تحليل المسار في العلوم النفسية والتربوية والاجتماعية

خالد أحمد جلال (*)

زاد الاهتمام باستخدام أساليب تحليل المسار Path analysis في العقود الأخيرة على المستويين الغربي والعربي، على الرَّغم من نشأة الأسلوب في بدايات العشرينيات من القرن الماضي على يد عالم الوراثة سيوال رايت Wright, 1921. وهو يعد امتدادًا للانحدار المتعدد، ولكن مفهومه عن المتغيرات المنبئة[١] أكثر تعقيدًا. فتحليل المسار يتميز عن الانحدار المتعدد بأنَّه يمكن أن يعالج عددًا مِن المتغيرات المنبئة وعددًا المتغيرات الناتجة في آنٍ واحدٍ.

ما بين الوصف والتجريب

من الملاحظ أنَّ العلماء الذين يتعاملون مع السلوك الإنساني في أي مجال من مجالات الحياة، يُلاحظونه في سياقه الطبيعي، فمن النادر أنْ تكون لديهم الرفاهية في إجراء تجارب لتبيان أثر المتغيرات المستقلة على التابعة محل الدراسة. حتَّى أولئك الذين يظنون أنهم قادرون على ذلك نجدهم يقعون في الخطأ بسبب أن المتغيرات التي يهتمون بمعالجتها وملاحظتها ليست هي بالضبط كتلك التي يقابلونها في الواقع. ففي التجارب محكمة الضبط مثل

(*) أستاذ علم النفس المشارك– كلية الآداب– جامعة المنيا.

(١) يوجد نوعان من المتغيرات في المنهج الارتباطي، القائم عليه أسلوب الانحدار: وهما المتغير المنبئ، وهو تجاوزا ما يمكن أن نطلق عليه بالمتغير المستقل، وفي تحليل المسار يسمى بالمتغير الخارجي Exogenous. والنوع الآخر يسمى بالمتغير الناتج وهو تجاوزا ما نطلق عليه بالمتغير التابع، ويسمى أيضا بالمتغير المحكي Criterion وفي تحليل المسار يسمى بالمتغير الداخلي Endogenous، وجميعها مترادفات ضمنية لكل من المتغير المستقل والمتغير التابع.

العمل التجريبي للمدرسة السلوكية الكلاسيكية حيث النموذج: مثير ← استجابة، نجد أنَّه يقع بينهما ذلك الكائن النشط الذي يستقبل المثير، ويعالج ما لا تخضع للتجريب ثم تحدث الاستجابة، فيصبح النموذج: **مثير← كائن ← استجابة.** مِن هنا فإنَّ التجريب على أهميته في التعويل على السبب والنتيجة بين المتغيرات إلَّا أنه في الواقع يصعب تحقق ذلك لوجود عوامل أخرى قد لا تكون متضمنة في التصميم التجريبي. لذا نجد أنَّه حدث نوع من القسر أو الإرغام (تجاوزا) من قِبل الباحثين لموضوع السببية على البحوث والدراسات الارتباطية ممثلة في الانحدار وتحليل المسار.

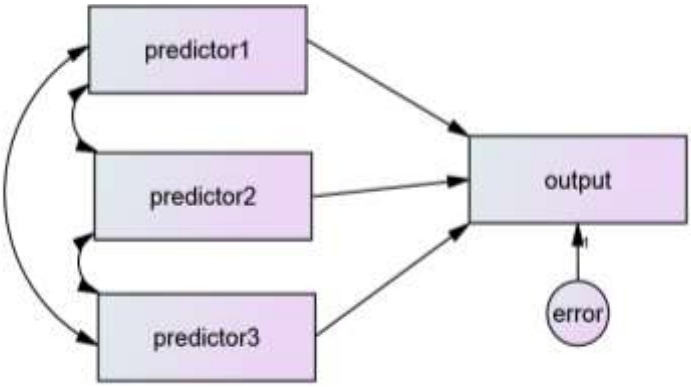
الاشتراطات لإجراء تحليل المسار(١)

يستخدم عادة تحليل المسار بصفته مفهوما عاما لوصف النموذج السببي، وعادة ما يحتوي هذا النموذج على مجموعة من المتغيرات المقاسة، الَّتي تم جمعها قبل إنشاء النموذج. وبما أن الأسلوب هو امتداد للانحدار المتعدد، إذن تنطبق الشروط نفسها عليه، وهي التوزيع الاعتدالي لمتغيرات الدراسة والعلاقة الخطية Linear بين المتغيرات وليست المنحنية Curvilinear، وألَّا يكون هناك ازدواج خطي Co-linearity بين كل متغيرين مستقلين، فإذا زاد معامل الارتباط بين أي متغيرين عن ٠,٩٠ كان ذلك أدعى إلى أنَّهما يقيسان الشيء نفسه، فإمَّا أن يدمجا بصفتهما مقياسا واحدا أو يستبعد أحدهما، وأن تكون المتغيرات في مستوى متغيرات المسافة أو قريب منها Interval scales، وأنْ يكون حجم العينة كافيًا على الأقل ٢٠ مفردة لكل متغير مقاس، والمبدأ الإحصائي الذي يجب أن نضعه في اعتبارنا بشكل عام هو:

" كلما زاد حجم العينة، كان ذلك أفضل"، "The bigger is the best"

(1) Assumptions

رسمة أو مخطط المسار (١)



شكل (١) نموذج تحليل مسار

- في تحليل المسار، جميع المتغيرات مقاسة، (أي لها درجة فعلية، من خلال تطبيق استبيانات ومقاييس على عينة الدراسة) وتأخذ دوما شكل المستطيل.
- السهم ذا الرأس الواحد ⟵ من المتغير المنبئ predictor تجاه المتغير الناتج output، بصفته مؤشرا للاتجاه أو العلاقة السببية وهو يسمى المسار Path.
- الأسهم المعكوفة ذات الرأسين، (على يسار الشكل السابق) تمثل معاملات الارتباط بين كل متغيرين منبئين.
- الدوائر ذات السهم تتبع فقط المتغير أو المتغيرات الناتجة في النموذج، وتسمى بـ "الخطأ" Error الَّذي هو جزءٌ أساسي في معادلة الانحدار، وهو لا يكون إلَّا مع المتغيرات الناتجة فقط.
- القيم التي ستكون على الأسهم المباشرة ذات الرأس الواحد، تسمي قيم معاملات الانحدار (بيتا) المعيارية، أو غير المعيارية.
- القيم على السهم المعكوف ذي الرأسين، تسمى معاملات الارتباط الخطية بين متغيرين.

(1) Path diagram

- توجد حدود لعدد المسارات الَّتي يمكن تحليلها في أي شكل لتحليل المسار. وبشكل عملي يجب أن يكون عدد المعالم أقل من أو يساوي عدد المشاهدات. ففي تحليل المسار لا يتم الاعتماد على حجم العينة (n) ولكن يعتمد بالأحرى على عددٍ المتغيرات في النموذج. وتكون المعادلة الأساسية لذلك، هي:

$$K(K+1)/2$$

إذ K تمثل عدد المتغيرات المقاسة.

ففي الشكل (١) يوجد عدد ٤ متغيرات مقاسة، ٣ منبئين و١ ناتج، ومِن ثَمَّ فعدد المشاهدات= ٤(٤+١)/٢ =٢٠/٢= ١٠ مشاهدات.

أمَّا عدد المعالم المقدرة في النموذج هي عدد المعاملات التي سيتم إجراؤها سواء لقيم بيتا أو لمعاملات الارتباط أو الخطأ المعياري، الَّتي ستكون وفقا للنموذج السابق:

عدد المعالم = ثلاث معاملات ارتباط بين المتغيرات المنبئة وبعضها بعضًا + ٣ مسارات تنبؤية + معامل خطأ واحد للمتغير الناتج = ٧ معالم.

نلاحظ أنَّ عدد المشاهدات = ١٠، وعدد المعالم أقل من عدد المشاهدات = ٧، إذن النموذج جاهز للاختبار.

- القاعدة الأساسية عند رسم نموذج المسار، أنْ يكون بسيطًا ومحددًا، على ألا يكون مخلا في التبسيط. The model most be simple not "simpler"
- يبنى النموذج وفقًا للأدبيات أو التصور العقلاني والمنطقي للمتغيرات من قبل الباحث، ومِن ثَمَّ فهو لا يختبر بناء نظريًّا ما، إنَّما ما يتوقعه الباحث للعلاقة بين المتغيرات.

الجدل ما بين المتغيرات المعدلة[١] والوسيطة [٢]

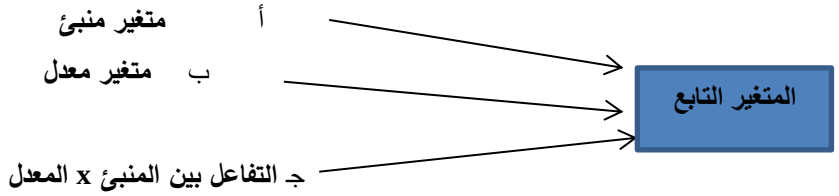
يوجد جدل شائع بين النفسيين فيما يتعلق بالمفهومين، وهناك عددٌ مِن الباحثين يستخدمونهما على أنَّهما مترادفان، إلا أنَّه ثمة اختلافات جوهرية بينهما كونهما متغيرات ثالثة تقع بين متغيرين منبئ وناتج:

أ- المتغير المعدل

- عندما يتغير اتجاه وقوة العلاقة بين المتغير المستقل أو المنبئ والمتغير التابع أو الناتج، نتيجة لمتغير ثالث، فإنَّ هذا المتغير الثالث يسمى بالمتغير المعدل.
- وقد يكون تصنيفيًّا مثل: (النوع- الطبقة- البلد)، وقد يكون كميًّا، وهو يؤثر في اتجاه أو قوة العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع.

فمثلًا في أحد الدراسات وجدت علاقة إيجابية قوية بين تغير أحداث الحياة وحدة المرض، وذلك بالنسبة للأحداث التي لم تضبط أو يتحكم بها مثل (وفاة الزوج)، أكثر من الأحداث التي تم ضبطها مثل (الطلاق)؛ فالتأثير المعدل داخل الإطار الارتباطي يمكن القول إنَّه يحدث حين يكون الاتجاه للارتباط قد تغير.

- الأسلوب الإحصائي الأكثر ألفة هو تحليل التباين، إذ يُمكن النظر إلى التأثير المعدل على أنَّه التفاعل[٣] بين المتغير المستقل الأساسي، وعامل يحدد الاشتراطات الملائمة لهذه العملية أي المتغير المعدل.



شكل (٢)

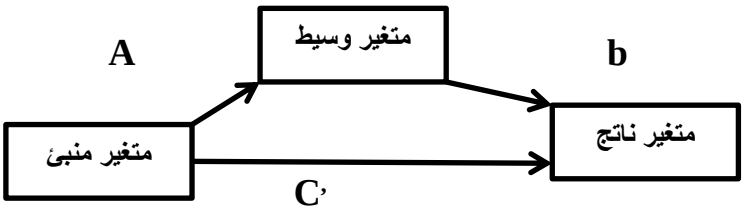
(1) moderators
(2) mediators
(3) interaction

- الشَّكل السابق (٢) يمثل شكل المسار في حال المتغير المعدل في العلاقة بين المتغير المنبئ والمتغير الناتج، إذ يَكون الاهتمام بالتفاعل بين المتغير المنبئ والمتغير المعدل. إذ وجود ثلاث مسارات سببية تتجه إلى المتغير التابع.

ب-المتغير الوسيط

- للمتغير الثالث هنا علاقة مباشرة بين المتغير المستقل والمتغير التابع، وهو هنا يسمى متغيرا وسيطا.
- المتغير الوسيط يمكن أن يكون كذلك بالمدى الذي تحسب به العلاقة بين المتغير المنبئ والمتغير الناتج. فالمتغيرات الوسيطة توضح أنَّ الأحداث الفيزيقية الخارجية تؤثر في العمليات النفسية الداخلية، فَفي حين تتحدث المتغيرات المعدلة عن متى When يوجد تأثير معين على المتغير الناتج؟ فإنَّ المتغيرات الوسيطة تتحدث عن كيف؟ ولماذا؟ How and Why.

ولكي نوضح معنى المتغير الوسيط يكون من خلال الشكل (٣) التالي:



شكل (٣)

في الشكل (٣) السابق يوجد ثلاث مسارات تنبؤية: المسار السببي المباشر بين المتغير المنبئ والمتغير الناتج **C'**، والمسار السببي بين المتغير المنبئ والمتغير الوسيط a، وهناك مسار ثالث بين المتغير الوسيط والمتغير الناتج b.

- ولاختبار التوسط، فإنَّ أسلوب تحليل التباين يعد محدودا فهو الأنسب لاختبار تأثير التفاعل بين المتغير المعدل والمتغير المنبئ، والأفضل سلسلة من المعاملات الانحدارية للتقدير بين المتغير المنبئ والمتغير الوسيط مرة، وبين المتغير المنبئ والمتغير الناتج مرة أخرى، وبين المتغير الوسيط والمتغير الناتج مرة ثالثة.

التأثيرات المباشرة وغير المباشرة(١)

- **التأثير المباشر:** هو وجود مسار مباشر(**c'**) كما في الشكل (٣) بين المتغير المستقل والمتغير التابع، والقيمة هي معامل انحدار بيتا المعيارية أو غير المعيارية. وغالبا ما توضع قيم بيتا المعيارية على المسارات وبجوارها بين قوسين الخطأ المعياري. ولمعرفة دلالة قيمة بيتا المعيارية نقوم بقسمتها على الخطأ المعياري، مَا ينتج قيمة تسمى Z أي أن: **Z= B/SE** وتكون القيمة دالة عند مستوى معنوية ٠,٠٥ عندما تساوي ١,٩٦ أو أكثر، وعند ٠,٠١ عندما تساوي ٢,٥٨ أو أكثر.
- **التأثير غير المباشر:** وتكون وفقًا للشكل (٣) حينما توجد علاقة سببية بين المتغير المستقل والمتغير التابع، ولكن عبر متغير وسيط ، ولكي يتم ذلك لا بُد من عمل أكثر من إجراء:

١- **حساب التأثير الكلي:** ويكون ذلك بالمعادلة: **c = c' + ab**، حيث c تشير إلى التأثير الكلي و c' **(تقرأ سي داش)** تشير إلى التأثير المباشر، وab تمثل حاصل ضرب قيم بيتا غير المعيارية للمسارين مستقل إلى وسيط (a) ووسيط إلى تابع (b).

٢- **حساب الخطأ المعياري SE لـ ab:** ويكون من خلال المعادلة:

$$SE_{ab} = \sqrt{(b^2 * s_a^2 + a^2 * s_b^2)}$$

حيث √ تعني الجذر التربيعي، وb^2 تعني مربع قيمة بيتا غير

(1) Direct and indirect effects

المعيارية للمسار بين المتغير الوسيط والمتغير التابع، وs_a^2 تعني مربع الانحراف المعياري للمسار بين المتغير المستقل والمتغير الوسيط، وa^2 تعني مربع قيمة بيتا غير المعيارية للمسار بين المتغير المستقل والمتغير الوسيط، وs_b^2 وتعني مربع الانحراف المعياري للمسار بين المتغير الوسيط والمتغير التابع.

٣- **حساب اختبار تسوبيل** Sobel Z test لتبيان دلالة التأثير غير المباشر للمتغير الوسيط في العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع كالآتي:

$$\textbf{Sobel Z test}^{(1)} = ab/se_{ab}$$

ودلالة قيمة Z لـ تسوبيل عند ٠,٠٥ عندما يكون ناتج المعادلة أكبر من أو يساوي ١,٩٦.

أدلة جودة التوفيق(٢)

كما أسلفنا إن الباحث يعد نموذجه السببي بناء على الأدبيات والتصور المنطقي للعلاقة بين متغيرات الدراسة التي يقوم بها، وهو هنا لا يختبر نظريةً أو بناءً نظريًّا، إنَّما فقط تأكيد الأهمية التفسيرية أو التنبؤية لبعض المتغيرات على البعض الآخر. هذا النموذج يحتاج إلى البرهنة على صلاحيته قبل أو مع تحليل المسار.

وبسبب كثرة أدلة حسن المطابقة، لا يمكن للباحث أنَّ يشتت الجهد في ذكرها كلها، وإنَّما يمكن اختيار أفضلها في تحديد حسن المطابقة لنموذجه، ومِن ثَمَّ فلا توجد قاعدة ذهبية لذكر أي من هذه الأدلة. وهناك من قال الاكتفاء بثلاثة مؤشرات لجودة التوفيق أحدهما نسبي Relative والآخرين مطلقين Absolute. وهناك من قال بأدلة معينة هي الأكثر تكرارا في الدراسات، وهِي:

---

(١) قدم بريتشر وليوناردِيلي موقع مجاني عبر الإنترنت لحساب اختبار تسوبيل:
Preacher K.J and Leonardelli G.J (2010). *An interactive calculation tool for mediation test. Available at:* http://quantpsy.org/sobel/sobel.htm.

(2) - Goodness of fit indices

REMEA – TLI – NFI –GFI – CFI، بالإضافة لقيمة كا٢ للنموذج لأهميتها.

أ- **أدلة جودة التوفيق المطلقة:** وهي تحدد كيف أن النموذج الأوّلي يلائم Fits البيانات محل الدراسة. منها على سبيل المثال(1): كا٢- GFI- AGFI- REMSEA – SRMR – RMR –ECVI – AIC. ويعد اختبار كا٢ (χ^2) مقياسًا أساسيًّا لحسن المطابقة، إذ يفترض عدم وجود فروق دالة بين النموذج المتوقع والنموذج الفعلي أو المشاهد، كفرض صفري في مقابل فرض بديل بوجود فروق بين النموذجين. وكلما كانت قيمة كا٢ صغيرة؛ كان النموذج في أحسن توفيق له. ويعاب على هذا المعامل تأثره في دلالة قيمته بحجم العينة. لذا وجب أن يتبع بأدلة أخرى لحسن التوفيق. أمَّا أدلة GFI وAGFI إذا كانت قيمتهما أكبر من ٠,٩٠ كان النموذج في أفضل جودة توفيق، أما RMSEA وSRMR فالقيمة المحكية لجودة التوفيق هي أن تكون قيمة المعامل أقل من ٠,٠٨.

ب- **أدلة جودة توفيق نسبية:** تشبه في تفسيرها معامل التحديد R^2، لذا فالقيمة التي تقترب من الصفر تشير إلى نموذج سيء، والقيمة التي تقترب من الواحد (أكبر من ٠,٩٠)، تشير إلى نموذج جيد، من حيث جودة التوفيق، ومِن أدلتها: NFI – TLI – IFI.

مميزات وعيوب تحليل المسار

١- **<u>المميزات</u>:**

- يُعد أسلوب تحليل المسار مصدر قوة لأنَّه يسمح للباحثين بدراسة التأثيرات المباشرة وغير المباشرة للعلاقات بين المتغيرات المستقلة

(1) **GFI**=Goodness of fit index, **AGFI**= Adjusts GFI**, AIC**= Akaike's Information Criterion, **ECVI** = Expected Cross-validation Index, **RMR**= root mean square residual, **SRMR**= Standardized RMR, **RMSEA** = Root Mean Square Error of Approximation, **IFI** = Incremental Fit Index, **TLI**= Tucker-Lewis Index, **NFI**= Normed Fit Index.

والتابعة في ضوء متغير وسيط Mediator، وهِي تجرى في آن واحد.

- أنَّه يسمح للباحث في رسم عدد من المسارات المفترضة والمنطقية في ضوء الأدبيات والتصور المنطقي، إذ يُمكن أن تترجم هذه المسارات إلى معادلات يحتاجها التحليل.

٢- **العيوب**:

- إن أي شكل منطقي، قد تتضح منه أي استدلالات سببية، لا يُعد أكثر من كونه خيالًا إحصائيًّا.
- لا يستطيع تحليل المسار التمييز بين شكلين متمايزين، أو أيهما أكثر صحة عن الآخر.
- لا يمكن من تحليل المسار القائم على المنهج الارتباطي إثبات اتجاه مطلق للسببية.

المراجع:

Baron, R.M. and Keeny, D.A. (1986). The moderator-mediator variable distinction in social psychological research, conceptual, strategic and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology, 51*, 1173-1182.

Howett, D., and Cramer, D.(2017). *Understanding statistics in psychology with SPSS*. 7th Edition, England, Pearson Harlow.

Meyers, L.S. et al., (2006). *Applied multivariate research*. London, Sage Publications. 585-602

Norman, GR., and Streiner D.L. (2003). *PDQ, pretty darned quick statistics*. 3rd edition, Canada, BC Decker Inc.

Stage, F.K. et al., (2004). Path analysis: An introduction and analysis of a decade of research. *The journal of Educational Research, 98,1*, 5-13.

Zedeek, Sh. (2014). *APA dictionary of statistics and research methods.* American psychological association, Washington DC.