نمذجة المعادلات الهيكلية باستخدام المربعات الصغرى الجزئية مثال تطبيقي باستخدام R في بحوث المحاسبة والتدقيق

Structural Equation Models using Partial Least Squares an Example of the Application of R in Accounting Research

الشيخ ساوس، أستاذ محاضر أ، مخبر التكامل الاقتصادي، جامعة أدرار، الجزائر.
محمد فودو، أستاذ محاضر أ، مخبر التكامل الاقتصادي، جامعة أدرار، الجزائر.

تاريخ الاستلام: 2018/08/26 ؛ **تاريخ القبول:** 2018/09/09 ؛ **تاريخ النشر:** 2019/07/07

مستخلص: أغلب البحوث والدراسات في مجال التدقيق والمحاسبة تتجه لاستخدام اداة الاستبيان لقياس متغيرات البحث معتمدة في ذلك على المتغيرات الكامنة، واستخدام اساليب متقدمة في تحليل البيانات، بالرغم من الاستخدام الواسع لنمذجة المعادلات الهيكلية من قبل الباحثين الا ان بحوث التدقيق والمحاسبة لم تستفد من تطبيقات نمذجة المعادلات الهيكلية باستخدام المربعات الصغرى الجزئية، ويعود ذلك غالباً لنقص المعرفة حول تطبيق هذا الاسلوب والاستفادة منه، وتعتبر نمذجة المعادلات البنائية باستخدام طريقة المربعات الصغرى الجزئية اداة مناسبة في بحوث التدقيق والمحاسبة نظراً للمزايا التي تتيحها على اساس انها اداة لا تفترض شروط مسبقة مثل اعتدالية البيانات او تعدد العلاقات ما بين المتغيرات الخارجية وقوتها في اختبار فرضيات جديدة مبتكرة ودعمها للعلاقات المعقدة، ويتيح برنامج R من خلال حزمة plspm امكانية اجراء نمذجة المعادلات البنائية باستخدام المربعات الصغرى الجزئية. والذي يهدف هذا البحث من اجراء PLS-SEM من خلال بحث استكشافي لمثال في بحوث المحاسبة والتدقيق لتعزيز فهم الاسلوب لدى الباحثين.

الكلمات المفتاحية: نمذجة المعادلات الهيكلية؛ المربعات الصغرى الجزئية؛ آر؛ بي ال اس بي أم
تصنيف JEL: C12 ؛ C14

Abstract: Most of the research and studies in the field of auditing and accounting are directed to the use of the questionnaire tool to measure the variables of research based on the Latent variables, and the use of advanced methods in Multivariate Statistical Analysis, despite the widespread use of modeling structural equations by researchers, but the audit and accounting research did not benefit from the applications of modeling structural equations This is due to the lack of knowledge about the application and use of this method, and the modeling of structural equations using the Partial Least Squares method is an appropriate tool in auditing and accounting research because of The advantages it offers as a tool do not presuppose preconditions such as data moderation or multiple relationships between external variables and their strength in testing novel new hypotheses and their support for complex relationships. The R program allows (plspm) to enable structural modeling of structural equations using micro-squares. The aim of this research is to conduct PLS-SEM through an exploratory search of an example of accounting and auditing research to enhance understanding of the method by researchers

Keywords: Structural Equation Modeling; Partial Least Squares; R; plspm.
Jel Classification Codes : C12 **;** C14

* **محمد فودو**، البريد الالكتروني: **foudou1982@gmail.com**

مقدمة

البحث بأسلوب بسيط يعتمد على التحليل المستند لخبرت الباحث أو استخدام أدوات بسيطة خاصة ذات البعد الواحد مثل المتوسط الحسابي أو الانحراف المعياري او الأدوات ذات البعدين مثل الانحدار والارتباط والذي تبقى نتائجه وتحاليله بسيطة مقارنة بتقدم البحث وتعقده، وبالتالي تطوير اساليب البحث العلمي التي تتيح نتائج دقيقة ويقدم تحليل مناسب يعتبر مهمة أساسية في ابتكار نظريات في ابحاث المحاسبة والتدقيق، إلا أن ذلك، يتوقف على القيمة العلمية والبحثية ورغبة الباحثين في تعلم واعتماد واحتضان هذا الاساليب والأدوات الجديدة، واستخدام التفكير الاستراتيجي في ادوات البحث العلمي. خاصة وان بحوث المحاسبة والتدقيق تتجه الان بشكل واسع نحو استخدام الظواهر الكامنة والاعتماد على نظريات حديثة ومعقدة نسبياً، متعمدة في ذلك في جمع البيانات على اداة الاستبيان وهو ما يتطلب تحليل البيانات باستخدام اداوت التحليل الاحصائي المتقدمة والمتعددة المتغيرات.

لعل من أهم اساليب التحليل الاحصائي المتعددة المتغيرات أسلوب نمذجة المعادلات البنائية الذي انتشر بشكل واسع. وشهد تطور في برمجيات اجرائه. حيث يسمح هذا الاسلوب للباحثين باختبار الفروض البحثية دفعة واحدة. غير ان هناك نوعان من اساليب النمذجة بالمعادلات البنائية من يعتمد على التباين المشترك او الارتباط او ما يعرف بـ CB-SEM وهو ما يدخل في النمذجة المعلمية اي التي تتطلب شروط معينة. وفيها من يعتمد على التباين او ما يعرف بـ PLS-SEM وهو يدخل في النمذجة اللامعلمية. ويتيح نموذج المعادلات البنائية باستخدام طريقة المربعات الصغرى الجزئية PLS-SEM امكانية اختبار فروض البحث دون قيود معينة حول حجم العينة او التعقيد او طبيعة المتغيرات الكامنة.

مشكلة البحث:

طبيعة وحجم البيانات وتعقيد النماذج وعدم استنادها لأساس نظري قوي يشكل عائق للباحثين في مجال التدقيق والمحاسبة في تطبيق منهجية النمذجة بالمعادلات البنائية المستندة للارتباط مما يتطلب من الباحثين في استخدام منهجية بديلة تيتح اختبار الفروض البحثية كمنهجية النمذجة بالمعادلات البنائية بطريقة المربعات الصغرى الجزئية من هنا تتبلور الاشكالية الرئيسية في السؤال التالي :

كيف يتم الاستدلال على الاستجابات باستخدام المعادلات البنائية بطريقة المربعات الصغرى الجزئية؟

والذي تنبطق عليه مجموعة الاسئلة الفرعية التالية:

- ✓ متى يتم تطبيق نمذجة المعدلات البنائية باستخدام المربعات الصغرى الجزئية؟
- ✓ لماذا يتم تطبيق نمذجة المعدلات البنائية باستخدام المربعات الصغرى الجزئية؟
- ✓ كيف يتم تطبيق نمذجة المعدلات البنائية باستخدام المربعات الصغرى الجزئية؟
- ✓ ما هي اهم البرامج الحاسوبية في تطبيق نمذجة المعدلات البنائية باستخدام المربعات الصغرى الجزئية؟

أهمية البحث:

تتجلى اهمية البحث في ما يلي :

- ✓ حاجة الباحثين في مجال التدقيق والمحاسبة لاسلوب علمي بسيط للاستنتاج؛
- ✓ الحاجة لتطوير وابتكار نظريات في مجال المحاسبة والتدقيق؛
- ✓ غالباً ما تعاني بحوث المحاسبة والتدقيق من قلة وحدات المعاينة المهمة والداخلة في البحث.

أهداف البحث:

يسعى البحث لتحقيق ما يلي :

- ✓ الاحاطة بكل الجوانب النظرية لاستخدام منهجية نمذجة المعادلات البنائية بطريقة المربعات الصغرى الجزئية؛
- ✓ توسيع فهم الباحثين في مجال التدقيق والمحاسبة لتطبيق منهجية المعالات البنائية بطريقة المربعات الصغرى الجزئية؛
- ✓ تقديم اطار منهجي لاستخدام منهجية نمذجة المعادلات البنائية بطريقة المربعات الصغرى الجزئية؛
- ✓ توجيه الباحثين نحو البرمجيات الحرة والمجانية لإجراء نمذجة المعادلات البنائية بطريقة المربعات الصغرى الجزئية مثل برنامج آرR؛

أولاً. الجانب النظري:

1. تطور ومفهوم نمذجة المعادلات البنائية:

مناقشة تطور استخدام نمذجة المعادلات البنائية SEM يرى كلا من Schumacker & Lomax (2010) انه يتوجب التطرق الى التطور الزمني للنماذج الاربعة ذات الصلة ؛ الانحدار الخطي، التحليل العاملي التوكيدي، تحليل المسار، ونمذجة المعادلات البنائية. (Lomax, R. G., & Schumacker, R. E.2012, PP:4-6).

بالنسبة للنموذج الاول تحليل الانحدار حيث يعتبر Francis Galton اول من قدم مصطلح الانحدار عام 1886 في مقاله المشهور "التشابه العائلي في القامة" (Galton, 1886) وأما اسلوب التحليل العاملي فقد اثار جدلا كبيرا منذ نشأته، وبدأت النشأة الاولى لهذا الاسلوب في بداية القرن العشرين. ويرجع الفضل في ذلك الى سبيرمان Spearman والذي طور افكاره وأضاف أبعاد جديدة للمفهوم ظهرت في دراساته التي نشرها عام 1904 وأعلن فيها نتائج دراساته للذكاء والتي تعد البداية الحقيقية العلمية للتحليل العاملي (باهي، عنان، و عز الدين، 2002، ص:13). ويعتبر عقد الستينات من القرن السابق فترة اكتمال تطور مفهوم التحليل العاملي التوكيدي وذلك من خلال كارل جورسكوج Karl Joreskog الذي نشر مقال حول التحليل العاملي التوكيدي عام 1969 والتي ساهمت في تطوير اول برمجيات حاسوبية لاجراء التحليل العاملي (Schumacker & Richard, 2010, pp: 4-6). غير ان التطور الهائل في مجال الحاسبات الالكترونية أدى الى تجدد الاهتمام بالنواحي النظرية والحسابية للتحليل العاملي (Richard A & Wichern, 1982, p:640). وتعتبر بداية التحليل العاملي في الاصل من النوع التوكيدي وليس الاستكشافي(باهي، عنان، و عز الدين، 2002، ص:13).

اما اسلوب تحليل المسار فقد تم التوصل اليه عام 1921 عن طريق العالم سول رايت Swell Wright حيث أوضح الاسس العامة لهذا الاسلوب والذي اجري عليه العديد من الدراسات، وقدم Duncan هذا الاسلوب للعلوم الانسانية عام 1966. كما قام العالم Li بشرح مفصل في كتابه Path Analysis في عام 1921(ثروة، 2002، ص:493).

اما بالنسبة لشكل الاخير لنماذج المعادلة البنائية والتي تتشكل من استراتيجيات عدة هي نماذج تحليل المسار ونماذج التحليل العاملي التوكيدي، والتي تجمع ما بين المتغيرات الكامنة والمقاسة دفعة واحدة. ويعود الفضل في تطور هذا الشكل لكل من كارل جورسكوغ Karl Jöreskog (1969, 1973) ووارد كسلينغ Ward Keesling (1972), ودافيد ويلي David Wiley (1973) حتى اصبح يعرف هذا المصطلح بالأحرف الاولى لهم أي نموذج JKW، الا انه اصبح يعرف بعد ذلك بنموذج العلاقات البنائية الخطية linear structural relations model اختصارا (LISREL) وهو برنامج حاسوبي تم تطويره عام 1973، ومنذ ذلك الحين تم نشر العديد من المقالات التي تستخدم هذا النموذج (Schumacker & Richard, 2010).

هناك عدة تعريفات للنمذجة بالمعادلة البنائية (SEM) أو ما يعرف بنمذجة بنية التغاير أو نمذجة العلاقات السببية منها تعريف hoyle1995 بأنها : مدخل إحصائي شامل لاختبار فروض حول علاقات بين متغيرات مقاسة ومتغيرات كامنة. وعرفها Hair, Anderson,

Taham & Black (1998) على أنها : أسلوب إحصائي يسمح بتحليل مجموعة من المعادلات البنائية في نفس الوقت حيث يكون المتغير مستقلا في معادلة وتابعاً في معادلة أخرى. كما عرفها Ullman & Bentler (2013):بأنها مجموعة من الأساليب الإحصائية التي تسمح بدراسة العلاقات بين متغير مستقل متصل أو منفصل أو أكثر ومتغير تابع متصل أو منفصل أو أكثر، وكل من المستقل والتابع يكونان متغيرات مقاسة أو كامنة. النمذجة بالمعادلة البنائية تعرف على أنها: "جملة طرق أو استراتيجيات إحصائية متقدمة في تحليل البيانات بهدف اختبار صحة شبكة العلاقات بين المتغيرات (النماذج النظرية) التي يفترضها الباحث جملة واحدة بدون الحاجة إلى تجزيء العلاقات المفترضة إلى أجزاء واختبار صحة كل جزء من العلاقات على حدة" (تيغزة، 2012، ص:115).

2. الاطار العام لمدخل PLS-SEM :

مدخل المربعات الصغرى الجزئية في نمذجة المعادلات البنائية (او نموذج المسار بطريقة المربعات الصغرى الجزئية) في الأصل طور من قبل والد Wold (1966، 1982، 1985) ولومولير Lohmöller (1989)، يعتبر بديلا بارزاً عن نمذجة المعتمدة على التباين المشترك covariance-based، حيث يقوم المدخل المعتمد على التغاير على تناقضات في تقدير معلمات النموذج بين التقدير و تدنية مصفوفة تغايرات العينة، بينما في نموذج المسار باستخدام المربعات الصغرى الجزئية تعظيم التباين المفسر للمتغيرات الكامنة الداخلية من خلال تقدير علاقات النموذج الجزئية في تسلسل تكراري للمربعات الصغرى العادية (Armin & Friedrich, 2012).

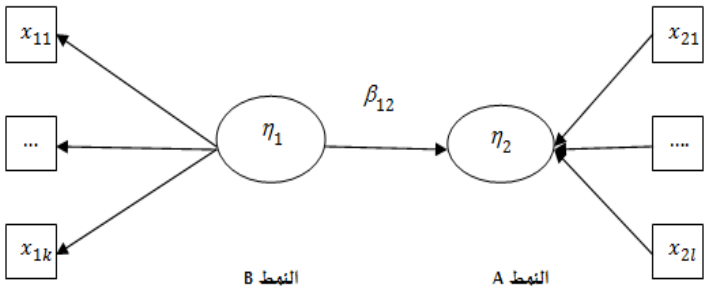
عند تطوير أي بناء أو متغير كامن، يجب على الباحثين النظر في نوعين اساسين من مواصفات القياس للبناءات المختلفة، نماذج القياس الانطباعية أو الانعكاسية ونماذج القياس التكوينية (F. Hair, M. Hult, M. Ringle, & Sarstedt, 2014, PP: 42-46).

نموذج القياس الانطباعي أو الانعكاسي (الذي يشار له باسم النمط A للقياس في PLS-SEM) كما هو موضح في الشكل رقم 02 له استخدام واسع في العلوم السلوكية ويعتمد بشكل مباشر على نظريات القياس، وفقاُ لهذه النظريات، توضح المقاييس التي تعكس الظاهرة، لذلك يتم رسم اسهم السببية من المتغير الكامن نحو مؤشراته، ويمكن النظر للمؤشرات المعيارية للمتغير الكامن الانطباعي على انها عينة من المؤشرات التي تمثله من جميع المؤشرات الممكنة داخل المجال المفاهيمي للمتغير الكامن الانطباعي او البناء. لذلك ان اي اجراء تصحيحي يفترض ان كل المؤشرات تنتج عن نفس التركيب او المجال، وبالتالي فان المؤشرات المرتبطة بمتغير كامن

انطباعي معين يجب ان ترتبط ارتباطاً قوياً ببعضها البعض. بالإضافة لذلك فان المؤشرات بشكل فردي تكون قابلة للاستبدال والتي لا تغير من معنى المتغير الكامن في حالة ما ان المتغير الكامن يتمتع بمصداقية جيدة. يشير اتجاه الأسهم في مثل هذا المقاييس من المتغير الكامن نحو مؤشراته الى ان التغير في تقييم المتغير الكامن فان جميع مؤشراته ستتغير في ان واحدة يطلق على مجموعة المؤشرات مقاييس انطباعية.

يستند نموذج القياس التكويني (والتي يشار اليها باسم النمط B للقياس في PLS-SEM) على افتراض أن المؤشرات تسبب البناء. كما هو موضح في الشكل رقم 02، لذلك، يشير الباحثون عادة إلى هذا النوع من نموذج القياس على أنها المؤشر ات التركيبية. من الخصائص الهامة للمؤشرات التكوينية أنها غير قابلة للاستبدال، كما هو الحال مع المؤشرات الانطباعية. وهكذا، فإن كل مؤشر لبناء تركيبي يحدد جانبًا من مجال البناء. إذا أخذا معاً، فإن المؤشرات تحدد في النهاية معنى البناء او المتغير الكامن التكويني، مما يعني أن حذف أي مؤشر من المحتمل أن يغير طبيعة البناء. ونتيجة لذلك، فإن نطاق تغطية مجال البناء مهم للغاية لضمان أن يتم تحديد مجال محتوى البناء بشكل ملائم.

الشكل رقم (01): نماذج القياس التكوينية والانطباعية



المصدر: اعداد الباحثين

3. مبرارات استخدام PLS-SEM:

توفر نمذجة المعادلات البنائية بطريقة المربعات الصغرى الجزئية PLS-SEM او المستندة للتباين العديد من المزايا للباحثين الذين يستخدمون نمذجة المعادلات البنائية CB-SEM أو المستندة على الارتباط نظراً للانتشار الواسع لها فانه من المهم تقديم تبرير لاستخدام PLS-SEM، حيث تبين من خلال مراجعة الدراسات التي استخدمت PLS-SEM أن ابرز مبررات الاستخدام ترجع حسب (Hair Jr, Sarstedt, Hopkins, & Kuppelwieser, 2014) عدم تبعية البيانات للتوزيع الطبيعي، صغر حجم العينة، وطبيعة المتغيرات الكامنة.

غالبًا ما تفشل البيانات التي يتم جمعها في البحوث السلوكية في التبعية للتوزيع الطبيعي متعدد المتغيرات .عند محاولة تقييم نموذج مسار باستخدام CB-SEM، يمكن أن تؤدي البيانات غير الطبيعية إلى أخطاء قياسية أقل من الواقع وتضخم مؤشرات حسن المطابقة. لحسن الحظ، PLS-SEM أقل صرامة عند العمل مع بيانات غير طبيعية لأن خوارزمية PLS تحول البيانات غير الطبيعية وفقًا لنظرية النهاية المركزي. غير انه يجب الحدر في التعامل PLS-SEM لتوفير الحل النهائي في حالة استخدام البيانات غير الطبيعية والذي يعتبر له وجهين أولاً، يجب أن يدرك الباحثون أن البيانات المنحرفة بدرجة كبيرة يمكن أن تقلل من القوة الإحصائية للتحليل .بتعبير أدق، يعتمد تقييم أهمية معايير النموذج على الأخطاء المعيارية في الانحدار، والتي يمكن تضخيمها عند انحراف البيانات بشكل كبيرة. ثانيًا، نظرًا لأن CB-SEM لديها مجموعة متنوعة من إجراءات التقدير البديلة، فقد يكون من الصعب افتراض أن PLS-SEM هو الخيار النهائي عند النظر في توزيع البيانات.

يمكن ان يؤثر حجم العينة على عدة جوانب في نمذجة المعادلات البنائية بما فيها تقديرات المعلمات، ومؤشرات المطابقة، والقوة الاحصائية، ومع ذلك يمكن استخدام احجام عينات صغيرة في PLS-SEM بعكس CB-SEM، حتى اذا كانت النماذج معقدة جداً، في هذا الحالة تحقق PLS-SEM مستويات ذات قدرة احصائية عالية ومؤشرات جيدة، بالرغم من ان هناك حالات ارشادية تشير لحجم العينة الادنى لتطبيق PLS-SEM يجب ان يكون مساوياً للأكبر مما يلي :

- ✓ عشرة أضعاف العدد الأكبر من المؤشرات التكوينية المستخدمة لقياس البناء الواحد؛ أو
- ✓ عشرة أضعاف أكبر عدد من مسارات النماذج الداخلية الموجهة نحو بناء معين في النموذج الداخلي.

ومع ذلك، ينبغي على الباحثين التعامل مع هذا المبدأ التوجيهي بحذر ، حيث أن سوء التفاهم قد يسبب تشكيك في الاستخدامات العامة لـ PLS-SEM كما هو الحال مع أي تقنية تحليل بيانات أخرى مبنية على النموذج، يجب على الباحثين أن يأخذوا في الاعتبار حجم العينة من حيث صلتها بنموذج التعقيد وخصائص البيانات. على سبيل المثال، في حين أن القاعدة الأساسية يضعها Barclay (1995) وآخرون يوفر تقديراً تقريبياً لحجم العينة الأدنى، لكنه لا يأخذ في الاعتبار حجم التأثير أو الاعتمادية أو عدد المؤشرات أو العوامل الأخرى التي من المعروف أنها تؤثر على قوة

بالرغم من أنه يمكن لكل من PLS-SEM و CB-SEM تقدير النماذج التي تستخدم متغيرات كامنة تكوينية، فقد تلقى PLS-SEM دعمًا كبيرًا كطريقة موصى بها. نظرًا لأن تحليل المؤشرات التكوينية مع CB-SEM يؤدي غالبًا إلى مشاكل في التعرف عليه، غير انه لا يجب الاعتقاد ان PLS-SEM هو الخيار الأفضل. ومع ذلك، ينبغي التعامل مع المؤشرات التكوينية بحذر عند استخدام PLS-SEM. يجب أن يدرك الباحثون أن تقييم التركيبات المقاسة بشكل نسبي يعتمد على مجموعة مختلفة تمامًا من المعايير مقارنة بنظيراتها الانطباعية. لقد قامت دراسات السابقة لـ (Hair et al. PLS-SEM، 2012a، b) بانتقاد المعالجة غير الواضحة للمؤشرات التكوينية، وينبغي للباحثين تطبيق أحدث مجموعة من معايير التقييم عند دراسة صلاحية التركيبات المقاسة بشكل نسبي.

4. تقييم نموذج PLS-SEM:

حسب (Ravand, H., & Baghaei, P. ,2016) كما هو الحال مع نمذجة المعادلات البنائية المعتمدة على الارتباط CB-SEM ، فإن تقييم النموذج هو عملية من خطوتين. فيها تقييم نموذج القياس ثم اختبار النموذج البنائي. اما نمذجة المعادلات البنائية المعتمدة على التباين يتم تقييم نموذج القياس في ثلاث مجالات من حيث (1) المؤشرات أحادية الأبعاد، (2) صدق المتغيرات الكامنة (3) الصدق التمييزي للبناء.

يمكن تقييم المؤشرات احادية البعد عن طريق التحقق من (أ) مؤشر الفا كرونباخ (ب) الصدق المركب من خلال مؤشر Dillon-Goldstein's rho (ج) تحليل المكونات الرئيسية لكل بناء. بالنسبة لمؤشر الفا كرونباخ والذي يمثل متوسط الارتباط بين مؤشرات البناء تعتبر قيمة 0.7 واكثر دليل يدعم تجانس المؤشرات مع بعضها البعض. يعتبر مؤشر Dillon-Goldstein's rho أفضل من مؤشر الفا كرونباح كقاعدة عامة قيمة مؤشر Dillon-Goldstein's rho الاعلى من 0.7 تشير الى احادية البعد. أداة أخرى لفحص احادية البعد هو تحليل المكونات الرئيسي للبناءات. ولكي تكون كتلة المتغيرات أحادية البعد، يجب أن تكون قيمها الذاتية الأولى أكبر من 1 بينما يجب أن تكون اللاحقة أصغر من 1.

يمكن التحقق ايضا من جودة نموذج القياس بقياس مقدار التباين لمؤشرات بناء معين مشترك. يتم قياس مقدار مشاركة التباين من خلال الصدق التقاربي. معاملات التحميل الاعلى من 0.7 ومتوسط التباين المستخرج اعلى من 0.5 والذي يشير الى ان البنائ يفسر على الاقل نصف التباين في المتغيرات المشاهدة.

الصدق التمييز هو أداة أخرى تبين مدى التمييز في بناء معين من التركيبات الأخرى. يمكن التحقق من الصدق التمييز من خلال (1) معاملا التحميل التقاطعي للمتغيرات المشاهدة. يجب أن تكون معاملات التحميل للمؤشرات المرتبطة ببناء معين أعلى من معاملات التحميل الخاصة بها في أي بناء آخر. معيار Fornell-Larcker الذي يقارن الجذر التربيعي لمتوسط التباين المستخرج مع الارتباطات لكل بناء مع غيره من البناءات. لكي يكون البناء دو صدق تمييزي يجب ان يكون الجذر التربيعي للتباين المستخرج اكبر من اعلى ارتباط مع اي من التركيبات الاخرى.

5. البرامج الحاسوبية لإجراء PLS-SEM:

هناك العديد حالياً من البرامج الاحصائية لتنفيذ PLS-SEM مثل XLSTAT-PLS وVisualPLS وSPAD-PLS وSmartPLS ولغة البرمجة R حزمة plspm، وعليه سيتم عرض اشهر وأكثر البرامج استخدام أي برنامج SmartPLS بالإضافة للغة البرمجة R حزمة plspm والتي يمكن تقديم عرض موجز حولهم كما يلي :

سمارت بي ال اس SmartPLS المقدم من طرف Christian Ringle، Sven Wende وAlexander Will هو برنامج قائم بذاته متخصص في تنفيذ نماذج تحليل المسار بطريقة المربعات الصغرى الجزئية PLS-SEM. وهو مبني على منصة Java Eclipse مما يجعله نظام تشغيل مستقل. يتم تحديد نموذج تحليل المسار عن طريق السحب والإسقاط لتخصيص المؤشرات للمتغيرات الكامنة وذلك لرسم النموذج البنائي. يمكن استيراد المدخلات من خلال تحميل ملفات البيانات من تنسيقات مختلفة. بعد تكوين النموذج البنائي، يتم إضافة تنسيقات عليه. يتم توفير مخرجات أكثر تفصيلاً في نص عادي، بتنسيق نص وصفحة ويب. كما يمكن تصدير الرسم البياني الذي يمثل النموذج البنائي إلى صورة بتنسيق PNG. إلى جانب توفره على أدوات عدة منها bootstrapping و blindfolding لدعم مواصفات التفاعلات والاثار، فيه نسخة الطالب المحدودة والمتاحة بشكل مجاني بعد التسجيل في موقع البرنامج اما النسخة الكاملة فهي مدفوعة(Monecke & Leisch, 2012, p:3) .

لغة البرمجة R حزمة plspm والتي تعمل في بيئة لغة البرمجة R وهو نظام حاسبة إحصائية وبيئة لتحليل البيانات والرسومات، يعود أصل R من لغة البرمجة S، هذا اللغة طورت من قبل John Chambers and colleagues في مخابر Bell (سابقا AT & T، التي تملكها حالياًLucent Technologies) بداية الستينات من القرن الماضي. تم تصميم لغة S وتطويرها كلغة برمجة لمهام تحليل البيانات وهي لغة برمجة كاملة المواصفات في تطبيقاتها الحالية. يتأثر

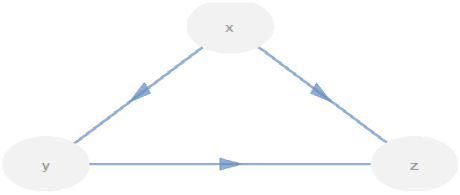
نظام R بفكرة المصدر المفتوح بموجب اتفاقية مشروع GNU (نظام تشغيل للبرامج الحرة المجانية، يتيح حرية الاستخدام دون تقييد) ابتكر R من قبل روبرت جنتلمان Robert Gentlemanوروس ايهكا Ross Ihaka من قسم الاحصاء بجامعة أوكلاند نيوزلاندا في عام 1995 (Ihaka & Gentleman, 1996) حيث أخذ R تسميته من الحروف الاولى لأسماء مبتكريه . يتم متابعة R وتطويره من قبل فريق، وهو فريق دولي متعاون من المطورين المتطوعين. صفحة ويب www.r-project.org هي الموقع الرئيسي للمعلومات الخاصة بـ R، بجانب مصادر اخرى للتوثيق والتي تعتمد على فكرة المصدر المفتوح لبرنامج R حيث تساعد على تطوير النظام، يدعم نظام R كافة أنظمة التشغيل (لـ Linux أو Windows أوMac) يحتوي على مجموعة قوية من الأدوات لمعظم الأغراض (Brian & Torsten, 2009).

حزمة plspm هي حزمة متخصصة في تحليل نماذج المسار بطريقة المربعات الصغرى الجزئية. بدأ مشروع plspm لأول مرة في خريف عام 2005 كجزء من عمل Gaston Sanchez لدرجة الدكتوراه. كان أحد الأهداف الأولية لإنشاء حزمة لتقدير نماذج تحليل المسار PLS في برنامج R، بعد حوالي اربع سنوات تم انشاء أول حزمة PLS-PM ليتم اصدار اول نسخة في فريل 2009 بعد شهرين من ذلك وبالتعاون مع Laura Trinchera تم اضافة REBUS-PLS لاكتشاف الطبقات في plspm، ومنذ ذلك الحين تم اضافة العديد من المميزات والقدرة الجديدة في الحزمة ويستمر تطويرها(Sanchez, G. 2013, p: 5).

ثانياً. الطريقة:

لقياس التأثير المباشر للمتغير المستقل فعالية التدقيق الخارجي على المتغير التابع جودة المعلومات Z، والتأثير غير المباشر للمتغير المستقل فعالية التدقيق الخارجي X على المتغير التابع جودة المعلومات Z، في ظل الدور الوسيط للمتغير أخلاقيات مهنة التدقيق الخارجي Y، تم جمع استجابات 141 مفردة تمثل وحدة معاينة لعينة عشوائية بسيطة ونظراً لبيانات العينة جاءت معنوية احصاءة اختبار Shapiro-Wilk واحصاءة اختبار Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) اقل من 0.05 وبالتالي عدم اعتدالية بيانات عينة الدراسة هذا ما يبرر استخدام منهجية المعادلات البنائية باستخدام طريقة المربعات الصغرى الجزئية حسب النموذج التالي:

الشكل رقم 02 : النموذج الهيكلي المقترح



المصدر: إعداد الباحثين باستخدام تجميع حزمة plspm مع R 3.5.1

1. اختبار صدق مقياس متغير الدراسة:

1.1. اختبار صدق مقياس المتغير المستقل x:

يوضح الجدول نتائج نتائج اختبار صدق المقياس لمتغير فعالية التدقيق الخارجي:

الجدول رقم (01): نتائج اختبار المقياس لمتغير فعالية التدقيق الخارجي

AVE	DG.rho	Loading	البند	AVE	DG.rho	Loading	البند
0.254	0.876	0.547	x27	0.254	0.876	0.349	x11
		0.497	x28			0.563	x12
		0.592	x29			0.474	x13
		0.617	x31			0.455	x14
		0.432	x32			0.503	x15
		0.475	x33			0.486	x21
		0.521	x34			0.456	x22
		0.552	x35			0.469	x23
		0.363	x36			0.551	x24
		0.617	x37			0.415	x25
						0.590	x26

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام تجميع حزمة plspm مع R 3.5.1

يعرض الجدول أعلاه نتائج صدق المتغير المستقل x، حيث يلاحظ أن معامل تحميل البند x11 بلغ 0.349 والبند x36 بلغ 0.363 وهما أقل من 0.4 وعليه يتم استبعاد هذا البندين، بينما معاملات تحميل البنود المتبقية محصورة بين 0.4 و0.7 والذي يتأثر بالزيادة فوق العتبة 0.5 بعد الاحتفاظ بالبنود x12 و x15 و x27 وx28 وحدف باقي البنود المتبقية.

1.2. اختبار صدق مقياس المتغير الوسيط y:

يوضح الجدول نتائج نتائج اختبار صدق المقياس للمتغير الوسيط:

الجدول رقم (02) : نتائج اختبار المقياس للمتغير الوسيط

البند	loading	DG.rho	AVE	البند	loading	DG.rho	AVE
y11	0.438	0.963	0.408	y33	0.667	0.963	0.408
y12	0.605			y34	0.779		
y13	0.683			y35	0.828		
y14	0.302			y36	0.789		
y15	0.364			y37	0.746		
y16	0.222			y41	0.667		
y17	0.253			y42	0.599		
y18	0.394			y43	0.680		
y19	0.699			y44	0.653		
y21	0.692			y45	0.416		
y22	0.639			y46	0.614		
y23	0.585			y47	0.645		
y24	0.606			y48	0.763		
y25	0.612			y49	0.586		
y26	0.729			Y51	0.438		
y27	0.612			Y52	0.675		
y28	0.684			Y53	0.785		
y29	0.675			Y54	0.760		
y31	0.671			Y55	0.797		
y32	0.794			Y56	0.687		

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام تجميع حزمة plspm مع R 3.5.1

يلاحظ من الجدول اعلاه انه بالنسبة للمتغير الوسيط يتم حدف البنود ذات معامل تحميل اقل من 0.4 وهي y14 ;y15; y16; y17; y18 بينما يتم الاحتفاظ بالبنود التي تتعدى معاملات تحميلها 0.7 وهي y26 وy32 و y34 وy35 وy36 وy37 وy55 اما باقي البنود المحصورة بين 0.4-0.7 يتم اختبار تأثر AVE والذي يتأثر بالزيادة فوق العتبة 0.5 بعد حذف البنود التالي y11 وy23 و y24 وy25 وy45 وy46 وy49 y51

1.3. اختبار صدق مقياس متغير جودة المعلومات :

يوضح الجدول نتائج نتائج اختبار صدق المقياس لمتغير فعالية التدقيق الخارجي:

الجدول رقم (03): نتائج اختبار المقياس لمتغير فعالية التدقيق الخارجي

البند	loading	DG.rho	AVE	البند	loading	DG.rho	AVE
z11	0.557			Z24	0.591		
z12	0.670			Z25	0.539		
z13	0.656			Z26	0.675		
z14	0.768			Z27	0.340		
z15	0.669	0.902	0.346	Z31	0.464	0.902	0.346
z16	0.194			Z32	0.386		
Z21	0.697			Z33	0.546		
Z22	0.722			Z34	0.523		
Z23	0.646			Z35	0.626		

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام تجميع حزمة plspm مع R 3.5.1

يعرض الجدول أعلاه نتائج صدق المتغير التابع z، حيث جاءت مؤشراته من غير مرضية حيث يلاحظ أن معامل تحميل البند z16 بلغ 0.194 وهو أقل من 0.4 وعليه يتم استبعاد هذا البند من المتغير z، كما يتم الاحتفاظ بالبنود ذات معاملات التحميل أعلى من 0.7 وهي z14 وz22 في حين البنود التي معاملات تحميلها محصورة بين 0.4-0.7 يتم اختبار تاثر AVE بالزيادة فوق العتبة 0.5 بعد الاختفاظ بالبنود z11 وz12 وz15 وz21 واستبعاد المتبقية.

2. اختبار صدق التمايز لنموذج المسار:

كمرحلة ثانية للوصول الى نموذج بنائي جيد وبعد تقييم صدق المقياس لمشاهدات متغيرات نموذج القياس وإجراء التعديلات المطلوبة يتم الانتقال إلى مرحلة تقييم صدق التمايز لنموذج المسار الجديد والذي تم اجراء التعديلات عليه.

2.1. معيار فورنل لاركر:

يتم اختبار صدق التمايز لنموذج المسار من خلال معيار Fornell-Larcker والموضح في الجدول رقم التالي:

الجدول رقم (04): معيار فورنل لاركر Fornell-Larcker criterion

Z	Y	x	
		0,725	**x**
	0,716	0,485	**y**
0,725	0,753	0,5	**z**

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام تجميع حزمة plspm مع R 3.5.1

يوضح الجدول اعلاه معيار فورنل - لاركر Fornell-Larcker criterion للنموذج المسار بعد اجراء التعديلات الناتجة عن اختبار صدق مقياس المتغيرات هذا المعيار والذي ينص على ان الجدر التربيعي للتباين المستخرج يجب ان يكون اعلى من الارتباطات ما بين المتغيرات الكامنة الداخلة في النموذج، ويلاحظ من الجدول أعلاه ارتفاع القيم المتعلقة بالارتباطات بين المتغيرات الكامنة بعضها البعض والتي تمثل الجدر التربيعي لمتوسط التباين المستخرج عند كل متغير كامن مع أكبر معاملات الارتباط بين المتغيرات الكامنة المختلفة والتي تمثل البناءات المختلفة الممكنة، وعليه فان نموذج المسار الناتج يعتبر الاحسن له صلاحية تمايز أفضل مقارنة بالبناءات الأخرى الممكنة.

2.2. تحليل معاملات التحميل التقاطعية :

بالإضافة لمعيار فورنل لاركر فان هناك كذلك تحليل معاملات التحميل التقاطعية مع معاملات التحميل الخارجية لكل متغير كامن . والموضحة في الجدول التالي :

الجدول رقم (05): معاملات التحميل التقاطعية لمتغيرات النموذج

المتغيرات الكامنة / البنود	x	Y	Z
x12	**(0.785)**	0.375	0.387
x15	**(0.691)**	0.410	0.402
X27	**(0.730)**	0.3220	0.316
X28	**(0.687)**	0.274	0.324
y12	0,348	**(0,605)**	0,464
y13	0,362	**(0,665)**	0,602
y19	0,355	**(0,706)**	0,583
y21	0,193	**(0,709)**	0,447
y22	0,19	**(0,652)**	0,508
y26	0,248	**(0,722)**	0,464
y27	0,425	**(0,606)**	0,488
y28	0,42	**(0,684)**	0,547
y29	0,29	**(0,677)**	0,428
y31	0,296	**(0,693)**	0,431
y32	0,4	**(0,825)**	0,551

0,496	**(0,676)**	0,387	y33
0,584	**(0,973)**	0,394	y34
0,577	**(0,847)**	0,345	y35
0,59	**(0,803)**	0,382	y36
0,532	**(0,761)**	0,405	y37
0,509	**(0,681)**	0,411	y41
0,58	**(0,611)**	0,328	y42
0,659	**(0,68)**	0,367	y43
0,466	**(0,671)**	0,342	y44
0,482	**(0,63)**	0,35	y47
0,607	**(0,75)**	0,423	y48
0,514	**(0,693)**	0,337	y52
0,604	**(0,813)**	0,302	y53
0,528	**(0,767)**	0,237	y54
0,613	**(0,824)**	0,338	y55
0,529	**(0,703)**	0,317	y56
0,641)	0,471	0,348	z11
(0,671)	0,489	0,368	z12
(0,792)	0,614	0,304	z14
(0,788)	0,604	0,407	z21
(0,768)	0,572	0,349	z22
(0,675)	0,512	0,363	z23

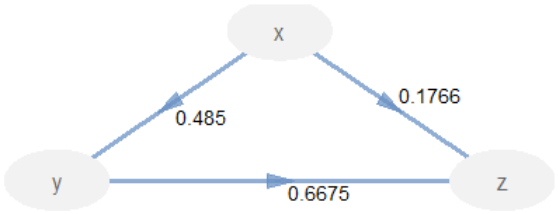
المصدر: إعداد الباحثين باستخدام تجميع حزمة plspm مع R 3.5.1

يلاحظ من الجدول أعلاه أن معاملات التحميل الخارجية لمتغير فعالية التدقيق الخارجي سجل قيم أعلى مقارنة بمعاملات التحميل التقاطعية المقابلة للبناءات الأخرى الممكنة (كل بند مقابل متغير)، كذلك يلاحظ بالنسبة لمتغير اخلاقيات مهنة التدقيق الخارجي ومتغير جودة المعلومات فقد سجل فيهم قيم تحميل تقاطعية أعلى من البناءات الأخرى المقابلة.

3. تقييم النموذج الهيكلي:

يوضح الشكل رقم 03 الموالي الآثار المباشرة بين المتغيرات الكامنة :

الشكل رقم (03): النموذج البنائي للمثال التطبيقي



المصدر: إعداد الباحثين باستخدام تجميع حزمة plspm مع R 3.5.1

من خلال الشكل أعلاه يتضح أن الاثر المباشر بين فعالية التدقيق نحو جود المعلومات سجل اقل اثر مباشر بلغ 1.766، بينما الاثر المباشر الاكبر سجل بين اخلاقيات مهنة التدقيق الخارجي نحو جودة المعلومات حيث بلغ 0.6675، في حين سجل الاثر المباشر بين فعالية التدقيق الخارجي نحو اخلاقيات مهنة التدقيق الخارجي 0.485.

كما يمكن تقييم النموذج البنائي من خلال معامل التحديد عند المتغيرات الداخلية والموضح في ما يلي :

الجدول رقم (06): معاملات التحديد في النموذج الهيكلي

	نوع المتغير	معامل التحديد
x	خارجي	
y	داخلي	0,235
z	داخلي	0,591

المصدر: إعداد الباحثين باستخدام تجميع حزمة plspm مع R 3.5.1

من خلال قراءة الجدول اعلاه يتبن ان معامل التحديد عند المتغير الداخلي اخلاقيات مهنة التدقيق الداخلي جاء اقل من 0.3 حيث سجل قيمة 0.235 وهي قيمة ضعيفة اي ان فعالية التدقيق الخارجي يفسر نسبة ضعيفة جدا من التغير في اخلاقيات مهنة التدقيق الخارجي وبالتالي هناك عوامل اخرى يمكن ان تفسر النسبة المتبقية الكبيرة، بينما جاء معامل التحديد عند المتغير الداخلي جودة المعلومات قريب من 0.6 وهو بذل سجل قيمة قوية اي ان فعالية التدقيق الخارجي واخلاقيات مهنة التدقيق الخارجي تفسر نسبة كبيرة من التغير في جودة المعلومات.

الخلاصة

حاولت هذا الورقة تقديم وصف حول الاختلاف بين نمذجة المعادلات البنائية المعتمدة على الارتباط CB-SEM والمعتمدة على التباين PLS-SEM وذلك باستخدام لغة البرمجة المجانية وفقاً لمعايير هايير في اعداد البحوث عندما يكون الهدف توكيد واختبار نظرية قوية فان نمذجة المعادلات البنائية المعتمدة على الارتباط هو الاسلوب المناسب والصحيح. اما في حالة البحث الاستكشافي وتطوير نظريات جديدة فان الاختبار المناسب هو نمذجة المعادلات البنائية المعتمدة على التباين نظرا لقدرته في التعامل مع العديد من الحالات منها البيانات طبيعية او غير طبيعية كذالك في حالة احجام العينات صغيرة والنمذاج المعقدة.

الجانب التطبيقي تم عرض طريقة اجراء نمذجة المعادلات البنائية باستخدام طريقة المربعات الصغرى الجزئية في مجال المحاسبة والتدقيق وذلك بالاعتماد على لغة البرمجة المجانية آر من خلال حزمة plspm مع التركيز على الخطوات الاساسية بداية من اختبار صدق المتغيرات الى الصدق التمييزي للنموذج البنائي وصولا الى جودة النموذج والتقديرات.

قائمة المصادر والمراجع:

1. أمحمد بوزيان تيغزة. (2015). *التحليل العاملي الاستكشافي والتوكيدي*. عمان الاردن: دار المسيرة.

2. محمد عبد المنعم ثروة. (2002). التحليل الاحصائي للمتغيرات المتعددة. القاهرة: مكتبة الأنجلو.

3. مصطفى حسين باهي، محمود عبد الفتاح عنان، و حسني محمد عز الدين. (2002). التحليل العاملي (النظرية-التطبيق). مصر، القاهرة: مركز الكتاب للنشر.

4. عبد الناصر السيد عامر. (أكتوبر 2014). تقييم استخدام تطبيقات نمذجة المعادلة البنائية في البحث النفسي. دراسات عربية في علم النفس ، 702.

5. Brian, S. E & ,.Torsten, H. (2009). A handbook of statistical analyses using R .London :Chapman and Hall/CRC.

6. F. Hair Jr, J., et al. (2014). "Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) An emerging tool in business research." European Business Review 26(2): 106-121.

7. F. Hair, J. J., M. Hult, G., M. Ringle, C., & Sarstedt, M. (2014). Hair Jr, Joseph F., et al. A primer on partial least squares structural equation modeling. New York: SAGE Publications, Inc.

8. Galton, F. (1886). family likeness in stature. *proceedings of royal society, londone* , 42-72.

9. Ihaka, R., & Gentleman, R. (1996). R: a language for data analysis and graphics. ournal of computational and graphical statistics , 299-314.

10. Monecke, A., & Leisch, F. (2012). semPLS: structural equation modeling using partial least squares. Journal of Statistical Software, 48 (3) , 1-32.

11. Ravand, H & ,.Baghaei, P. (2016 .(Partial least squares structural equation modeling with R. Practical Assessment, Research & Evaluation, 21(11), 1-16.

12. Richard A, J., & Wichern, D. W. (1982). *Applied multivariate statistics.* New Jersey: Prentice Hall.

13. Sanchez, G. (2013) PLS Path Modeling with R, Trowchez Editions. Berkeley. http://www.gastonsanchez.com/PLS Path Modeling with R.pdf
14. Schumacker, R. E., & Richard, G. L. (2010). A beginner's guide to structural equation monitoring. London: Routledge.