و30%) على التوالي. أظهرت نتائج الدراسة أن قيمة الخطأ المعياري لتقدير معلمة الصعوبة وتقدير معلمة التمييز يقل عندما يزيد حجم

العينة وتنقص نسب الفُقْدان في البيانات، وأن طريقة التعويض المتعدد هي أكثر الطرائق دقة في تقدير معلمة التمييز، بينما طريقة التعويض باستخدام دالة الاستجابة أكثر طريقة تعطي تقديرات متحيزة لمعلمة التمييز والصعوبة، كما وكانت طريقة تعظيم التوقعات وطريقة الانحدار أقلها دقة في تقدير معلمة الصعوبة للفقرة، ولم تختلف دقة تقدير معلمة التخمين بشكل كبير بين طرق التعويض الأربعة، وأن طريقة التعويض باستخدام دالة الاستجابة للفقرة تعطي أقل قيمة ممكنة للخطأ المعياري الخاص بتقدير معلمة القدرة.

وفي دراسة العناتي والمقصقص واللبدي (2018) التي هدفت إلى مقارنة دقة ثلاث طرق تعويضية للبيانات المفقودة في الاختبارات العامة، شملت طريقة التعويض بمتوسط الفرد على الفقرات الأخرى التي لا تتضمن البيانات المفقودة، والتعويض من متبرع، والتعويض باستخدام الانحدار. وذلك باستخدام البيانات الخاصة بعينة حجمها (2100) طالبا من الصف العاشر الأساسي، على فقرات الاختبار الوطني للرياضيات الذي تعده وزارة التربية والتعليم بالأردن وفق النموذج اللوجستي الثنائي المعلمة، حيث تم حذف ما يعادل(10%) من استجابات الطلبة، بشكل يحقق شروط الفقدان العشوائي التام. وجرى بعدها التعويض عن القيم المفقودة بأحد الطرائق التعويضية السابقة. أشارت نتائج الدراسة إلى أن أكثر الطرائق دقة في تقدير معالم الفقرات (الصعوبة والتمييز)، ومعلمة القدرة للطلبة هي طريقة الانحدار وتليها طريقة التعويض باستخدام المتوسط، وأن أقل الطرائق دقة هي طريقة المتبرع.

أما صالح (2019) فقد أجريت دراسة هدفت إلى المقارنة بين تقديرات معلمة الصعوبة ومعلمة القدرة باستخدام نموذج راش في حالة البيانات الكاملة وفي حالة البيانات المفقودة باختلاف طرائق معالجة البيانات المفقودة، بتطبيق اختبار القدرة المكانية لكارتر (2007) المكون من (20) فقرة على عينة بلغت (250) طالب من طلبة السادس التابعين إلى مديريات تربية بغداد للعام الدراسي (2019/2018)، كما وروعي ان تكون نسبة فَقْد في البيانات (10%)، وكذلك استخدمت طريقة المتوسط الحسابي، وطريقة الانحدار، وطريقة الأرجحية كطرق لتعويض القيم المفقودة، وبعد التحقق من افتراضات نظرية الاستجابة للفقرة ومطابقة البيانات للنموذج الأُحادي المعلمة، وتقدير معالم الفقرات ومعلمة القدرة، وإجراء المقارنات بينها باختلاف طريقة معالجة البيانات المفقودة. أظهرت النتائج أفضليه تقدير معالم الفقرة في البيانات الكاملة على تقديرها في حالة طرق التعويض المستخدمة بالدراسة.

وكذلك أجرى كل من جوريتزكو وهيمان وبوهنر (Goretzko, Heumann & Bühner,2020) دراسة هدفت الى مقارنة ستة طرق في التعامل مع البيانات المفقودة في التحقيق من البناء العاملي، حيث جرى التعامل مع البيانات المفقودة باستخدام طريقة تعظيم التوقعات، وطريقة التعويض بالمتوسط، وطريقة تحليل الانحدار، وطريقة التعويض المتعدد، وطريقة حذف الحالة الكاملة، وطريقة حذف الحالة المتوفرة، ولتحقيق غرض الدراسة تم توليد استجابات ثلاثة عينات من المفحوصين مكونة من (250 مفحوصا، و500مفحوص، و1000مفحوص)، وفق ثلاث آليات من الفَقْد: الفَقْد العشوائي التام والفَقْد العشوائي والفَقْد غير العشوائي. أظهرت النتائج ان طريقة التعويض المتعدد كانت هي الأفضل من بين الطرق المستخدمة في الدراسة في تحديد دقة التحليل العاملي، بينما كانت طريقتي حذف الحالة الكاملة وحذف الحالة المتوفرة الأدنى في تحديد دقة التحليل العاملي.

أما أكسيو و بلوت (Xiao, & Bulut, 2020) فقد أجروا دراسة هدفت إلى مقارنة فعالية أربع طرائق في معالجة البيانات المفقودة في تقدير معلمة القدرة. ولتحقيق هدف الدراسة تم توليد بيانات ثلاثة عينات مكونة من: 500 مفحوص، و1000مفحوص، و3000 مفحوص باستخدام برمجية (WINGEN3) ومطابقتها للنموذج الثلاثي المعلمة، على ثلاثة اختبارات مكونة من:20 فقرة و40 فقرة، و60 فقرة ثنائية الاستجابة، بحيث تتضمن استجابات مفقودة بنسب (5% و15% و30% و40%) باستخدام ثلاث اليات للفقد: الفقد العشوائي التام والفقد العشوائي والفقد غير العشوائي، كما وتمت معالجة القيم المفقودة بأربعة طرق: طريقة الارجحية العظمى، وطريقة الاستبدال الصفري، وطريقة احتساب فيم تعويضية متعددة وطريقة التعويض العشوائي. أشارت النتائج إلى أن طريقة الارجحية العظمى تفوق على الطرق الأخرى في تقدير معلمة القدرة. بينما كانت طريقة الاستبدال الصفري تعطي تقديرات دقيقة للقدرة عندما كانت نسب البيانات المفقودة عالية. أما طريقة التعويض المتعدد وطريقة التعويض العشوائي فهما متشابهتين تمامًا في تقديرات معلمة القدرة ولكنهما يعطيان تقديرات أفضل باستخدام آلية الفقد العشوائي. وعموما أشارت النتائج بأنه بزيادة عدد الفقرات وتناقص النسب المفقودة، تقود إلى تقديرات معلمة القدرة بشكل أفضل في جميع طرائق معالجة القيم المفقودة.

وأجرى كل من شي وولي وفيرشيلد وميدوأولفيرز (Shi, Lee, Fairchild, & Maydeu-Olivares, 2020) دراسة للمقارنة بين إجراءين للتعامل مع القيم المفقودة عند استخدام نماذج التحليل العاملي الترتيبي: الحذف الزوجي؛ والتعويض المتعدد، باستخدام بيانات محاكاة ، وآليتي الفقد: الفقد العشوائي بالكامل، والفقد العشوائي، باستخدام عينات مكونة من 200 مفحوص و 500 مفحوص و1000 مفحوص، ونسبة فقد للبيانات مقدارها (15% و 25%و50%). أشارت النتائج إلى أن التقديرات الناتجة عن طريقتي الحذف المزدوج، والتعويض المتعدد مماثلة لتلك الناتجة عن تحليل البيانات الكاملة التي لا تحتوي على بيانات مفقودة في ظل الظروف التي تكون فيها البيانات مفقودة بشكل عشوائي بالكامل، عندما تكون البيانات مفقودة بشكل عشوائي على التوالي، كما وأظهرت نتائج الدراسة أن طريقة الحذف المزدوج تعطي تقديرات متحيزة بشدة عندما تكون نسبة الفقد أقل من (50%)، وأما استخدام طريقة التعويض المتعدد تقود الى تقديرات مشابهة لنتائج تقديرات البيانات الكاملة. وأخيرا أشارت النتائج أن مؤشرات المطابقة لطريقة الحذف الزوجي وطريقة التعويض المتعدد أسوأ من النتائج التي لوحظت في البيانات الكاملة.

أما دراسة الزبون والنصراويين (Al-zboon. Habis,& Alnasraween, 2021) فقد أجروا دراسة هدفت إلى معرفة تأثير النسبة المئوية للبيانات المفقودة

على تقدير الخطأ المعياري لمعالم الفقرة ودالة معلومات الاختبار باستخدام النموذج ثلاثي المعلمة، حيث جرى توليد بيانات (1000) مفحوص على اختبار مكون من (50) فقرة ثنائية الاستجابة، بنسب فُقُدان فيها (0% و5% و10% و15%) من الفقرات على التوالي. أظهرت نتائج الدراسة وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطات الأخطاء المعيارية لتقدير معلمة الصعوبة ومعلمة التمييز لفقرات الاختبار باختلاف نسبة البيانات المفقودة لصالح الحالات التي كانت نسب فُقُدان البيانات بها أقل؛ بمعنى أنه كلما قلت النسب المئوية للبيانات المفقودة، تنخفض قيمة الخطأ المعياري لتقدير معلمة الصعوبة ومعلمة التمييز للفقرة، وأن دالة المعلومات الاختبار تزداد مع انخفاض نسبة البيانات المفقودة.

كما وأجرى يو وكيم ووستن (Wu, Kim, & westine, 2023) دراسة لمعرفة تأثير ستة طرائق للتعامل مع القيم المفقودة (طريقة حذف الحالة الكاملة، وطريقة اعتبار الاستجابة المفقودة البيانات المفقودة على أنها استجابة غير صحيحة، وطريقة التعويض بالمتوسط الحسابي، وطريقة التعويض باستخدام دالة الاستجابة، وطريقة التعويض المتعدد، وطريقة الارجحية العظمى) على دقة صدق وثبات المقياس. باستخدام تصميم مجموعة الفقرات المشتركة غير المكافئة. تم استخدام بيانات مولدة. أظهرت النتائج أن طريقة حذف الحالة الكاملة كانت الأقل دقة في تقدير صدق وثبات المقياس.

يلاحظ من خلال استعراض الدراسات السابقة أن معظمها اعتمدت على بيانات غير حقيقية مولدة باستخدام برمجية (WINGEN)، وقليل منها استخدمت بيانات حقيقية كنتائج طلبة في الاختبارات الوطنية أو بيانات حقيقية لاختبارات من إعدادهم، كما وأنها هدفت في معظمها إلى فحص أثر طرائق معالجة البيانات المفقودة في دقة تقدير معالم الفقرات ودقة تقدير معلمة القدرة للفرد في حين تناولت دراسة واحدة أثر نسبة القيم المفقودة وطريقة معالجتها في دقة تقدير القيمة القصوى لدالة معلوماتية الفقرة. كما ويلاحظ الاختلاف في النماذج اللوجستية التي جرى توظيفها واستخدامها، فبعضها استخدم نموذج واحد أو نموذجين من نماذج نظرية الاستجابة للفقرة، في حين لا يوجد دراسة تبنت النماذج الأُحادي والثنائي والثلاثي المعلمة معا. كما لا توجد دراسة موجهة نحو معالجة البيانات المفقودة في الاختبارات الدولية التي تخدم صناع القرار وراسمي السياسات التربوية والتي تحتوي على بيانات مفقودة بنسب كبيرة لعدم اهتمام الطلبة بالاستجابة على الفقرات؛ نظرا لأنها لا تؤثر على نجاحهم أو رسوبهم. من هنا يلاحظ أن الدراسة الحالية تلتقي مع الدراسات السابقة من حيث تناولها نفس الطرائق في التعامل مع البيانات المفقودة التي تناولتها الدراسات السابقة، ولكنها تختلف عن الدراسات السابقة في ظل أن الدراسة الحالية تناولتها مجتمعة في دراسة واحدة، وتوظيف جميع النماذج الخاصة بنظرية الاستجابة للفقرة، للوقوف على تحقق شرط أُحادية البعد وشرط الاستقلال الموضعي للفقرة ودالة معلومات الاختبار تبعًا لطريقة التعامل مع البيانات المفقودة في حالة استخدام بيانات حقيقية مأخوذة من أداء الطلبة على اختبار التميس (TIMSS) للرياضيات المطبق على طلبة الصف الثامن الأساسي في الأردن للعام الدراسي (2019).

مشكلة الدراسة وأسئلتها:

إن التعدد في الطرائق التي جرى تطويرها للتعامل مع البيانات المفقودة جعلت عملية المقارنة بينها أمرًا غاية في الأهمية؛ وذلك لاختيار الطريقة الأفضل للتوصل إلى نتائج دقيقة، للتحقق من افتراض أُحادية البعد والاستقلال الموضعي وتوظيف الإجراءات الإحصائية التي تفتضيها أسئلة الدراسة لتقدير معالم الفقرات ومعلمة القدرة ودالة المعلومات للفقرة وللاختبار، حيث تهدف هذه الدراسة الوقوف على فاعلية خمسة طرائق متنوعة للتعامل مع البيانات المفقودة: طريقة حذف الحالة الكاملة، وطريقة اعتبار الإجابات المفقودة إجابات خاطئة، وطريقة التعويض المتعدد، وطريقة تعظيم التوقعات، وطريقة دالة الاستجابة الفقرة، على دقة تقدير دالة معلومات الاختبار وتحقق افتراض أحادية البعد وافتراض الاستقلال الموضعي حيث ينتمي اثنتان منها إلى منحى طرائق الحذف لمعالجة البيانات المفقودة، والثلاثة الأخرى تنتمي إلى منحى طرائق التعويض لمعالجة البيانات المفقودة، وباستخدام قاعدة البيانات الخاصة بالنتائج على اختبار التميس (TIMSS) للرياضيات والذي جرى تطبيقه على طلبة الصف الثامن الأساسي في الأردن خلال العام الدراسي (2019)، لاحتوائه على قيم مفقودة، حيث تُعدُّ مشكلة الحصول على بيانات غير مكتملة في مثل هذه الاختبارات ظاهرة واضحة بشكل كبير؛ بالرغم من أنه اختبار دولي يتم الاعتماد على نتائجه في تصنيف الطلبة والمقارنات الدولية والوطنية في التحصيل، والتوصل إلى تقديرات إحصائية مختلفة. وعليه فان مشكلة الدراسة تتحدد في الإجابة عن الأسئلة الآتية:

1. هل يختلف تحقق افتراض أُحادية البعد وافتراض الاستقلال الموضعي في البيانات الخاصة بالكراسة رقم (9) من اختبار التميس (TMISS-2019) باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة؟
2. هل تختلف دقة تقدير دالة المعلومات الاختبار باختلاف النموذج اللوجستي الخاص بنظرية الاستجابة للفقرة، وطريقة التعامل مع القيم المفقودة والتفاعل بينهما؟

أهمية الدراسة:

تنبثق أهمية الدراسة العملية والنظرية في الأمور التالية:

أ) الأهمية النظرية: تكمن الأهمية النظرية للدراسة في الآتي:

1. توفير مؤشرات عن فعالية طرائق التعامل مع البيانات المفقودة للتحقق من أحادية البعد، وعدد العوامل، والاستقلال الموضعي، مما يساعد في

عملية انتقاء الطريقة الأفضل لمعالجة البيانات المفقودة، وفق تحقق افتراضات نظرية الاستجابة للفقرة.

2. شمولية هذه الدراسة لطرق متعددة لمعالجة البيانات المفقودة تنتمي الى منحى الحذف والتعويض لمعالجة البيانات المفقودة وهو ما لم يتم استخدامه في الدراسات السابقة، الأمر الذي يسهم في استكمال ما قام به الباحثون في هذا الإطار، وتسهم في تنويع الطرائق.

3. تناولها فاعلية الطرق المشمولة بالدراسة عند توظيف النموذج أحادي المعلمة وثنائي المعلمة وثلاثي المعلمة مما يسهم بعكس إمكانية اختلاف فاعلية هذه الطرق باختلاف النموذج وهو يعد امتداد وتوسيع لما تم تناوله في إطار الأدب السابق.

ب) أما الأهمية العملية لهذه الدراسة فتكمن في الآتي:

1. توظف هذه الدراسة بيانات حقيقية ليست مولدة لتقدير فاعلية طرائق التعامل مع البيانات المفقودة في ظل النماذج اللوجستية الثلاثة لنظرية الاستجابة للفقرة، إذ أن معظم الدراسات السابقة تعاملت مع بيانات مولدة مما يتيح الفرصة للتحقق من نتائج الطلبة على الاختبارات في حالة معالجة البيانات المفقودة بها.

2. مساعدة وزارة التربية والتعليم على قراءة النتائج المتحققة للطلبة في الاختبارات الدولية خاصة تلك الاختبارات التي تحتوي على نسب عالية من البيانات المفقودة، مما يسهم على أخذ الصدق الظاهري لهذه النتائج في ظل غياب الطريقة العملية الأفضل في التعامل مع البيانات المفقودة.

3. مساعدة العاملين في مجال تطوير وتطبيق الاختبارات سواء التحصيلية أم القدرات على المستوى الوطني (أو المهتمين بها) على تقدير الآثار المترتبة على عدم توظيف طرق معالجة الفقد بالمعلومات على تقدير المعلمة المقدرة وتحقق شرطي الاستقلال الموضعي وأحادية البعد ومعرفة أي النماذج النظرية لنظرية الاستجابة للفقرة (أحادية المعلمة وثنائية المعلمة وثلاثية المعلمة) التي تقرر فاعلية أكثر للطرق المستخدمة في معالجة البيانات المفقودة.

هدف الدراسة

تهدف هذه الدراسة الى الوقوف على فاعلية خمس طرق للتعامل مع البيانات المفقودة اثنتان تنتمي الى منحى الحذف والثلاثة الأخرى تنتمي الى منحى التعويض على تحقق شرطي أحادية البعد والاستقلال الموضعي ودقة تقدير دالة معلومات الاختبار في نظرية الاستجابة للفقرة وباستخدام بيانات الكراسة رقم (9) من قاعدة البيانات الخاصة بالنتائج على اختبار التميس (Timss) للرياضيات والذي جرى تطبيقه على طلبة الصف الثامن الأساسي في الأردن خلال العام الدراسي (2019).

التعريفات الاصطلاحية والإجرائية:

تم استخدام المصطلحات والمفاهيم الآتية في إطار هذه الدراسة بحيث تعني المعاني الاتية:

- **القيم المفقودة(Missing Values)** : ويقصد بها عدم استجابة المفحوص عن بعض فقرات الاختبار، وترك هذه الفقرات فارغة بغض النظر عن السبب.
- **فعالية طرائق معالجة البيانات المفقودة:** تم الحكم على فعالية طرق معالجة البيانات المفقودة من خلال إيجاد الخطأ المعياري للقيمة المقدرة.
- **القيمة التعويضية(Imputing Value)** : ويقصد بها القيمة التي تستبدل بها القيمة المفقودة بالقيم المقدرة، حيث تم في إطار هذه الدراسة تبني الطرائق الآتية: طريقة تعظيم التوقعات، وطريقة قيم تعويضية متعددة، وطريقة دالة الاستجابة للفقرة.
- **أُحادية البعد (Unidimensionality)**: وتعني وجود سمة واحدة تكمن وراء أداء الفرد على أداة القياس، حيث جرى في إطار هذه الدراسة الحكم على تحقق أُحادية البعد من خلال طريقتين: قيمة معامل ثبات الاتساق الداخلي باستخدام معادلة (كرونباخ ألفا)، وفقا لما أشار له هيت (Hattie,1985) أن ثبات الاتساق الداخلي الذي يزيد عن (0.80) يحقق أُحادية البعد. وعدد العوامل والجذور الكامنة لها التي جرى التوصل إليها من خلال استخدام طريقة المكونات الأساسية ونسب التباين المفسر لكل عامل من العوامل، واعتمادًا على قيمة الجذر الكامن كمؤشر لأُحادية البعد جرى تبني ما أشار له هيت أيضا والذي يرى أنه عندما تكون نسبة الجذر الكامن للعامل الأول إلى الجذر الكامن للعامل الثاني تزيد عن (2) فهذا يدل على تحقق أُحادية البعد.
- **الاستقلال الموضعي(Local Independence)** : ويعني عدم تأثر الإجابة عن أية فقرة من فقرات الاختبار بالإجابة عن أية فقرة أخرى، سواء كان هذا التأثر إيجابا أو سلبا، وللكشف عن أزواج الفقرات التي بينها ارتباط موضعي، تم استخدام مؤشر (Q3)، واعتبرت القيمة له التي تقل عن القيمة المطلقة للعدد (0.30) مؤشر على تحقق شرط الاستقلال الموضعي وذلك يتبنى ما ذهب له كل من كيم وكوهين (Kim, Cohen, & Lin, 2005).
- **دالة المعلومات (Information Function):** تعرف دالة معلومات الاختبار بأنها المجموع الحسابي لدوال معلومات الفقرات المكونة للاختبار، وتشير دالة المعلومات للفقرة، الى كمية المعلومات التي تقدمها الفقرة لتقدير مستوى القدرة، وتستخدم في تحديد الدقة التي تقدر بواسطتها قدرات المفحوصين عند المستويات المختلفة من القدرة.
- **دقة التقدير (Estimation accuracy):**مؤشر إحصائي يعبر عن جودة تقدير المعلمة ويقاس بدلالة قيمة الخطأ المعياري للتقدير.

الطريقة والإجراءات

لأهداف الإجابة عن أسئلة الدراسة السابقة قام الباحثان باتباع الإجراءات الآتية:

منهج الدراسة: استخدم الباحثان المنهج الوصفي التحليلي في إعداد هذه الدراسة، المتمثل في تحليل النتائج المتحققة من تحليل أحد الكراسات لاختبار تميس (TIMSS 2019) لطلبة المدارس الحكوميّة والخاصة ومدارس وكالة الغوث للعام الدراسيّ (2019/2020)، التي تقيس معرفة طلبة الصف الثامن لمبحث الرياضيات في الأردن.

مجتمع وعينة دراسة (TIMSS 2019)

يتكون مجتمع الدراسة من قاعدة البيانات الخاصة بنتائج طلبة الصف الثامن على اختبار تميس في مبحث الرياضيات في الأردن للعام (2019) الذي استخدم لتطويره إجراءات محددة وفقاً لدليل المعاينة المطور لهذه الغاية، حيث تحتوي قاعدة البيانات التربوية الأردنية لدى وزارة التربية والتعليم على ما حجمه (7176) طالبا وطالبة (منهم 3307 طالبًا و3869 طالبةً) جلسوا لهذا الامتحان، والذي جرى اختيارهم باستخدام تصميم العينة الاحتمالية المتناسبة مع الحجم على مرحلتين (Two-Stage probability proportional-to-size (PPS) sampling technique) حيث كانت وحدة المعاينة على المرحلة الأولى المدرسة، بحيث اختيرت عشوائيا (230) مدرسة من مجتمع مدارس المملكة التي تحتوي على الصف الثامن، بينما اختيرت في المرحلة الثانية شعبة واحدة أو شعبتان من شعب الصف الثامن في المدرسة وبطريقة عشوائية.

أما عينة الدراسة فقد تكونت مما مجموعه (516) طالبًا وطالبةً، منهم (231) طالبًا و(285) طالبةً، والذين طبق عليهم الكراسة رقم (9) من الكراسات التي وزعت عليها فقرات اختبار تميس في مبحث الرياضيات (لكونها تحتوي على نسبة فقدان بالبيانات كبيرة).

أداة الدراسة

تكونت أداة الدراسة من الكراسة رقم (9) من الكراسات التي تتوزع عليها فقرات اختبار تميس في الرياضيات للصف الثامن والبالغ عددها (217) فقرة، حيث تحتوي هذه الكراسة على (33) فقرة التي تتضمن استجابة (516) طالبًا وطالبةً، موزعة على أربعة مجالات هي: مجال الأعداد (Number) ويشتمل على ثمانية فقرات، ومجال الجبر (Algebra) ويشتمل على أحد عشرة فقرة، ومجال الهندسة (Geometry) ويشتمل على ست فقرات، ومجال البيانات والاحتمالية (Data and Probability) ويشتمل على ثمانية فقرات. بأوزان نسبية 30% و30% و20% و20% على التوالي، عموما تقع العلامات للاختبار على تدريج مداه من (0 – 1000) درجة وبمتوسط حسابي (500) درجة وانحراف معياري (100) درجة، وعموما تتضمن الكراسة التاسعة تجمعين من الفقرات، أحدهما مشترك بين هذه الكراسة والتي تليها، وتستخدم نظرية الاستجابة للفقرة IRT لتقدير الأداء للمفحوص على كل الفقرات.

خطوات إجراءات الدراسة:

لأغراض استخراج النتائج ومعالجة البيانات تم في إطار هذه الدراسة اتباع الخطوات الآتية:

الخطوة الأولى: إعداد خمسة ملفات من البيانات الخاصة بنتائج الطلبة على الكراسة التاسعة لاختبار التميس للعام الدراسي (2019) للصف الثامن، حيث خصص كل ملف منها لإحدى طرائق معالجة البيانات المفقودة فيه، والتي جرى تبنها في إطار هذه الدراسة.

الخطوة الثانية: معالجة البيانات المفقودة في كل ملف كل بحسب الطريقة المخصصة له كالاتي:

1. **الملف الأول:** تم فيه تعويض القيم المفقودة باستخدام طريقة خوارزمية تعظيم التوقعات، وذلك باستبدال القيمة المفقودة بالعدد (9) بواحدة من الاستجابتين (0) أو (1) وذلك باستخدام الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS)، وذلك باستخدام خطوة إيجاد (القيمة المتوقعة) كخطوة أولى ثم إيجاد القيمة بعد خطوة تعظيم القيمة.

2. **الملف الثاني:** وخصص لطريقة حساب قيم تعويضية متعددة، حيث تم تعبئة الخلايا الفارغة في هذا الملف بالعدد (9)، باستخدام الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS)، وتم استبدال العدد (9) بواحدة من الاستجابتين (0) أو (1)، وذلك بعد أن يقوم البرنامج بتكرار عملية التعويض أو الاستبدال (5) مرات لكل قيمة من القيم المفقودة في الملف والتي أشير لها بالرقم(9).

3. **الملف الثالث:** خصص لطريقة حساب قيم تعويضية باستخدام دالة الاستجابة، حيث تم تعويض القيم المفقودة للمفحوص من نفس استجاباته، وذلك من خلال تعويض القيمة المفقودة للفقرة (j) الخاصة بالمفحوص (i) بالاعتماد على استجاباته على الفقرات الكاملة وعدد الفقرات الكلي للاختبار. وذلك من خلال المعادلة ($\hat{R}(-j)i = PMi(j-1)$). حيث ($\hat{R}(-j)i$) هي القيمة التي تم وضعها مكان القيمة المفقودة للفقرة (*j*) الخاص بالفرد (*i*)، و (*j*) تمثل العدد الكلي للفقرات، و(PM*i*) تمثل الوسط الحسابي للمفحوص.

4. **الملف الرابع:** خصص لطريقة حذف الحالة الكاملة، حيث تم حذف البيانات الخاصة بأي مستجيب تحتوي بياناته على قيمة مفقودة لأي فقرة من فقرات أداة القياس.

5. **الملف الخامس:** خصص لطريقة اعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة. حيث تم التعامل مع الفقرة التي تكون الاستجابة لها مفقودة كأنها إجابة

خاطئة، وتعطى الدرجة (0).

الخطوة الثالثة: جرى بعد معالجة القيم المفقودة ومطابقة البيانات للنموذج الأحادي المعلمة والنموذج الثنائي المعلمة والنموذج الثلاثي المعلمة، التحقق من شرطي نظرية الاستجابة للفقرة (أحادية البعد والاستقلال الموضعي) لبيانات الملفات.

الخطوة الرابعة: تم في هذه الخطوة مطابقة البيانات الموجودة في الملفات الخمسة الخاصة بكل طريقة لمعالجة البيانات المفقودة المستخدمة في الدراسة وفق النموذج أُحادي المعلمة ووفق النموذج ثنائي المعلمة والنموذج الثلاثي المعلمة وذلك باستخدام برمجية (R) وهكذا توفرت (ثلاثة ملفات لكل طريقة)، ويظهر الجدول (1) نتائج المطابقة لفقرات ومفحوصين كل ملف.

الجدول (1): نتائج مطابقة البيانات الخاصة بالأفراد والفقرات للنماذج الأُحادي المعلمة، والثنائي المعلمة، والثلاثي المعلمة لنظرية الاستجابة للفقرة

طريقة التعويض	النموذج	عدد الأفراد			عدد الفقرات		
		في الملف الأصلي للبيانات	مطابق	غير المطابقين	في الملف الأصلي للبيانات	مطابق	غير المطابقة
دالة الاستجابة	الأُحادي المعلمة	516	488	28	33	26	7
	الثنائي المعلمة	516	498	18	33	30	3
	الثلاثي المعلمة	516	494	22	33	30	3
تعظيم التوقعات	الأُحادي المعلمة	516	494	22	33	24	9
	الثنائي المعلمة	516	494	22	33	30	3
	الثلاثي المعلمة	516	489	27	33	30	3
حذف الحالة الكاملة	الأُحادي المعلمة	249	239	10	33	29	4
	الثنائي المعلمة	249	241	8	33	31	2
	الثلاثي المعلمة	249	237	12	33	30	3
التعويض المتعدد	الأُحادي المعلمة	516	490	26	33	25	8
	الثنائي المعلمة	516	491	25	33	28	5
	الثلاثي المعلمة	516	490	26	33	29	4
اعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة	الأُحادي المعلمة	516	495	21	33	26	7
	الثنائي المعلمة	516	489	27	33	33	0
	الثلاثي المعلمة	516	485	31	33	33	0

يلاحظ من الجدول التفاوت في عدد الفقرات وعدد المفحوصين الذين لم تتطابق نتائج تحليل البيانات الخاصة بهم مع نماذج نظرية الاستجابة للفقرة حيث يلاحظ أن أعلى نسبة فقدان في المفحوصين كانت في طريقة معالجة البيانات القائمة الحذف: حذف الحالة الكاملة، بينما كانت نسب الفقرات غير المطابقة متقاربة الى حد ما في حالة طرائق معالجة البيانات المفقودة وبغض النظر عن النموذج لنظرية الاستجابة للفقرة.

الخطوة الخامسة: بعد مطابقة البيانات الموجودة في الملفات الخمسة الخاصة بكل طريقة لمعالجة البيانات المفقودة المستخدمة في الدراسة وفق النموذج أُحادي المعلمة ووفق النموذج ثنائي المعلمة والنموذج الثلاثي المعلمة، تم تقدير معالم الفقرات، ومعلمة القدرة للمفحوصين. ثم جرى تقدير كمية دالة معلومات الاختبار وحساب مقدار الخطأ المعياري للتقدير.

المعالجة الإحصائية

لأغراض الإجابة عن أسئلة الدراسة جرى ما يلي:

أولا: للإجابة عن السؤال الأول: الخاص بتحقق شرطي أحادية البعد والاستقلال الموضعي: جرى في حالة التحقق من شرط أُحادية البعد استخدام طريقتين: الأولى استخراج قيمة معاملات الاتساق الداخلي/ إحصائيات الفقرة باستخدام معادلة كرونباخ ألفا للدرجات التي تم الحصول عليها في حالة الطرائق الخمسة لمعالجة البيانات المفقودة، باستخدام الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS)، وجرى الكشف عن الفروق الظاهرية بينها باستخدام اختبار هاكسين وولن (M) (Hakstian, & Whalen, 1976). أما الطريقة الثانية جرى فيها استخراج التحليل العاملي التوكيدي للكشف عن اختلاف البنية العاملية لفقرات الكراسة التاسعة لاختبار تميس باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة فيها المشمولة بالدراسة؛ استخدم التحليل العاملي التوكيدي متعدد المجموعات Multiple Group Confirmatory Factor Analysis (MGCFA) متبعا بالتحقق من خاصية اللاتغير في القياس للبناء العاملي المكون

من أربعة أبعاد وفق متغير طريقة معالجة القيم المفقودة فيها، من خلال استخراج مؤشرات جودة المطابقة للتحقق من ذلك. وجرى كذلك الحكم على تحقق افتراض الاستقلال الموضعي لأزواج فقرات الكراسة رقم (9) من كراسات اختبار تميس للرياضيات في حالة كل طريقة من الطرائق المستخدمة لمعالجة البيانات المفقودة في الدراسة؛ وحُسب مؤشر (Q3) المقترح من قبل ين (Yen, 1984) كمؤشر إحصائي للكشف عن الاستقلال الموضعي بين فقرات الاختبار، وكذلك تم حساب جميع معاملات الارتباط بين البواقي (Residuals) لجميع أزواج الفقرات بعد ضبط قدرة الفرد، باستخدام برمجية A Computer program for Local Dependence Indices for Dichotomous Items. (LDID) وللكشف عن اختلاف النسب المئوية لعدد أزواج الفقرات المستقلة باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة؛ تم استخدم اختبار كاي تربيع (χ^2).

ثانيا: لأغراض الإجابة عن السؤال الثاني: الخاص باختلاف دقة تقدير دالة المعلومات للاختبار باختلاف النموذج وطرق معالجة البيانات المفقودة والتفاعل بينهما، تم تقدير دالة المعلومات لكل فقرة من فقرات الكراسة (9) من اختبار تميس في مبحث الرياضيات باستخدام طريقة الأرجحية العظمى، واستخراج قيمة الخطأ المعياري للتقدير المناظر لها، باستخدام برمجية (BILOG-MG) وبرمجية (R)، وجرى فحص دلالة دقة تقدير دالة معلومات الاختبار، باختلاف النموذج اللوجستي الخاص بنظرية الاستجابة للفقرة (النموذج الأحادي المعلمة والثنائي المعلمة والثلاثي المعلمة)، وطريقة معالجة القيم المفقودة والتفاعل بينهما، باستخدام الأخطاء المعيارية لتقدير دالة المعلومات للاختبار، باستخراج نتائج تحليل التباين الثنائي للقياسات المتكررة للمتوسطات الحسابية للأخطاء المعيارية لدالة معلومات الاختبار للكراسة (9) من اختبار تميس، متبوعا بنتائج اختبار شيفيه للمقارنات البعدية في حالة القيم الدالة ل (ف).

محددات وحدود الدراسة

تتحدد نتائج هذه الدراسة بما وفرته من شروط فيما يتعلق بانتقاء مجتمع الدراسة وعينتها وأداة الدراسة وحجمها وحجم البيانات المفقودة بها وبالإجراءات الإحصائية التي جرى توظيفها للإجابة عن أسئلة الدراسة.

النتائج:

هدفت هذه الدراسة إلى الوقوف على فاعلية خمسة طرائق لمعالجة البيانات المفقودة (طريقة حذف الحالة الكاملة، وطريقة اعتبار الإجابات المفقودة إجابات خاطئة، وطريقة التعويض المتعدد، وطريقة تعظيم التوقعات، وطريقة دالة الاستجابة للفقرة) في تحقق شرطي أحادية البعد والاستقلال الموضعي ودقة تقدير دالة المعلومات للاختبار باستخدام نماذج نظرية الاستجابة للفقرة (أحادي المعلمة وثنائي المعلمة وثلاثي المعلمة) والتفاعل بينهما، وذلك باستخدام البيانات التي جرى الحصول عليها من قاعدة البيانات لدى وزارة التربية والتعليم والخاصة بالكراسة التاسعة لاختبار تميس في مبحث الرياضيات الذي جرى تطبيقه على عينة مكونة من (516) مفحوصا من طلبة الصف الثامن في المملكة الأردنية الهاشمية وكإجراء لعرض النتائج جرى عرضها بحسب أسئلة الدراسة.

أولا: النتائج المتعلقة بالسؤال الأول الذي ينص على: " هل يختلف تحقق افتراضي أحادية البعد والاستقلال الموضعي في البيانات الخاصة بالكراسة رقم (9) في اختبار تميس (TIMSS-2019) باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة؟" أشارت النتائج إلى الآتي:

1) **بالتحقق من افتراض أحادية البعد باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة:**

أ) مؤشر معامل ثبات الاتساق الداخلي باستخدام معادلة كرونباخ ألفا: تم تقدير معاملات الثبات للنتائج على الكراسة (9) من كراسات اختبار تميس في مبحث الرياضيات للصف الثامن، بعد معالجة القيم المفقودة فيها وفق الطرائق الخمس المشمولة في الدراسة، باعتباره مُؤشرًا على أُحاديّة البُعد، وفقًا لما أشار إليه هيت (Hattie, 1985). والجدول (2) يبين هذه النتائج.

الجدول (2): معاملات ثبات الاتساق الداخلي باستخدام معادلة كرونباخ ألفا للدرجات على النموذج التاسع لاختبار تميس للرياضيات (TIMSS-2019, Booklet 9) بعد معالجة القيم المفقودة باستخدام طرائق معالجة البيانات المفقودة المشمولة بالدراسة

طريقة معالجة القيم المفقودة	دالة الاستجابة	تعظيم التوقعات	التعويض المتعدد	حذف الحالة الكاملة	اعتبار الإجابة المفقودة خاطئة	قيمة اختبار هكستين وولن(M)	مستوى الدلالة
معاملات الثبات	0.8294	0.8178	0.8192	0.8487	0.8340	7.53	0.05<

يُلاحَظ من بيانات الجدول (2) بأن هناك تقاربا في قيم معاملات ثبات الاتساق الداخلي بعد معالجة القيم المفقودة فيها وفق طرق المعالجة الخمس، حيث بلغت أعلى قيمة لها (0.8487) بعد معالجة القيم المفقودة لبيانات الكراسة (9) من اختبار تميس للرياضيات بطريقة اعتبار الإجابة

غير صحيحة(NC)، وأدناها (0.8178) بعد تعويض القيم المفقودة فيها بطريقة تعظيم التوقعات (EM). الأمر الذي يشير الى تحقق أحادية البعد بغض النظر عن طريقة معالجة البيانات المفقودة.

وللكشف عن الدلالة الإحصائية لهذه الفروق الظاهرية بين معاملات ثبات الاتساق الداخلي السابقة باختلاف طرق معالجة القيم المفقودة الخمس؛ تم استخراج نتائج اختبار هكستين وولن(M) (Hakstian, & Whalen, 1976) والتي بلغت (7.53) وهي غير دالة احصائيا وقيمة (χ^2) الحرجة (13.28)؛ مما تدل على عدم اختلاف معاملات ثبات الاتساق الداخلي (كرونباخ ألفا) للدرجات على الكراسة (9) من اختبار تميس باختلاف طرائق معالجة القيم المفقودة فيها؛ الأمر الذي يشير الى أنه لا يوجد هناك أفضلية لطريقة ما من الطرائق المشمولة بالدراسة على الأخرى لتحقق شرط أحادية البعد.

أ) باستخدام طريقة التحليل العاملي التوكيدي: للكشف عن اختلاف البنية العاملية لبيانات الكراسة (9) من اختبار تميس للرياضات (TIMSS-2019, Booklet 9) باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة فيها المشمولة بالدراسة؛ استخدم التحليل العاملي التوكيدي متعدد المجموعات للتحقق من خاصية اللاتغير في القياس وفق متغير طريقة معالجة القيم المفقودة فيها للبناء العاملي المكون من أربعة أبعاد رئيسة هي: بُعد الأعداد (Number) اشتمل على ثمانية فقرات، وبُعد الجبر (Algebra) اشتمل على أحد عشرة فقرة، وبُعد الهندسة (Geometry) اشتمل على ست فقرات، وبُعد البيانات والاحتمالية (Data and Probability) اشتمل على ثمانية فقرات، واستخدمت للحكم على جودة الملاءمة للنموذج المقترح المحكات الآتية: اختبار كاي تربيع (χ^2)، نسبة كاي تربيع الى درجة الحرية (χ^2/ df)، مؤشر تاكر – لويس Tucker-Lewis Index (TLI) والجذر التربيعي لمتوسط مربعات خطأ التقريب (Root Mean Square of Error Approximation (RMSEA، ومؤشر المطابقة المقارن Comparative Fit Indices (CFI) ، من خلال مراحله الثلاث: اللاتغير التكويني، واللاتغير المتري، واللاتغير العددي، التي يتطلب تمثيل فقرات الاختبار وفق أبعادها (انظر الملحق ب)، ويوضح الجدول (3) هذه النتائج.

الجدول (3): نتائج التحليل العاملي التوكيدي/ مؤشرات جودة المطابقة للنموذج اختبار الكراسة (9) من اختبار تميس للرياضيات (TIMSS-2019, Booklet 9) وفق متغير طريقة معالجة القيم المفقودة

المؤشر	درجة القطع	فقرات طريقة معالجة القيم المفقودة			التغير	درجة القطع	اللاتغير المتري (Metric)	اللاتغير العددي (Scalar)
		دون قيود اللاتغير الشكلي (Configural)	قيود على التشبعات	قيود على التقاطعات				
χ^2	دالة	5449.145	5521.506	5648.874	$\Delta\chi^2$		72.361	127.368
df	-	2280	2396	2528	Δdf		116	132
الدلالة الإحصائية		0.000	0.000	0.000	الدلالة الإحصائية		0.999	0.598
χ^2/ df	5 ≥	2.390	2.304	2.235	$\Delta\chi^2$/df			
CFI	0.80 ≤	0.842	0.844	0.844	|ΔCFI|	0.010 ≥	0.002	0.000
TLI	0.80 ≤	0.817	0.828	0.837	|ΔTLI|	0.050 ≥	0.011	0.009
RMSEA	0.08 ≥	0.025	0.024	0.023	|ΔRMSEA|	0.015 ≥	0.001	0.001

يلاحظ من الجدول (3) أن قيم مؤشرات المطابقة لِـ (اللاتغير الشكلي) جميعها واقعة ضمن المدى المعياري لها، التي تدل على تحقق اللاتغير الشكلي لاختبار (TIMSS-2019, Booklet 9) باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة فيها. وأن قيمة الدلالة الإحصائية للفرق بين النموذج الذي يتضمن وجود قيود على تشبعات الفقرات والنموذج الذي لا يتضمن أيّة قيود بلغت (0.999) وهي أكبر من ($\alpha = 0.05$)؛ التي تدل على تحقق اللاتغير المتري للاختبار باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة فيها؛ بمعنى عدم اختلاف قيم تشبعات فقرات الاختبار باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة فيها. وأن قيمة الدلالة الإحصائية للفرق بين النموذج الذي يتضمن وجود قيود على تشبعات والتقاطعات للفقرات والنموذج الذي يتضمن وجود

قيود على تشبعات الفقرات فقط بلغت (0.598) وهي أكبر من (α = 0.05)؛ التي تدل على تحقق اللاتغير العددي للاختبار باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة فيها؛ بمعنى عدم اختلاف قيم تشبعات وتقاطعات فقرات الاختبار باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة فيها.

2) **تحقق افتراض الاستقلال الموضعي باختلاف طريقة تعويض القيم المفقودة:** ولمعرفة مدى تحقق افتراض الاستقلال الموضعي لأزواج الفقرات المتضمنة في الكراسة (9) من اختبار تميس للرياضيات والبالغ عددها (528) زوجًا في حالة كل طريقة من الطرائق المستخدمة لمعالجة البيانات المفقودة في الدراسة؛ جرى استخدام مؤشر (Q3) المقترح من قبل ين (Yen, 1984) كمؤشر إحصائي على الاستقلال الموضعي بين فقرات هذه الكراسة، كما وجرى حساب جميع معاملات الارتباط بين البواقي (Residuals) لجميع أزواج الفقرات بعد ضبط قدرة الفرد (حيث تدل قيمته على وجود استقلال موضعي بين زوج الفقرات إذا كان قيمته أقل من(0.30)، ويبيّن الجدول (4) هذه النتائج.

الجدول (4): عدد أزواج الفقرات المشمولة بالكراسة (9) من اختبار تميس للرياضيات المستقلة وغير المستقلة والنسب المئوية المناظرة لها وذلك وفق الإحصائي (Q3) للكشف عن الاستقلال الموضعي بين أزواج الفقرات، باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة فيها

طريقة معالجة البيانات المفقودة	أزواج الارتباطات غير المستقلة /المعتمدة		أزواج الارتباطات المستقلة			
	العدد	النسبة المئوية%	العدد	النسبة المئوية%	قيمة χ^2	مستوى الدلالة
دالة الاستجابة	14	2.65	514	97.35		
تعظيم التوقعات	13	2.46	515	97.54		
التعويض المتعدد	27	5.11	501	94.89	9.35	0.01
حذف الحالة الكاملة	14	2.65	514	97.35		
اعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة	13	2.46	515	97.54		

***اعتبر زوج الفقرات مستقلة في حالة قيمة (Q3) الخاص به أقل من أو تساوي 0.03**

يُلاحظ من الجدول (4) أنه وفق مؤشر (Q3) تراوحت النسبة المئوية لأزواج الارتباطات المستقلة ما بين (94.89%) زوجا في حالة طريقة التعويض المتعدد، و(97.54%) زوجا في حالة طريق تعويض القيم المفقودة باستخدام طريقتي تعظيم التوقعات وطريقة اعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة، عموما يلاحظ أن جميع النسب مرتفعة مما يدل على تحقق افتراض الاستقلال الموضعي لجميع فقرات الكراسة (9) من اختبار تميس بعد معالجة القيم المفقودة فيها بالطرق الخمس المشمولة في الدراسة.

وللكشف عن اختلاف النسب المئوية لعدد أزواج الفقرات المستقلة للكراسة (9) من اختبار تميس باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة؛ جرى استخدام اختبار كاي تربيع (χ^2)، حيث أظهرت نتائجه أن قيمة كاي تربيع دالة إحصائيا ($\alpha \leq 0.01$، $\chi^2 = 9.35$) مما يدل على عدم اختلاف النسب المئوية لعدد أزواج الفقرات المستقلة باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة.

وبالتالي يمكن استنتاج تحقق افتراض أُحادية البُعد في بيانات الكراسة (9) من اختبار تميس في مبحث الرياضيات باختلاف طرائق معالجة القيم المفقودة فيها الخمس (طريقة حذف الحالة الكاملة ، وطريقة اعتبار الإجابات المفقودة إجابات خاطئة، وطريقة التعويض المتعدد، وطريقة تعظيم التوقعات، وطريقة دالة الاستجابة للفقرة)، الذي يدل على تكافؤ الطرق الخمس في معالجتها للقيم المفقودة، وعدم تأثر افتراض أُحادية البُعد بطريقة معالجة القيم المفقودة، وأكّده تقارب قيم معاملات ثبات الاتساق الداخلي كرونباخ ألفا، وعدم وجود دلالة إحصائية للفروق فيما بينها باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة في بيانات الاختبار، كما يؤكد ذلك أنه باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة في بيانات الاختبار؛ ولم تختلف نتائج البنية العاملية لبيانات الكراسة (9) من اختبار تميس للرياضيات باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة فيها المشمولة بالدراسة، وهذه النتيجة اختلفت مع نتيجة دراسة كوكلك وكيري (Cokluk & Kayri, 2011) التي أشارت إلى أن الطرق المختلفة لمعالجة القيم المفقودة تسببت في تقليل نسب التباين المفسر التراكمية وفي تخفيض قيم معاملات ثبات كرونباخ ألفا، كما اختلفت هذه النتيجة مع نتيجة دراسة جوريتزكو وأخرون (Goretzko et al., 2019) التي أشارت إلى أن طريقة التعويض المتعدد (MI) هي الأفضل من بين الطرق المختلفة في تحديد دقة التحليل العاملي. كما أظهرت نتائج السؤال تحقق افتراض الاستقلال الموضعي لجميع فقرات الاختبار باختلاف طرق معالجة القيم المفقودة فيها الخمس (طريقة حذف الحالة الكاملة ، وطريقة اعتبار الإجابات المفقودة إجابات خاطئة، وطريقة التعويض المتعدد، وطريقة تعظيم التوقعات، وطريقة دالة الاستجابة للفقرة)، الذي يدل على تكافؤ الطرق الخمس في معالجتها للقيم المفقودة، وعدم تأثر افتراض الاستقلال الموضعي بطريقة معالجة القيم المفقودة، وأكّده تقارب قيم النسب المئوية لأزواج الارتباطات المستقلة بين فقرات الاختبار؛ التي كانت جميعها مرتفعة جدّا وأكبر من (95%).

ثانيا: النتائج المتعلقة بالسؤال الثاني الذي ينص على: " هل تختلف دقة تقدير دالة معلومات الاختبار باختلاف النموذج اللوجستي الخاص بنظرية الاستجابة للفقرة، وطريقة التعامل مع القيم المفقودة والتفاعل بينهما؟ جرى لأغراض الوقوف على أثر طريقة معالجة البيانات المفقودة المستخدمة في هذه إطار هذه الدراسة (طريقة اعتبار الإجابات المفقودة إجابات خاطئة، وطريقة التعويض المتعدد، وطريقة تعظيم التوقعات، وطريقة دالة الاستجابة للفقرة، وطريقة حذف الحالة الكاملة) تبعا للنماذج أحادية المعلمة وثنائية المعلمة وثلاثية المعلمة، استخراج دالة معلومات الاختبار للكراسة (9) من اختبار تميس لكل نقطة من النقاط البالغة (600) نقطة على متصل القدرة الذي يتراوح ما بين (+3) و(-3) والاخطاء المعيارية المناظرة لها، ثم جرى إيجاد متوسط قيمة هذه الأخطاء والانحراف المعياري في حالة كل طريقة من طرائق معالجة البيانات المفقودة المستخدمة في الدراسة وتبعا لكل نموذج من النماذج اللوجستية أحادي المعلمة وثنائي المعلمة وثلاثي المعلمة، والجدول (6) يوضح هذه النتائج.

الجدول (6): المتوسطات الحسابية للخطأ المعياري في تقدير دالة معلومات الكراسة (9) من اختبار تميس للرياضيات، والانحرافات المعيارية المناظرة لها تبعا لكل طريقة من طرائق معالجة البيانات المفقودة المشمولة بالدراسة وفق النموذج اللوجستية الأحادية المعلمة والثنائية المعلمة والثلاثية المعلمة الخاصة بنظرية الاستجابة للفقرة.

النموذج	طريقة التعويض										الكليّ	
	دالة الاستجابة		تعظيم التوقعات		التعويض المتعدد		اعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة		حذف الحالة الكاملة			
	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
الأحادي المعلمة	1.07	0.75	1.08	0.77	1.08	0.79	0.98	0.69	0.98	0.69	**1.04**	**0.74**
الثنائي المعلمة	0.99	0.57	1.03	0.62	1.03	0.62	1.01	0.67	1.01	0.67	**1.01**	**0.63**
الثلاثي المعلمة	1.86	1.85	1.34	1.03	1. 24	0.96	1.57	1.40	1.57	1.40	**1.52**	**1.38**
الكليّ	**1.31**	**1.26**	**1.15**	**0.84**	**1.12**	**0.81**	**1.19**	**1.02**	**1.19**	**1.02**	**1.19**	**1.00**

يُلاحظ من بيانات الجدول (6) وجود فروق ظاهرية بين المتوسطات الحسابية للأخطاء المعيارية لتقديرات دالة معلومات الاختبار وفق مُتغيري الدراسة؛ النموذج اللوجستي لنظرية الاستجابة للفقرة، وطريقة معالجة القيم المفقودة المشمولة بالدراسة.

وكانت أقل قيمة لمتوسط الخطأ المعياري للتقدير كان في حالة طريقتي معالجة البيانات بطريقة اعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة وحذف الحالة الكاملة (0.98) وانحراف معياري (0.69)، بينما كانت أعلى قيمة لمتوسط الخطأ المعياري للتقدير في حالة طريقة تعظيم التوقعات (1.08) في حالة النموذج الأحادي لنظرية الاستجابة للفقرة، أما في حالة النموذج الثنائي فقد تراوحت متوسطات قيم الخطأ المعياري للتقدير ما بين (0.99) وانحراف معياري (0.57) في حالة طريقة دالة الاستجابة، و(1.03) بانحراف معياري (0.62) في حالة طريقة تعظيم التوقعات. أما في النموذج الثلاثي المعلمة فقد تراوحت قيم متوسطات الخطأ المعياري ما بين (24 .1) وانحراف معياري (0.96) في طريقة التعويض المتعدد، و (1.86) وانحراف معياري (1.85) في حالة طريقة دالة الاستجابة. كما ويلاحظ من الجدول (6) أن قيم الانحراف المعياري للخطأ المعياري قد تراوحت بين (0.62) في حالة طريقة التعويض المتعدد وطريقة تعظيم التوقعات، و(1.85) في حالة طريقة دالة الاستجابة.

ولمعرفة الدلالة الإحصائية لتلك الفروق الظاهرية وفقًا للمُتغيريْن والتفاعل بينهما؛ جرى استخدام تحليل التباين الثنائي للقياسات المتكررة (Repeated Measure) الموضح نتائجه في الجدول (7).

الجدول (7): نتائج تحليل التباين الثنائي للقياسات المتكررة للمتوسطات الحسابية للخطأ المعياري في تقدير دالة معلومات الكراسة (9) من اختبار تميس وفق متغيري: النموذج اللوجستي لنظرية الاستجابة للفقرة، وطريقة معالجة القيم المفقودة، والتفاعل بينهما

مصدر التباين	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة ف	الدلالة الإحصائية	الدلالة العملية
النموذج لنظرية الاستجابة للفقرة	967.297	2	483,649	***515.936**	**0.000**	**0.054**
طريقة معالجة البيانات المفقودة	72.178	4	18.045	***19.249**	**0.000**	**0.004**
طريقة المعالجة × النموذج لنظرية الاستجابة للفقرة	215.601	8	26.950	***28.749**	**0.000**	**0.013**
الخطأ (طريقة المعالجة ×النموذج لنظرية الاستجابة للفقرة)	16873.542	18000	0.937			
المصحح الكلي	18128.619	18014				

يُلاحظ من الجدول (7) ما يلي:

- أن قيمة (ف) لمتغير النموذج اللوجستي لنظرية الاستجابة للفقرة بلغت (515.936)، بدلالة إحصائية قيمتها (0.000) وهي أقل من (α = 0.05)؛ مما تدل على وجود فروق دالة إحصائيًا عند (α = 0.05) بين المتوسطات الحسابية للخطأ المعياري في تقدير دالة معلومات الاختبار تُعزى لمُتغير النموذج اللوجستي لنظرية الاستجابة للفقرة. كما يتبيّن من الجدول (7) أن قيمة مربع ايتا (Eta Square) والتي تشير إلى الدلالة العملية لمتغير النموذج اللوجستي لنظرية الاستجابة للفقرة بلغت (0.054) التي تدل على أن (5.4%) من التباين في الخطأ المعياري في تقدير دالة معلومات الاختبار للكراسة (9) من اختبار تميس عائد لمتغير النموذج اللوجستي لنظرية الاستجابة للفقرة. وللوقوف على دلالة اختلاف قيم متوسطات الخطأ المعياري لتقدير دالة معلومات الاختبار جرى استخراج نتائج اختبار Least Significant Difference Test (LSD) لفحص دلالة المقارنات البعدية لمتوسطات هذه النماذج في حالة كل من النماذج الأحادي المعلمة والثنائي المعلمة والثلاثي المعلمة على التوالي، والجدول (8) يبيّن ذلك.

الجدول (8): نتائج اختبار Least Significant Difference Test (LSD) لفحص دلالة المقارنات البعدية للمتوسطات الحسابية للخطأ المعياري في تقدير دالة معلومات الاختبار للكراسة (9) باختلاف النموذج اللوجستي الخاص بنظرية الاستجابة للفقرة.

النموذج		الفروق بين المتوسطات الحسابية	الدلالة الإحصائية	فترة الثقة (95%)	
				الحد الأدنى	الحد الأعلى
الأحادي المعلمة	الثنائي المعلمة	0.026	0.139	-0.008	0.061
	الثلاثي المعلمة	***-.478**	**0.000**	-0.513	-0.443
الثنائي المعلمة	الثلاثي المعلمة	***-.504**	**0.000**	-0.539	-0.469
	الأحادي المعلمة	-0.026	0.139	-0.061	0.008
الثلاثي المعلمة	الثنائي المعلمة	***.504**	**0.000**	0.469	0.539
	الأحادي المعلمة	***.478**	**0.000**	0.443	0.513

***الفرق دال إحصائيًا**

يُلاحظ من بيانات الجدول (8) وجود فرق دال إحصائيًا بين المتوسطات الحسابية للخطأ المعياري في تقدير دالة معلومات الاختبار للكراسة (9) المُقدرة وفق نموذج نظرية الاستجابة للفقرة (أُحادي المَغْلَمَة، وثنائي المَغْلَمَة، والثلاثي المعلمة)، وتبين النتائج أنه لا توجد فروق دالة احصائيا بين متوسطات الخطأ المعياري لتقدير دالة المعلومات بين النموذج الأحادي والثنائي المعلمة، وأشارت النتائج أن دقة تقدير دالة معلومات الاختبار كانت أفضل في حالة النموذج الثنائي يليها النموذج الأحادي ثم النموذج الثلاثي، الأمر الذي يشير إلى الأفضلية للنموذج الثنائي المعلمة على النموذجين الآخرين، وأفضلية للنموذج الأحادي المعلمة على النموذج الثلاثي المعلمة.

- أن قيمة (ف) لمتغير طريقة معالجة القيم المفقودة بلغت (19.249)، بدلالة إحصائية قيمتها (0.000) وهي أقل من (α = 0.05)؛ مما تدل على وجود فروق دالة إحصائيًا عند (α = 0.05) بين المتوسطات الحسابية للخطأ المعياري في تقدير دالة معلومات الاختبار تُعزى لمُتغير الطريقة معالجة القيم المفقودة. كما يتبين من الجدول (7) أن قيمة مربع ايتا (Eta Square) والتي تشير إلى الدلالة العملية لمتغير طريقة معالجة القيم المفقودة بلغت (0.004) التي تدل على أن (0.40%) من التباين في الخطأ المعياري في تقدير دالة معلومات الاختبار للكراسة (9) من اختبار تميس عائد لمتغير طريقة

معالجة القيم المفقودة. ولمعرفة لصالح من تلك الفروق الدالة إحصائيًا؛ جرى استخراج نتائج اختبار Least Significant Difference Test (LSD) لفحص دلالة المقارنات البعدية لمتوسطات هذه الطرق، والجدول (9) يبيّن ذلك.

الجدول (9): نتائج اختبار Least Significant Difference Test (LSD) لفحص دلالة المقارنات البعدية للمتوسطات الحسابية للخطأ المعياري في تقدير دالة معلومات الاختبار باختلاف طريقة معالجة القيم المفقودة.

طريقة معالجة القيم المفقودة		الفروق بين المتوسطات الحسابية	الدلالة الإحصائية	95)%(فترة الثقة	
				الحد الأدنى	الحد الأعلى
تعظيم التوقعات	حذف الحالة الكاملة	-0.037	0.105	-0.082	0.008
	التعويض المتعدد	0.035	0.127	-0.010	0.079
	اعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة	-0.037	0.105	-0.082	0.008
	دالة الاستجابة	**-.153***	**0.000**	-0.198	-0.109
حذف الحالة الكاملة	تعظيم التوقعات	0.037	0.105	-0.008	0.082
	التعويض المتعدد	**.072***	**0.002**	0.027	0.116
	اعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة	5.551	1.000	-0.045	0.045
	دالة الاستجابة	**-.116***	**0.000**	-0.161	-0.072
التعويض المتعدد	تعظيم التوقعات	-0.035	0.127	-0.079	0.010
	حذف الحالة الكاملة	**-.072***	**0.002**	-0.116	-0.027
	اعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة	**-.072***	**0.002**	-0.116	-0.027
	دالة الاستجابة	**-.188***	**0.000**	-0.233	-0.143
اعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة	تعظيم التوقعات	0.037	0.105	-0.008	0.082
	حذف الحالة الكاملة	-5.55	1.000	-0.045	0.045
	التعويض المتعدد	**.072***	**0.002**	0.027	0.116
	دالة الاستجابة	**-.116***	**0.000**	-0.161	-0.072
دالة الاستجابة	تعظيم التوقعات	**.153***	**0.000**	0.109	0.198
	حذف الحالة الكاملة	**.116***	**0.000**	0.072	0.161
	التعويض المتعدد	**.188***	**0.000**	0.143	0.233
	اعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة	**.116***	**0.000**	0.072	0.161

***الفرق دال إحصائيًا**

يُلاحظ من بيانات الجدول (9) وجود فروق دالة إحصائيًا بين المتوسط الحسابي للخطأ المعياري في تقدير دالة معلومات الاختبار المُقدرة بعد معالجة القيم المفقودة بطريقة تعظيم التوقعات وكانت أكثر دقة في تقدير دالة المعلومات للاختبار من طريقة دالة الاستجابة (فهي أقل قيمة بمعنى أكثر دقةً في التقدير)، ووجود فروق دالة إحصائيًا بين المتوسط الحسابي للخطأ المعياري في تقدير دالة معلومات الاختبار المُقدرة بعد معالجة القيم المفقودة بطريقة حذف الحالة الكاملة مقارنة بطريقتي التعويض المتعدد ودالة الاستجابة ولصالح طريقة التعويض المتعدد (فهي أقل قيمة بمعنى أكثر دقةً في التقدير) على طريقة حذف الحالة الكاملة، بينما كانت طريقة حذف الحالة الكاملة أكثر دقة في تقدير دالة معلومات الاختبار من طريقة دالة الاستجابة، ووجود فروق دالة إحصائيًا بين المتوسط الحسابي للخطأ المعياري في تقدير دالة معلومات الاختبار للكراسة (9) المُقدرة بعد معالجة القيم المفقودة بطريقة التعويض المتعدد مقارنة بالطرق حذف الحالة الكاملة، ودالة الاستجابة، واعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة، ولصالح طريقة التعويض المتعدد (فهي أقل قيمة بمعنى أكثر دقةً في التقدير)، حيث أنها الأفضل في تقديرها لدالة المعلومات للاختبار من طريقة حذف الحالة الكاملة، وطريقة دالة الاستجابة، وطريقة اعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة ، ووجود فرق دال إحصائيًا بين المتوسط الحسابي للخطأ المعياري في تقدير دالة معلومات الاختبار للكراسة (9) المُقدرة بعد معالجة القيم المفقودة بطريقة اعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة مقارنة بطريقتي التعويض المتعدد ودالة الاستجابة، ولصالح طريقة التعويض المتعدد (فهي أقل قيمة بمعنى أكثر دقةً في التقدير) على طريقة اعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة، وكانت طريقة اعتبار الإجابة المفقودة إجابة صحيحة أكثر دقة في تقدير دالة المعلومات للاختبار من طريقة دالة الاستجابة، وأخيرا أشارت النتائج وجود فروق دالة إحصائيًا بين المتوسط الحسابي للخطأ المعياري في تقدير دالة معلومات الاختبار للكراسة (9) المُقدرة بعد معالجة

القيم المفقودة بطريقة دالة الاستجابة مقارنة بالطرق الأخرى المشمولة في الدراسة، وكانت الطرق الاخرى التي تم توظيفها في إطار هذه الدراسة لمعالجة البيانات الخام أفضل منها في تقدير دالة معلومات الاختبار.

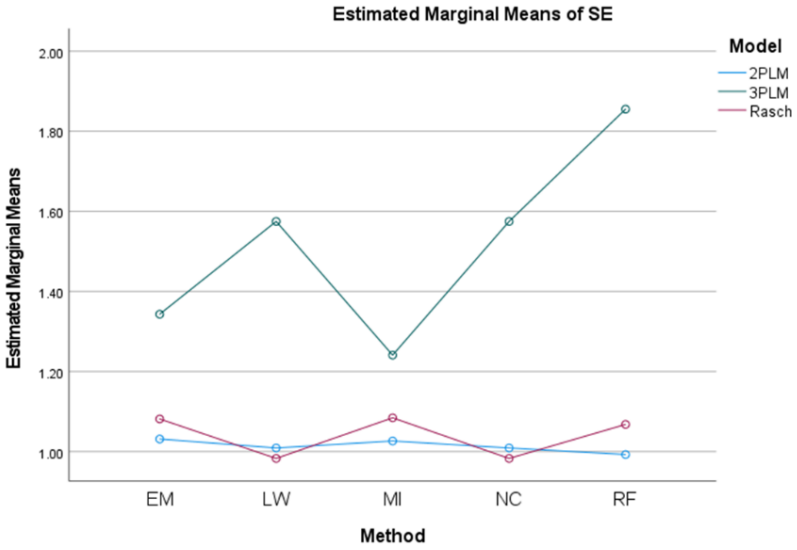
- أن قيمة (ف) للتفاعل الثنائي بين متغيري الدراسة: طريقة معالجة القيم المفقودة والنموذج اللوجستي لنظرية الاستجابة للفقرة بلغت (28.749)، بدلالة إحصائية قيمتها (0.000)، وهي أقل من ($\alpha = 0.05$)؛ مما تدل على وجود فروق دالة إحصائيًا عند ($\alpha = 0.05$) بين المتوسطات الحسابية للخطأ المعياري في تقدير دالة معلومات الاختبار للكراسة (9) تُعزى للتفاعل الثنائي بين متغيري الدارسة: طريقة معالجة القيم المفقودة والنموذج اللوجستي لنظرية الاستجابة للفقرة. كما يتبين من الجدول (7) أن قيمة مربع ايتا (Eta Square) والتي تشير إلى الدلالة العملية لمتغير طريقة معالجة القيم المفقودة بلغت (0.013) التي تدل على أن (1.30%) من التباين في الخطأ المعياري في تقدير دالة معلومات الاختبار للكراسة (9) من اختبار تميس عائد للتفاعل الثنائي بين متغيري: طريقة معالجة القيم المفقودة والنموذج اللوجستي لنظرية الاستجابة للفقرة. ويمكن توضيح ذلك من خلال التمثيل البياني لها والمبين في الشكل (1) (انظر الملحق أ). ويُلاحظ منه أفضلية النموذج الثنائي المعلمة على النماذج الأخرى، وأفضلية طريقة دالة الاستجابة على الطرائق الأخرى من طرق معالجة القيم المفقودة المشمولة في الدراسة، يليه النموذج الأحادي المعلمة بطريقتي حذف الحالة الكاملة واعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة.

وعليه يمكن استنتاج اختلاف دقة تقدير دالة معلومات الاختبار للكراسة (9) باختلاف النموذج اللوجستي الأحادي المعلمة والثنائي المعلمة والثلاثي المعلمة الخاص بنظرية الاستجابة للفقرة، لصالح النموذج اللوجستي الثنائي المعلمة يليها النموذج الاحادي المَعْلَمة ثم النموذج ثُلاثي المَعْلَمة، ويعزو الباحثان ذلك إلى عدم دقة تقدير مَعْلَمَة التخمين في النموذج نظرية الاستجابة للفقرة ثُلاثي المَعْلَمة (Goretzko et al., 2020)؛ بمعنى ابتعاد قيمتها الحقيقية عن القيمة المُقدرة، أي زيادة الخطأ المعياري في تقديرها، ووفي دقة تقدير دالة معلومات الاختبار للكراسة (9) الذي يعتمد في حسابه وفق النموذج ثُلاثي المَعْلَمة على مَعْلَمة التخمين، ووجود اختلاف في دقة تقدير دالة معلومات الاختبار يعزى لطريقة معالجة القيم المفقودة، لصالح طريقة دالة الاستجابة وهذه النتيجة تتوافق مع نتيجة دراسة فنش (Finch, 2008) ونتيجة دراسة بني عواد (2018) اللتين أشارتا إلى أفضليه طريقة دالة الاستجابة في معالجة البيانات المفقودة في دقة تقدير معالم الفقرات ومعالم قدرات المفحوصين على طريقتي تعظيم التوقعات والقيم التعويضية المتعددة.

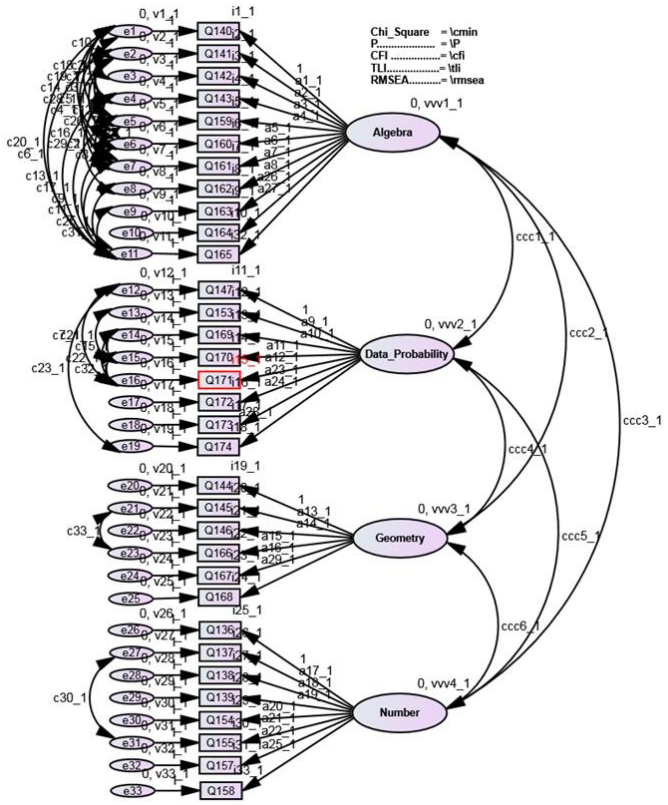
التوصيات

يوصي الباحثان باعتماد أي من الطرائق الخمس (طريقة حذف الحالة الكاملة، وطريقة اعتبار الإجابات المفقودة إجابات خاطئة، وطريقة التعويض المتعدد، وطريقة تعظيم التوقعات، وطريقة دالة الاستجابة للفقرة) عند معالجة القيم المفقودة في بيانات أي اختبار؛ فجميعها متكافئة في التأثير عند التحقق من افتراضي أُحادية البُعد والاستقلال الموضعي. كما يوصي الباحثان باعتماد طريقة دالة الاستجابة في النماذج الثنائي المعلمة، تليها طريقتي حذف الحالة الكاملة واعتبار الإجابة المفقودة إجابة خاطئة في النموذج الأحادي المعلمة، وطريقة التعويض المتعدد في النموذج الثلاثي المعلمة. بينما كانت طريقة التعويض المتعدد أقل دقة في تقديرها لدالة المعلومات الاختبار في النموذجين الأحادي والثنائي، وكانت طريقة دالة الاستجابة الأقل دقة من الطرائق الأخرى المشمولة في الدراسة لمعالجة القيم المفقودة في النموذج الثلاثي المعلمة. وكذلك إجراء دراسات لتقصي أثر طرائق أخرى في معالجة القيم المفقودة لبيانات مقاييس متعددة الاستجابة بالاعتماد على النماذج اللوجستية متعددة الاستجابة.

الملحق (أ)



الشكل (1): التمثيل البياني للمتوسطات الحسابية للخطأ المعياري في تقدير دالة معلومات اختبار (TIMSS-2019, Booklet 9)، المُقدرة تبعًا للتفاعل الثنائي بين متغيري: طريقة تعويض القيم المفقودة والنموذج اللوجستي



الملحق (ب)

شكل (2): النموذج العاملي لفقرات اختبار (TIMSS-2019, Booklet 9) بعد إجراء التعديلات (Modification)

المصادروالمراجع

بني عواد، ع. (2018). سلوك دالة المعلومات بتغير نسب فَقْد الاستجابة وحجم العينة في ضوء نظرية استجابة الفقرة. *مجلة الزرقاء للبحوث والدراسات الإنسانية*، 13(3)، 429 -440.

الرحيل، ر. والدرابسة، ر. (2014). أثر طريقتي التعامل مع القيم المفقودة، وطريقة تقدير القدرة على دقة تقدير معالم الفقرات والأفراد. *المجلة التربوية الدولية المتخصصة*، 3(6)، 23-47.

الزعبي، ع. (2013). *أثر نسبة البيانات المفقودة وطريقة التعويض عنها في دقة تقدير معالم الفقرات والأفراد*، أُطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة اليرموك، الأردن.

صالح، ن. (2019). المقارنة بين تقديرات معالم أنموذج راش للبيانات الكاملة والمفقودة باختلاف طرق معالجة البيانات المفقودة. *مجلة البحوث التربوية والنفسية*، 3(6)، 429-466.

الصرايرة، ن. (2018). أثر نسبة القيم المفقودة وطريقة معالجتها في دقة تقدير القيمة القصوى لدالة معلوماتية الفقرة وقيمة مؤشر ثبات الفقرة. *مجلة دراسات للعلوم التربوية*، 45(4)، 485-501.

العناتي، ج. واللبدي، ن. والمقصقص، م. (2018). مقارنة بين ثلاث طرائق للتعويض عن القيم المفقودة في الاختبارات العامة. *مجلة دراسات للعلوم التربوية*، 45(1)، 19-35.

REFERENCES

Al-zboon, H. & Alnasraween, M. (2021). The Effect of the Percentage of Missing Data on Estimating the Standard Error of the Items' Parameters and the Test Information Function According to the Three-Parameter Logistic Model in the Item Response Theory. *Elementary Education Online,* 20 (1), 887-898.

Baker, F. (2001). *The basics of item response theory Clearinghouse on Assessment and Evaluation*. Maryland, College Park.

Crocker, L. & Algina, J. (1986). *Introduction to classical and modern test theory*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Cokluk, O. & Kayri, M. (2011). The effect of Methods of Imputation for Missing Values on the Validity and Reliability of Scales. *Educational Science: Theory and Practice*, 11(1), 303-310.

De-Ayala, R., J. Plake, B., S. & Impara, J., C. (2006). The Impact of Omitted Responses on the Accuracy of Ability Estimation in Item Response Theory. *Journal of Educational Measurement,* 38(3), 213 – 234.

Embretson, S. & Reise, S. (2010). *Item response theory for psychologists*. (2nd rev.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Enders, C. K. (2010). *Applied Missing Data Analysis*. New York: Guilford Press.

Finch, H. (2008). Estimation of Item Response Theory Parameters in the Presence of Missing Data. *Journal of Educational Measurement,* 45(3), 225-245.

Gemici, S. Bednars, A. Lim, P. (2012). A Primer for Handling Missing Values in the Analysis of Education and Training Data. *International Journal of Training Research*, 10(3), 233-250

Goretzko, D. Heumann, C. & Bühner, M. (2020). Investigating Parallel Analysis in the Context of Missing Data: A Simulation Study Comparing Six Missing Data Methods. *Educational psychological Measurement*, 80(4), 756–774.

Hakstian, A. & Whalen, T. (1976). A k-samples significance test for independent alpha coefficients. *Psychometrika*, 41(2), 219-231.

Hambelton, R. & Swaminthan, H. & Rogers, J. (1991). *Fundamentals of Item Response Theory***.** Newbury Park California: Stage Publications.

Hambleton, R., & Swaminathan, H. (1985). *Item Response Theory: principles and applications*. Boston: Kluwer- Nijhoff Publishing.

Hattie, J. (1985). Methodology Review: Assessing Unidimensionality of Tests and Items. *Applied psychological Measurement,* 9(2), 139- 164.

Linn, R., L. (1989). *Educational Measurement* (third Ed.). New York: Macmillan

Kalkan, O. Kara, Y. & Kelecioglu. (2018). Evaluating Performance of Missing Data Imputation Methods in IRT Analyses.

International Journal of Assessment Tools in Education, 5(3), 403 – 416.

Kim, S. Cohen, A. & Lin,Y. (2005). *LDID: A Computer program for local dependence indices for dichotomous Items*. Version 1.0.

Little, R., J. & Rubin, D., B. (2002). *Statistical analysis with missing Data*. Second edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley.

Lord, F., M. (1980). Practical Applications of Item Characteristics Curve Theory. *Journal of Educational Measurement. 14*, 117- 138.

Reise, S. P. & Moore, T., M. (2023). *Item response theory. APA handbook of research methods in psychology: Foundations, planning, measures, and psychometrics.* American Psychological Association.

Shi, D. Lee, T. Fairchild, A. & Maydeu-Olivares, A. (2020). Fitting Ordinal Factor Analysis Models with Missing Data: A Comparison between Pairwise Deletion and Multiple Imputation. *Educational and Psychological Measurement*, *80(1),* 41 – 66.

Xiao, J. Bulut, O. (2020). Evaluating the Performances of Missing Data Handling Methods in Ability Estimation from Sparse Data, *Educational and Psychological Measurement*, 80(5), 932-954.

Wu, T. Kim, Y. & Westine, C. (2023). Evaluating the Effects of Missing Data Handling Methods on Scale Linking Accuracy. *Educational and Psychological Measurement*, 83(6), 1202-1228.

Witta, E., L. (2000). Effectiveness of Four Methods of Handling Missing Data Using Samples from a National Database. *American Educational Research Association***,** ERIC Document Reproduction Service No. ED442810, New Orleans, LA.

Yen, W. (1984). Effects of local item dependence on the fit and equating performance of the three-parameter logistic model. *Applied Psychological Measurement*, 8(2), 125-145.