استخدام نماذج النمو الفردية في دراسة الأداء التحصيلي للطلبة: دراسة تطبيقية

د/ الشربينى شوقي السيد
كلية التجارة – جامعة المنصورة

تُعتبر نماذج النمو الفردية من النماذج الإحصائية واسعة الانتشار في المجال التعليمي، حيث تستخدم لدراسة التغير/ النمو التحصيلي للطلبة خلال سنوات الدراسة. وتهدف هذه الدراسة الي عرض ومناقشة نماذج النمو الفردية بأشكالها المختلفة وطرق توفيقها، ثم استخدامها في تحليل الأداء التحصيلي لطلبة المدارس خلال عدد من السنوات المتتابعة. واعتمدت الدراسة على نتائج اختبارات عينة عشوائية من الطلبة (حجمها ٨٢٩ طالباً) في مادة الرياضيات، حيث تم تسجيل وتتبع نتائج هؤلاء الطلبة لمدة أربع سنوات بدءاً من عام ٢٠١١/٢٠١٠ حتى عام ٢٠١٤/٢٠١٣ بالإضافة إلى تسجيل بعض البيانات الشخصية لهؤلاء الطلبة مثل العُمر والنوع (ذكر– أنثى)، وتعتبر هذه النتائج مثالاً للبيانات الطولية ذات المستويين، حيث يمثل الاختلاف داخل درجات كل طالب المستوى الأول، بينما يمثل الاختلاف بين الطلبة المستوى الثاني.

وقد تم تحليل نتائج اختبارات عينة الطلبة من خلال توفيق أربعة نماذج نمو مختلفة وتقدير معالمها، والنماذج هي:(I) نموذج المتوسطات غير الشرطي، (II) نموذج النمو الخطي غير الشرطي، (III) نموذج النمو الخطي الشرطي ،(IV) نموذج النمو غير الخطي.

وقد أظهرت النتائج أنه وفقاً لنموذج المتوسطات غير الشرطي فإن ٢٨% من الاختلاف في درجات الطلبة في مادة الرياضيات يرجع إلى الفروق بين الطلبة (المستوى الثاني)، مما يؤكد على أهمية أخذ خاصية التدرج (أو تعدد المستويات) البيانات في الاعتبار عند تحليلها، كما أن إضافة متغير الزمن (السنوات الدراسية) بالإضافة إلى متغيرات المستوى الثاني (نوع وعُمر الطلبة) إلى نموذج البيانات (نموذج النمو الخطي الشرطي) أدى إلى تحسن توفيق النموذج وتفسير 30% من التغير في متوسطات درجات الطلبة، وكذلك تفسير ٢٤% من التغير في معدل نمو/ تغير درجات الطلبة.

وعند مقارنة جودة توفيق نماذج النمو الأربعة باستخدام المقاييس: Model Deviance(D) وBIC وAIC، اتضح أن نموذج النمو غير الخطي هو أقل النماذج من حيث جودة التوفيق، حيث حقق أكبر القيم بالنسبة للمقاييس الثلاثة، كما أن جودة توفيق نموذج النمو تتحسن بإضافة متغيرات تفسيرية سواء على المستوى الأول أو الثاني وذات تأثير معنوي على المتغير التابع.

الكلمات الافتتاحية: البيانات الطولية ، نماذج النمو الفردية ، النمذجة متعددة المستويات

مقدمة:

خلال السنوات الماضية ظهرت العديد من النماذج الإحصائية التي تستخدم في قياس أداء الطلبة والمدارس مثل نماذج القيمة المضافة Value Added models والتي تعطي صورة عن مدى تقدم الطالب في التحصيل الدراسي مقارنة بالتقدم الذي حققه أقرانه ذوو نفس مستوى القدرة ومن نفس الخلفية (McCaffrey el al. 2004)، كذلك النماذج متعددة المستويات Multilevel Models والنماذج المتدرجة / الهرمية Hierarchical Models والتي تتعامل مع خاصية تعدد مستويات البيانات التربوية، حيث يمثل الطلبة المستوى الأول، والفصول تمثل المستوى الثاني، والمدارس تمثل المستوى الثالث، والمناطق التعليمية تمثل المستوى الرابع وهكذا، والمفردات الموجودة في أي مستوى من هذه المستويات تعتبر ذات تصميم عُشي/ متداخل Nested بالنسبة لمفردات المستوى الأعلى. وتهدف هذه النماذج بصفة عامة إلى شرح التغير في المتغير التابع (الأداء التحصيلي للطالب) باستخدام العديد من المتغيرات التفسيرية الخاصة بكل مستوى من مستويات البيانات ، كذلك تجزئة التباين إلى مكون خاص بكل مستوى للبيانات (Rasbash et al.,2009).

وتُعتبر نماذج النمو الفردية Individual Growth Models من النماذج الإحصائية حديثة الاستخدام في المجال التربوي (Betebenner ,2009) و(Andrew ،2015) ، حيث تستخدم على نطاق واسع في دراسة التغير الذي يحدث للأفراد عبر مرور الزمن من خلال تسجيل قياسات متكررة عند نقاط زمنية متتالية أو ما يسمى بالبيانات الطولية Longitudinal Data ، مثل تسجيل درجات الطلبة في الاختبار المقنن في إحدى المواد الدراسية بهدف دراسة مدى تحسن أو انخفاض الأداء التحصيلي للطلبة، وقياسات أمراض الضغط والسكر المتكررة للمرضى بهدف دراسة مدى تحسن صحة المرضى نتيجة العلاج بعقار معين ، وفي قياسات الوزن لبعض المواليد خلال فترات زمنية متتالية؛ لبيان مدى تناسب وزنهم مع أعمارهم ، وفي استطلاعات الرأي حول موضوع معين عند نقاط زمنية متتالية في مناطق جغرافية محددة.....إلخ.

وبالنظر إلى الامثلة السابقة نجد أن القياسات المسجلة للأفراد من خلال البيانات الطولية لها تصميم متداخل داخل الأفراد ويكون لدينا هيكل بيانات له مستويان : المستوى الأول ويمثله الاختلاف داخل قياسات كل فرد within individual والمستوى الثاني ويمثله الاختلاف بين الأفراد أنفسهم between individual ، وهنا يمكن بناء نموذج نمو ذي مستويين يشمل العديد من المتغيرات التي تقاس على المستويين الأول أو الثاني مثل : النوع – العمر – الحالة الاجتماعية للفرد – المستوى التعليمي للوالد / الوالدة..... وغيرها من المتغيرات التي يمكن أن تسهم في زيادة القوة التفسيرية للنموذج.

وكما يلاحظ في البيانات الطولية؛ فقد يكون لدينا هيكل مكون من ثلاثة أو أربعة مستويات؛ فمثلا نتائج عدد من طلبة المدارس في اختبارات إحدى المواد الدراسية لعدد من السنوات يمكن أن تمثل هذه الحالة، حيث إن الاختلاف بين درجات الطلبة يمثل المستوى الأول، والاختلاف بين الطلبة أنفسهم يمثل المستوى الثاني، والاختلاف بين مدارس الطلبة يمثل المستوى الثالث، وإذا كانت مدارس الطلبة تتبع مناطق تعليمية مختلفة فإن هذه المناطق

تمثل المستوى الرابع، وهكذا توجد العديد من أمثلة البيانات الطولية متعددة المستويات والتي يمكن دراسة تغيرها عبر الزمن من خلال بناء نموذج نمو ذي مستويات متعددة.

وتمتاز نماذج النمو الفردية – مقارنة بالنماذج التقليدية المستخدمة في تحليل البيانات الطولية مثل نموذج تحليل التباين للقياسات المتكررة ANOVA – بالعديد من المزايا مثل المرونة وتعطي للباحثين القدرة على الإجابة عن العديد من الأسئلة البحثية مثل: هل يوجد نمو/ تغير بالظاهرة محل الدراسة؟ وما شكل هذا النمو؟ وهل ينمو الأفراد بمعدلات مختلفة؟ وما متغيرات / خصائص الأفراد التي يمكن استخدامها في التنبؤ بالتغير في معالم النمو؟، وغالبا ما يشار إلى أنماط التغير داخل القياسات المتكررة للفرد على أنها مسارات الزمن Time Paths أو منحنيات النمو Growth Curves أو المسارات الكامنة Latent Trajectories ، وهذه المسارات تعتمد على مجموعة من الخصائص المتنوعة التي يمكن أن تختلف من فرد إلى آخر، وقد تكون هذه المسارات مستوية Flat – أي لا تظهر أي تغير خلال الزمن – أو تتزايد / تتناقص بانتظام خلال الزمن ، كما أنها تحدد الشكل الدالي لنمو الظاهرة (خطي او غير خطي) .(Bauer ,2007)

وقد تعددت مجالات استخدام نماذج النمو في دراسة تغير/ نمو الأفراد خلال الزمن. ففي المجال التربوي تعد دراسة (Singer,1998) من المراجع الأساسية لبيان كيفية استخدام برنامج SAS PROC MIXED في توفيق نماذج النمو الفردية والنماذج متعددة المستويات والنماذج المتدرجة ، وبالنسبة لنماذج النمو اعتمدت الدراسة على درجات مجموعة من الطلبة في إحدى المواد الدراسية لمدة أربع سنوات متتالية ، وتم توضيح خطوات استخدام برنامج SAS PROC MIXED في توفيق العديد من نماذج النمو سواء الشرطية أو غير الشرطية، ومقارنة جودة توفيق هذه النماذج واختبار العديد من الفروض الإحصائية. أما بالنسبة للنماذج الأخرى فاعتمدت الدراسة على بيانات ذات مستويين: الطالب يمثل المستوى الاول والمدرسة تمثل المستوى الثاني، وتم توفيق العديد من النماذج ذات المستويين، وبيان أثر إضافة متغيرات المستويين الأول والثاني على تقدير معالم النموذج وجودة التوفيق.

وفي دراسة(Goldschmidt et al. ,2012) تم مناقشة نموذج الاكتساب Gain Score Model والذي يعتبر أحد اشكال نماذج النمو، ولا يتعامل مع تعدد مستويات البيانات حيث يتم طرح درجة سابقة لكل طالب في اختبار مادة دراسية معينة من درجة حالية حصل عليها في اختبار آخر في نفس المادة الدراسية للحصول على درجة الاكتساب. مع مراعاة أن تكون الاختبارات قد تمت معادلتها والدرجات التي يتم التعامل معها هي درجات قياسية Scale Scores. ويتم حساب متوسط الاكتساب للمدرسة في هذه المادة بجمع درجات الاكتساب لجميع الطلبة وقسمة الناتج على عدد الطلبة. كذلك قام الباحثان بمقارنة العديد من نماذج النمو المختلفة والتي تزداد تعقيداً بتعدد مستويات البيانات وإضافة العديد من المتغيرات لكل مستوى.

في مجال الصحة البدنية Physical Health قام كل من (Chen and Cohen, 2006) باستخدام نماذج النمو الخطية في دراسة التغير في بيانات جودة الحياة QL خلال الزمن ، حيث تم تحليل التغير في الصحة البدنية من مرحلة المراهقة إلى مرحلة البلوغ كأحد جوانب جودة الحياة ، واعتمدت الدراسة على بيانات طولية مأخوذة من قياسات الصحة البدنية لعدد ٥٧٢ فرداً من المواليد بين عامي ١٩٦٥ و١٩٧٥، وتم مقابلة أفراد العينة ثلاث مرات

متتالية : في الفترة من ١٩٨٥-١٩٨٦ ومن ١٩٩١-١٩٩٤ ومن ٢٠٠٢ - ٢٠٠٤ ، وتم بناء نموذج النمو غير الشرطي ثم الشرطي ذي المستويين، بعد ذلك تم إضافة العديد من المتغيرات التفسيرية إلى النموذج، واستخدم الباحثان برنامج SAS PROC MIXED في توفيق هذه النماذج ومناقشة النتائج.

وفي مجال علم النفس لدى الاطفال قام كلٌ من(Delucia and Pitts,2006) باستخدام نماذج النمو الفردية في تحليل البيانات الطولية في عدة تطبيقات في هذا المجال، وهدفت هذه الدراسة إلى دراسة الآثار المتوقعة لمرض Spina Bifida على الطفل والتنمية الأسرية ، واعتمدت الدراسة على بيانات عينة عشوائية حجمها ١٣٥ طفلاً بمتوسط عمر (عند بداية الدراسة) ٨,٨٤ سنة، وتم مقابلة أفراد العينة ثلاث مرات متتالية تفصل بينها سنتان تقريبا ، وتم استخدام برنامج SAS PROC MIXED في توفيق نماذج النمو المقترحة ومقارنة نتائج تلك النماذج، وخلصت الدراسة إلى أن منحنيات النمو الخطية لحكم العاطفة الذاتية Emotional Autonomy تتغير كدالة في جنس الطفل ودرجة المرض Spina Bifida وتفاعلها مع خصائص الطفل الأخرى.

نموذج النمو الخطي غير الشرطي Unconditional Linear Growth Model

يتكون نموذج النمو من تأثيرات ثابتة وأخرى عشوائية Fixed and Random Effects والتي تعطي مجتمعة أفضل تحديد / وصف لمسارات تغير الفرد خلال الزمن ، وتعبّر التأثيرات الثابتة عن متوسط مسارات التغير لكل الأفراد داخل العينة محل الدراسة. أما التأثيرات العشوائية فتعبر عن تباين مسارات الفرد حول متوسطات هذه العينة. وعادة ما يتم البدء بدراسة النمو / التغير من خلال نموذج النمو الخطي غير الشرطي ذي المستويين، ويُعبر عن المستوى الأول من خلال نموذج نمو خطي يحتوي على متغير الزمن كمتغير تفسيري وحيد للمستوى الأول، ونموذج المستوى الثاني يعبر عن معالم نموذج النمو كتأثيرات عشوائية ليس لها علاقة بالمتغيرات التي تقاس على مستوى الفرد، وسوف يتم التعبير عن معالم المستوى الأول باستخدام π والتعبير عن معالم المستوى الثاني باستخدام β وبالتالي يمكن كتابة نماذج المستويين الأول والثاني كما يلي:(1998) Singer

$$Y_{ij} = \pi_{0j} + \pi_{1j} T_{ij} + e_{ij} \quad , \quad e_{ij} \sim N(0, \sigma^2) \qquad (1)$$

$$\pi_{0j} = \beta_{00} + u_{0j} \text{ ،}$$

$$\pi_{1j} = \beta_{10} + + u_{1j} \text{ ،} \qquad (2)$$

$$\begin{bmatrix} u_{0j} \\ u_{1j} \end{bmatrix} \sim N\left[\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \tau_{00} & \tau_{01} \\ \tau_{10} & \tau_{11} \end{pmatrix}\right].$$

والتعويض بـ (2) في (1) فإن نموذج النمو الخطي في شكله النهائي يكون كما يلى:

$$Y_{ij} = [\beta_{00} + \beta_{10} T_{ij}] + [u_{0j} + u_{1j} T_{ij} + e_{ij}] \qquad (٣)$$

حيث أن: Y_{ij}= المتغير التابع الذى يمثل استجابة الفرد i عند النقطة الزمنية j ، T_{ij} = متغير تفسيري يمثل النقاط الزمنية التي تم فيها تسجيل قياسات الفرد i . ويتكون النموذج (٣) من جزأين:

الجزء الأول: يحتوي على ثلاثة من المعالم / التأثيرات الثابتة: β_{00} وتمثل الجزء الثابت بالمعادلة Intercept ، β_{10} وهي معامل المتغير التفسيري T_{ij} وتعبر عن الميل أو معدل النمو.

الجزء الثاني: ويحتوي على ثلاثة من التأثيرات العشوائية وهي:

- أخطاء المستوى الثاني (تشمل u_{1j} و u_{0j}) وتعبر عن انحرافات مسارات نمو / تغير الفرد عن المتوسط المتنبأ به.
- الخطأ العشوائي للمستوى الاول (e_{ij}) ويعبر عن الجزء غير المُفسر في المتغير التابع للفرد i عند النقطة الزمنية j .

ويختلف النموذج (٣) عن نماذج الانحدار التقليدية في أنه يعتبر الجزء الثابت والميل كمعالم / تأثيرات عشوائية تتغير حسب وحدات المستوى الثاني ، كما أنه لا يحتوي على أية متغيرات تفسيرية تقاس على المستوى الثاني ، ويتم افتراض استقلال الخطأ العشوائي في المستوى الاول e_{ij} عن الأخطاء العشوائية في المستوى الثاني u_j . وبإعادة كتابة النموذج (٣) بدون متغير T_{ij} نحصل على ما يلي :(Hedeker and Gibbons,2006)

$$Y_{ij} = \beta_{00} + u_{0j} + e_{ij} \qquad (٤)$$

ويسمى النموذج (٤) بنموذج تحليل التباين ذي الاتجاه الواحد One Way ANOVA أو نموذج المتوسطات غير الشرطي Unconditional Means Model والذى يشمل المتوسط العام β_{00} والأخطاء العشوائية للمستويين الأول والثاني ولا يحتوى على أية متغيرات تفسيرية سواء للمستوى الاول أو الثاني. والهدف الرئيسي من دراسة نماذج النمو غير الشرطية – النموذجان (٣) و (٤) – هو معرفة هل يوجد اختلاف منتظم systematic variation في المتغير التابع يستحق الدراسة أم لا؟ وإذا كان هناك اختلاف فأين يقع؟ داخل قياسات الأفراد أم بين الأفراد، وما مقدار هذا الاختلاف في كل حالة؟. كما أن هذه النماذج تعتبر نقطة البداية لمعرفة مدى النجاح في بناء نماذج نمو أخرى متتالية، وذلك بإضافة متغيرات تفسيرية للمستوى الأول والثاني إلى هذه النماذج.

ويتم توفيق النموذج (4) للبيانات بهدف تقدير الجزء الثابت β_{00} والذي يعبر عن متوسط المتغير Y_{ij} في المجتمع، ونوعين من التأثيرات العشوائية τ_{00} وتعبر عن التغير في متوسطات الأفراد (المستوى الثاني)، σ^2 وتعبر عن التغير في القياسات داخل الأفراد (المستوى الأول). واعتماداً على فرض استقلال الأخطاء العشوائية في المستويين الأول والثاني نجد أن:

$$\text{Var}\,(Y_{ij}) = \tau_{00} + \sigma^2 \qquad (٥)$$

وبالتالي فإنه في حالة نماذج النمو الخطي (كما في حالة النماذج متعددة المستويات) التي لا تحتوى على متغيرات تفسيرية فإنه يمكن تقسيم التباين حسب مصدره إلى قسمين من خلال حساب معامل الارتباط داخل المجموعة Intraclass Correlation(θ): Rasbash et al (2009)

القسم الأول: يمثل نسبة التباين التي ترجع إلى وحدات المستوى الأول وتقاس كما يلي:

$$\theta_1 = \sigma^2 / (\tau_{00} + \sigma^2) \qquad (٦)$$

القسم الثاني: ويمثل نسبة التباين التي ترجع إلى وحدات المستوى الثاني وتقاس كما يلي:

$$\theta_2 = \tau_{00} / (\tau_{00} + \sigma^2) \qquad (٧)$$

($\beta's$) سهلة، وتقلل من الارتباط القوي بين متغيرات المستويين الأول والثاني والتفاعلات المتقاطعة بينهما، كما أنها تقلل من احتمال وقوع أخطاء رقمية في بعض طرق التقدير (Raudenbush et al ,2011) .

نموذج النمو غير الخطي Non- Linear Growth Model

يُعتبر تحديد الشكل الدالي الأمثل Optimal Functional Form لمسار النمو عبر الزمن خطوة أساسية عند بناء نموذج النمو وبالتالي التعبير عن قياسات الأفراد المتكررة كدالة في الزمن، وإذا لم يتم ذلك بشكل صحيح فإنه يؤدي إلى الحصول على نتائج متحيزة (Raudenbush and Bryk,2002) . وفي كثير من الحالات التطبيقية سواء في المجال التربوي أو الطبي أو السلوكي نجد أن الشكل الدالي الأمثل للنمو غير خطي وخاصة من الدرجة الثانية Quadratic أو الثالثة Cubic . ويمكن كتابة نموذج النمو من الدرجة الثانية بصورته العامة كما يلي: (Cudeck and Harring,2007)

نموذج المستوى الأول:

$$Y_{ij} = \pi_{0j} + \pi_{1j} T_{ij} + \pi_{2j} T_{ij}^2 + e_{ij} \quad , \quad e_{ij} \sim N(0, \sigma^2) \qquad (١١)$$

نموذج المستوى الثاني:

$$\begin{aligned} \pi_{0j} &= \beta_{00} + \textstyle\sum_{q=1}^{m} \beta_{0q} X_{qj} + u_{0j} \quad , \\ \pi_{1j} &= \beta_{10} + \textstyle\sum_{q=1}^{m} \beta_{1q} X_{qj} + u_{1j} \quad , \\ \pi_{2j} &= \beta_{20} + \textstyle\sum_{q=1}^{m} \beta_{2q} X_{qj} + u_{2j} \end{aligned} \qquad (١٢)$$

ويحتوي نموذج المستوى الأول (١١) على الزمن كمتغير تفسيري من الدرجة الاولي T_{ij} بالإضافة إلى مربع هذا المتغير T_{ij}^2 ، أما نموذج المستوى الثاني (١٢) فيحتوى على العديد من المتغيرات التفسيرية الخاصة بالمستوى الثاني، ويمكن الحصول على معدل النمو (GR Growth Rate) عند أية نقطة زمنية بأخذ الاشتقاق الأول للنموذج (١١) بالنسبة للزمن T كما يلي:

$$GR = \pi_{1j} + 2\pi_{2j} T_{ij} \qquad (13)$$

وفي هذا الجزء سوف نكتفي بنموذج النمو غير الشرطي، وفي هذه الحالة فان نموذج المستوي الاول (١١) سوف يظل بدون تغيير، أما معادلات نموذج المستوى الثاني فلن تشتمل على أية متغيرات أو تفسيرات وتصبح كما يلي:

$$\begin{aligned} \pi_{0j} &= \beta_{00} + u_{0j} \quad , \\ \pi_{1j} &= \beta_{10} + u_{1j} \quad , \\ \pi_{2j} &= \beta_{20} + u_{2j} \end{aligned} \qquad (١٤)$$

ولتوفيق نموذج النمو غير الخطى فإننا بحاجة إلى تقدير المعالم الثابتة وتشمل معاملات الانحدار بالإضافة إلى المعالم العشوائية وتشمل تباينات الأخطاء في المستويات المختلفة وتأخذ مصفوفة التباين – التغاير الشكل التالي:

$$\begin{pmatrix} \tau_{00} & \tau_{01} & \tau_{02} \\ \tau_{10} & \tau_{11} & \tau_{12} \\ \tau_{20} & \tau_{21} & \tau_{22} \end{pmatrix}$$

حيث تمثل عناصر القطر الرئيسي تباينات الأخطاء أما باقي عناصر المصفوفة فتمثل التغاير بين هذه الأخطاء.

وكلما ارتفعت قيمة الناتج في المعادلة (٧) كلما زادت أهمية أخذ المستوى الثاني في الاعتبار، وبالتالي زادت أهمية التحليل متعدد المستويات، وكلما انخفض ناتج المعادلة (7) أو أن تباين أخطاء المستوى الثاني غير معنوي إحصائيا فإن هناك تجانساً بين وحدات المستوى الثاني، وبالتالي لا حاجة إلى التحليل متعدد المستويات.

نموذج النمو الخطي الشرطي Conditional Linear Growth Model

يلاحظ في نموذج النمو (3) أنه يحتوي على متغير تفسيري واحد خاص بالمستوى الأول ولا يحتوي على أية متغيرات تفسيرية خاصة بالمستوى الثاني، ولكن في كثير من الحالات العملية قد يرغب الباحث في دراسة البيانات الطولية من خلال نماذج النمو التي تحتوي على متغيرات خاصة بالمستوى الثاني (الأفراد) مثل النوع، العمر، الوزن ....الخ. ويفرض أن البيانات محل الدراسة تحتوي على العديد من المتغيرات التفسيرية الخاصة بالمستوى الثاني، فإن النموذج (3) يصبح بعد إضافة هذه المتغيرات كما يلي:

نموذج المستوى الأول:

$$Y_{ij} = \pi_{0j} + \pi_{1j} T_{ij} + e_{ij} \quad , \quad e_{ij} \sim N(0, \sigma^2) \qquad (8)$$

نموذج المستوى الثاني:

$$\pi_{pj} = \beta_{p0} + \sum_{q=1}^{m} \beta_{pq} X_{qj} + u_{pj} \qquad , p = 0,1 \qquad (9)$$

وإذا كان لدينا متغير تفسيري واحد X_j للمستوى الثاني فإن النموذج (9) يصبح كما يلي:

$$\begin{aligned} \pi_{0j} &= \beta_{00} + \beta_{01} X_j + u_{0j} \ , \\ \pi_{1j} &= \beta_{10} + \beta_{11} X_j + u_{1j} \ , \\ \begin{bmatrix} u_{0j} \\ u_{1j} \end{bmatrix} &\sim N\left[\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \tau_{00} & \tau_{01} \\ \tau_{10} & \tau_{11} \end{pmatrix}\right] . \end{aligned} \qquad (10)$$

ويُطلق على المعادلتين (٨) و (٩) نموذج النمو الخطي الشرطي، ويمكن من خلال هذا النموذج معرفة إلى أي مدى تتغير معالم النموذج π_{0j} و π_{1j} كدالة في الفروق بين الأفراد (المستوى الثاني). وإذا احتوى نموذج النمو على بعض المتغيرات التفسيرية المتصلة Continuous (مثلا X_{ij}) فإنه يُفضل قبل توفيق نموذج البيانات أن يقوم الباحث بمركزة Centering هذه المتغيرات وذلك بطرح متوسط المتغير من كل قيم هذا المتغير، وفي نموذج النمو الخطي ذي المستويين يوجد خياران لذلك :

الأول : التمركز حول المتوسط العام $(\overline{X})$، حيث يتم طرح المتوسط العام للمتغير من كل قيمة من قيم هذا المتغير($X_{ij} - \overline{X}$).

الثاني : التمركز حول متوسط المجموعة (قياسات الفرد) $(\overline{X_j})$ ، حيث يتم طرح متوسط المجموعة من كل قيمة من قيم هذا المتغير $(X_{ij} - \overline{X_j})$.

وقد أوضح (Hofmann and Gavin ,1998) أن الاختيار بين الخيارين السابقين يعتمد على سؤال / أسئلة البحث. والفائدة الرئيسية من تمركز المتغيرات التفسيرية هي أنها تجعل تفسيرات التأثيرات الثابتة في النموذج

توفيق نماذج النمو Growth Models Fitting

يوجد مدخلان أساسيان لتوفيق نماذج النمو : النمذجة متعددة المستويات Multilevel Modeling(MLM) ونمذجة المعادلة الهيكلية / البنائية Structural Equation Modeling(SEM)، ويتشابه المدخلان في العديد من الخصائص ويعطيان نتائج رقمية متماثلة في الكثير من الحالات، ولكن في بعض الحالات الأخرى توجد فروق بينها، فمثلا في حالة تعدد مستويات البيانات يفضل استخدام مدخل MLM ، وفي المقابل يفضل استخدام مدخل SEM إذا كانت المتغيرات التفسيرية والتابعة معرضة لوجود خطأ في قياسها (Bauer and Curran,2003)، ونظرا لكثرة استخدام نماذج النمو الفردية في المجالات التطبيقية سواء التربوية أو الطبية أو السلوكية؛ فقد قام العديد من الباحثين بإعداد واستخدام بعض البرمجيات في توفيق هذه النماذج بالإضافة إلى النماذج متعددة المستويات MLM والنماذج الخطية المتدرجة HLM.

ويعد برنامج SAS PROC MIXED من أكثر البرامج استخداماً في توفيق نماذج النمو الفردية للبيانات الطولية اعتماداً على تقديرات الإمكان الأعظم ، حيث يسمح بمعاملة معالم النمو لكل فرد كتأثيرات عشوائية في النموذج ، وقد استخدمه الكثير من الباحثين في توفيق النماذج متعددة المستويات ونماذج النمو الفردية في المجالات المختلفة مثل Singer (1998) و(Singer and Willett ,2003) و Delucia and Pitts (2006) و (McNeish, 2017) .

كذلك قام بعض الباحثين باستخدام برنامج R لتوفيق نماذج النمو الفردية الخطية وغير الخطية مثل (Bliese and Halverson, 2002). و Bliese and Jex ,2002) أيضا يمكن استخدام البرنامج S- PLUS و S لتوفيق نماذج النمو المختلفة . Pinheiro and Bates(2000)

ونظرا لتعدد مستويات البيانات محل الدراسة فإنه سيتم اتباع مدخل النمذجة متعددة المستوياتMLM واستخدام البرنامج HLM7 في توفيق نماذج النمو للبيانات محل الدراسة Raudenbush et al (2011) ، حيث لا يحتاج هذا البرنامج إلى كتابة الكثير من الأوامر Syntax بخلاف البرامج الأخرى مثل الـ SAS . ويقوم هذا البرنامج بتقدير معاملات المستوى الأول التي تتغير عشوائيا باستخدام مدخل بيز التجريبي empirical Bayes approach ومعاملات المستوى الثاني باستخدام المربعات الصغرى المعممة generalized least squares ، أما مكونات التباين والتغاير فيتم تقديرها باستخدام مدخل الإمكان الأعظم maximum likelihood approach ، واعتماداً على مخرجات برنامج HLM7 يمكن قياس جودة توفيق نموذج النمو باستخدام العديد من المقاييس مثل : Model Deviance(D) و Bayesian Information criterion(BIC) و Akaike Information criterion(AIC) و $pseudo\ R^2$. وتعرف الإحصاء Deviance(D) على أنها : (O'Connell and McCoach, 2008)

$$D = -2 \log(L) \qquad (١٥)$$

حيث أن L تمثل قيمة الإمكان likelihood عند الحصول على تقديرات الإمكان الأعظم لمعالم النموذج ، وبصفة عامة فإن النماذج التي لها قيمة (D) أقل تكون جودة توفيقها أفضل من النماذج التي لها قيمة (D) أكبر.
ويمكن استخدام الإحصاء (D) في مقارنة جودة توفيق نموذجين متداخلين Nested (أي يمكن اشتقاق أحد النموذجين بحذف بعض المعالم أو المتغيرات من النموذج الآخر) ، فبفرض أن D_1 و D_2 تمثل إحصاء Deviance للنموذجين فإن الفرق بينهما ($D_1 - D_2$) يتبع توزيع χ^2 بدرجات حرية تساوى الفرق بين عدد المعالم المقدرة في النموذجين. واعتمادا على قيمة الإحصاء (D) يمكن حساب باقي مقاييس جودة توفيق النموذج كما يلي:

$$BIC = D + p \log(N) \quad (١٦)$$

$$AIC = D + 2p \quad (١٧)$$

وحيث أن N تمثل حجم العينة و p تمثل عدد المعالم في النموذج، وفي النماذج المتدرجة يوجد حجم عينة مختلف عند كل مستوى من تدرج البيانات، لذلك اقترح (Luke,2005) استخدام حجم العينة في المستوى الأول عند حساب قيمة الإحصاء BIC. وكلما قلت قيمة الإحصاء BIC أو AIC كلما كانت جودة توفيق النموذج أفضل، ويمتاز استخدام المقياسينBIC وAIC – مقارنة بالمقاييس الأخرى – بإمكانية استخدامهما في مقارنة جودة توفيق النماذج غير المتداخلة Non-nested ، أما بالنسبة للإحصاء pseudo R^2 فتعتمد على فكرة قياس نسبة التباين في المتغير التابع التي تم تفسيرها من خلال المتغيرات التفسيرية في النموذج، ولكن المشكلة في النماذج المتدرجة وجود تباين عند كل مستوى من مستويات تدرج البيانات مما قد يؤدي – في بعض الحالات – إلى نتائج خاطئة مثل إعطاء قيم سالبة لـ pseudo R^2 ، ولحل هذه المشكلة تم اقتراح أكثر من صيغة لحساب التباين المُفسر في كل مستوى من مستويات تدرج البيانات. وللمزيد من التفاصيل الفنية في هذا الموضوع يمكن الرجوع إلى Singer (1998) و (Raudenbush and Bryk,2002) و Snijders (2005)

عينة الدراسة.

لتحليل بيانات القياسات المتكررة باستخدام نماذج النمو يجب ألا يقل حجم العينة المختارة عن ١٠٠ مفردة، كما يفضل أن يكون عدد القياسات المسجلة لكل فرد ثلاثة فأكثر، حيث يؤثر ذلك على تقدير معالم النموذج والقوة الإحصائية له Hedeker and Gibbons (2006) .

وقد تم اختيار عينة عشوائية حجمها ٢٠% (٨٧٦ طالب وطالبة) من إجمالي طلبة الصف السادس بالمدارس الحكومية بدولة قطر (٤٣٧٩ طالب في العام ٢٠١٠/٢٠١١ ، موزعين على ٤٨ مدرسة)، و ذلك باستخدام الرقم الشخصي(ID) لكل طالب ومن خلال برنامج SPSS ، وتم تسجيل نتائج هؤلاء الطلبة في اختبار مادة الرياضيات (الدرجة النهائية في هذه المادة ١٠٠ درجة) بدءاً من العام الدراسي ٢٠١٠/٢٠١١ ، وتم تتبع نتائج هؤلاء الطلبة في هذه المادة لمدة ثلاث سنوات تالية ، أي الأعوام ٢٠١١/٢٠١٢ و ٢٠١٢/٢٠١٣ و ٢٠١٣/٢٠١٤ ، كما تم حذف حالات الطلبة الذين ليس لهم سجل درجات كامل لمدة الأربع سنوات بسبب مغادرتهم الدولة أو تركهم التعليم،

وقد بلغ عدد هذه الحالات ٤٧ وبالتالي فان عينة البحث تتكون من نتائج ٨٢٩ طالباً في مادة الرياضيات لمدة أربعة أعوام متتالية ، وتتعدد متغيرات عينة الدراسة حيث تشمل :

- نتائج الطلبة في مادة الرياضيات ويمثلها المتغير التابع Y_{ij}.
- السنوات التي سُجلت فيها نتائج الطلبة، ويمثلها المتغير التفسيري T_{ij} ويأخذ القيم ٠ و١ و٢ و٣ للتعبير عن الأعوام الدراسية من ٢٠١٠/٢٠١١ حتى العام ٢٠١٣/٢٠١٤.
- النوع Gender: بلغ عدد الطلاب في العينة ٤٣١ بنسبة مئوية ٥٢ % وعدد الطالبات ٣٩٨ بنسبة مئوية ٤٨%، وتم تكويد هذا المتغير (ذكر =١ وأنثي =٠)
- العمر بالسنوات Age: حيث تراوحت قيم هذا المتغير بين ١١,٤ و١٥,٧ ومتوسط يساوى ١٣,١ سنة.

نتائج توفيق نماذج النمو ومناقشتها

في هذا الجزء سوف يتم توفيق نماذج نمو مختلفة للبيانات محل الدراسة بهدف تحليل الأداء التحصيلي للطلبة في مادة الرياضيات، وحيث أن كل طالب في العينة له سجل درجات كامل خلال الأربع سنوات محل الدراسة؛ فإن بيانات الدراسة تعتبر متوازنة Balanced وهذا له أثر إيجابي علي تقدير معالم نماذج النمو الفردية، حيث أوضح Singer(1998) أنه إذا كانت البيانات محل الدراسة غير متوازنة أو بها قيم مفقودة أو بها درجة عالية من الارتباط الخطي بين المتغيرات فإن ذلك سوف يؤثر سلباً على توفيق نماذج النمو.

نموذج المتوسطات غير الشرطي

سوف يتم البدء بتوفيق نموذج المتوسطات غير الشرطي والموضح بالمعادلة (٤) وذلك بهدف تجزئة الاختلاف في درجات الطلبة في مادة الرياضيات (Y) إلى قسمين:

الأول: الاختلاف بين الطلبة أنفسهم بغض النظر عن متغير الزمن ويُعبر عنه بالمعلمة τ_{00}

الثاني: الاختلاف داخل درجات الطلبة عبر الزمن ويعبر عنه بالمعلمة σ^2.

ولتوفيق النموذج (٤) فإننا بحاجة إلى تقدير نوعين من المعالم: المعلمة الثابتة ويمثلها معامل الانحدار β_{00} والمعالم العشوائية وتشمل تباينات أخطاء المستويين الأول والثاني (σ^2 و τ_{00}). *جدول(١)*

واعتمادا على مخرجات برنامج HLM7 فإن الجدول (١) يعرض نتائج توفيق نموذج المتوسطات غير الشرطي حيث يلاحظ أن : β_{00} = ٧٧,٥٢ وتمثل المتوسط العام لدرجات الطلبة خلال سنوات الدراسة ، $\tau_{00}=16.55$ وتمثل التباين بين الطلبة، σ^2 = ٤٢,٠٥ وتمثل التباين داخل الطلبة ، كما ان المعالم العشوائية (σ^2 و τ_{00}) دالة إحصائياً أي أنها تختلف معنوياً عن الصفر(٠) ، وتدل هذه التقديرات على أن الطلبة تختلف في متوسطات درجاتهم في مادة الرياضيات حيث توجد درجة أكبر من الاختلاف داخل الطلبة (التباين داخل الطلبة أكبر من ضعف التباين بين الطلبة) ، وأيضا يمكن دراسة الاختلاف في المتغير التابع(Y) من خلال حساب المعامل (Θ) والموضح في المعادلة (٧) كما يلي :

$$\hat{\theta} = 16.55/(16.55+42.05)= 0.282$$

وهذا يدل على أن ٢٨% تقريباً من الاختلاف في درجات الطلبة في مادة الرياضيات يرجع إلى الفروق بين الطلبة (المستوى الثاني) مما يؤكد أهمية أخذ خاصية التدرج (أو تعدد المستويات) في الاعتبار عند تحليل مثل هذه البيانات، وهنا تبرز أهمية الحاجة إلى البحث عن وإضافة متغيرات تفسيرية خاصة بالمستويين الأول والثاني إلى نموذج النمو، وذلك لتفسير هذا الاختلاف داخل وبين درجات الطلبة.

نموذج النمو الخطى غير الشرطي

تمت مناقشة هذا النموذج في الجزء (٢) حيث تمثل درجات الطلبة المستوى الأول، أما الطلبة فيمثلون المستوى الثاني، ويتم التعبير عن معالم نموذج المستوى الأول كدالة في التغير بين وحدات المستوى الثاني ، ويحتوى هذا النموذج على المتغير التابع Y_{ij} ، ومتغير تفسيري وحيد T_{ij} مُقاس على المستوى الأول ويمثل السنة j التي سُجلت فيها درجات الطالب i. ولتوفيق النموذج (٣) فإننا بحاجة إلى تقدير معاملات الانحدار (β_{00} و β_{10}) وتباينات أخطاء المستويين الأول والثاني (σ^2 و τ_{00} و τ_{11}) والتغاير τ_{01}. *جدول(٢)*

في الجدول (٢) نجد أن تقديرات المعالم الثابتة ودلالتها كما يلي: β_{00} = ٧٧,٥٨ وتمثل متوسط درجات الطلبة خلال سنوات الدراسة intercept *average* (أي قيمة المتغير التابع Y عند *T =0*) ، β_{10} =٣,٦٢ وتمثل متوسط معدل التغير/النمو average slope ، وهذا يعنى – في المتوسط – أن الطالب الذى حصل على ٧٨ درجة تقريباً بمادة الرياضيات في البداية (العام الدراسي ٢٠١٠/٢٠١١) حقق زيادة قدرها ٤ درجات تقريبا في كل مرة اختبار لاحقة. ويلاحظ صغر الأخطاء المعيارية لتقديرات هذه المعالم مما يؤدى إلى كبر T-ratio وبالتالي صغر قيمة P-value .

أما بالنسبة للمعالم العشوائية فنجد أن σ^2 = ٣٤,١٧ وتمثل تباين أخطاء المستوى الأول، حيث يلاحظ حدوث انخفاض في قيمتها مقارنة بنموذج المتوسطات غير الشرطي بمقدار:

(42.05-34.17)/42.05 = 0.187

وهذا يعنى أن 19% تقريباً من الاختلاف داخل درجات الطلبة في مادة الرياضيات تم تفسيره نتيجة إضافة متغير الزمن بصورته الخطية إلى نموذج النمو غير الشرطي. ويمكن كتابة مصفوفة التباين – التغاير كما يلي:

$$\begin{pmatrix} \hat{\tau}_{00} & \hat{\tau}_{01} \\ \hat{\tau}_{10} & \hat{\tau}_{11} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 16.32 & -0.027 \\ -0.027 & 0.88 \end{pmatrix}$$

وتمثل عناصر القطر الرئيسي في هذه المصفوفة تقديرات للتباينات τ_{00} و τ_{11} ، حيث إن τ_{00}=١٦,٣٢ وتعبر عن التغير في متوسطات درجات الطلبة intercepts، τ_{11} = ٠,٨٨ وتعبر عن التغير في معدل النمو /التغير Slopes، τ_{01} = – ٠,٠٢٧ وتعبر عن التغاير بين متوسطات درجات الطلبة ومعدلات النمو. وبالإضافة إلى تقديرات معالم النموذج فإن الجدول (٢) يعرض الأخطاء المعيارية لتقديرات هذه المعالم؛ مما يمكننا من اختبار المعنوية الإحصائية لها. وبالنظر إلى قيم عمود P-value فإننا نرفض الفرض القائل بأن معالم نموذج النمو في المجتمع تساوى الصفر(0) ، ويلاحظ أن معنوية تقدير المعلمة τ_{00} يدل على اختلاف الطلبة في مستويات درجاتهم في مادة الرياضيات ، كما ان معنوية تقدير المعلمة τ_{11} تدل على اختلاف الطلبة في معدل تغير / نمو درجاتهم في هذه المادة.

نموذج النمو الخطى الشرطي

بعد توفيق نموذج النمو الخطى غير الشرطي السابق والذي أظهرت نتائجه وجود اختلاف في كل من متوسط الدرجات ومعدل التغير / النمو بين الطلبة فإننا سوف نقوم بإضافة بعض متغيرات المستوى الثاني الي النموذج لبيان ما إذا كان هذا الاختلاف مرتبطاً بهذه المتغيرات أم لا، وذلك من خلال نموذج النمو الخطي الشرطي السابق مناقشته في الجزء (٣)، حيث يظل نموذج المستوى الأول بدون تغير كما بالمعادلة (٨)، أما نموذج المستوى الثاني(الطلبة) فيكون كما يلى:

$$\pi_{0j} = \beta_{00} + \beta_{01} X_{1j} + \beta_{02} (X_{2j} - \overline{X}) + u_{0j} \quad ,$$
$$\pi_{1j} = \beta_{10} + \beta_{11} X_{1j} + \beta_{12} (X_{2j} - \overline{X}) + u_{1j} \qquad (١٨)$$

في النموذج (١٨) تم إضافة متغيرين تفسيريين هما: X_1 ويمثل النوع (ذكر ، انثي)، X_2 ويمثل عمر الطالب، وحيث أن X_2 متغير مستمر فإنه يتم مركزة هذا المتغير حول متوسطه العام بطرح المتوسط العام للمتغير *(13.1)* من كل قيمة من قيم هذا المتغير وذلك قبل توفيق النموذج وتقدير معالمه. *جدول(٣)*

يتضح الجدول (3) معنوية كل تقديرات معاملات المتغيرات التفسيرية والتفاعلات بينها ما عدا متغير النوع (حيث يلاحظ كبر الخطأ المعياري مقارنة بقيمة معامل المتغير نفسه)، كذلك حدوث تغير طفيف في قيم المعاملات β_{00} و β_{10} مقارنة بتقديراتها في نموذج النمو غير الشرطي الموضح في الجدول (٢) ويرجع ذلك إلى مركزة متغير المستوى الثاني (العمر) حول متوسطه العام.

ويلاحظ أن متغير عمر الطالب له تأثير على معدل نمو درجاته حيث إن: $\beta_{02} = 0.46$ تدل على أن الطالب الذى يتغير عمره بمقدار سنة واحدة يؤدى إلى تغير نمو درجاته بمقدار ٠,٤٦ نقطة، وهكذا يمكن تفسير قيم تقديرات معاملات تفاعل المتغيرات التفسيرية.

واعتماداً على تقديرات التباينات $\hat{\tau}_{00}$ و $\hat{\tau}_{11}$ و $\hat{\tau}_{01}$ فيمكن كتابة مصفوفة التباين – التغاير كما يلي :

$$\begin{pmatrix} \hat{\tau}_{00} & \hat{\tau}_{01} \\ \hat{\tau}_{10} & \hat{\tau}_{11} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 11.35 & -0.021 \\ -0.021 & 0.67 \end{pmatrix}$$

وبمقارنة هذه التقديرات بمثيلاتها في نموذج النمو غير الشرطي يلاحظ ما يلي:

- حدوث انخفاض في تباين متوسطات درجات الطلبة وذلك بمقدار:

(16.31-11.35)/ 16.31 = 0.304

- حدوث انخفاض في تباين معدل التغير / النمو للطلبة وذلك بمقدار: 0.24= 0.88 /(0.67-0.88)

وهذا يعني أن اضافة متغير عمر الطلبة – بالإضافة إلى التفاعلات بين المتغيرات التفسيرية – أدى إلى تحسن توفيق نموذج البيانات وأنها مسئولة عن تفسير *30*% من التغير في متوسطات درجات الطلبة ، وكذلك تفسير ٢٤% من التغير في معدل نمو / تغير درجات الطلبة . أما بالنسبة لتباين أخطاء المستوى الأول σ^2 فقد ظلت تقريبا بدون تغير.

نموذج النمو غير الخطى

امتداداً لتحليل البيانات محل الدراسة سوف يتم توفيق نموذج النمو من الدرجة الثانية غير الشرطي لبيان ما إذا كان تغير درجات الطلبة (النمو) في مادة الرياضيات خلال سنوات الدراسة (الزمن) يتبع الصيغة الخطية أم التربيعية، حيث يأخذ الشكل الدالي الأمثل للنمو الصيغة غير الخطية في كثير من الحالات التطبيقية . ولتوفيق نموذج النمو التربيعي المكون من المعادلات (١١) و (١٤) فإننا بحاجة إلى تقدير المعالم الثانية β_{00} و β_{10} و β_{20} بالإضافة إلى المعالم العشوائية والتي تشمل تباينات الأخطاء في المستوى الاول (داخل الطلبة) والمستوي الثاني (بين الطلبة). جدول(٤)

يعرض الجدول (٤) تقديرات المعالم الثابتة في نموذج النمو التربيعي، حيث يتضح معنوياتها ماعدا المعلمة β_{12} والخاصة بمربع متغير الزمن T^2 وهذا يدل على أن الصيغة التربيعية غير مناسبة لمعدل النمو في البيانات محل الدراسة وأن الصيغة الخطية هي الأنسب. واعتماداً على مخرجات برنامج *HLM7* يمكن كتابة مصفوفة التباين – التغاير المقدرة كما يلي:

$$= \begin{pmatrix} \hat{\tau}_{00} & \hat{\tau}_{01} & \hat{\tau}_{02} \\ \hat{\tau}_{10} & \hat{\tau}_{11} & \hat{\tau}_{12} \\ \hat{\tau}_{20} & \hat{\tau}_{21} & \hat{\tau}_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 18.03 & -2.058 & -1.771 \\ -2.058 & 0.91 & 0.455 \\ -1.771 & 0.455 & 0.41 \end{pmatrix}$$

ويلاحظ حدوث ارتفاع في تقديرات معالم تباينات الأخطاء $\hat{\tau}_{00}$ و $\hat{\tau}_{11}$ مقارنة بمثيلاتها في نموذج النمو الخطى غير الشرطي الواردة بجدول(٢) ، كذلك يتبين عدم معنوية المعلمة τ_{22} والتي تمثل تباين ميل مربع متغير الزمن *quadratic slope* وبالتالي يمكن استنتاج أن الصيغة التربيعية لم تؤد إلى تحسن في توفيق البيانات ، أما بالنسبة لتباين أخطاء المستوى الأول σ^2 فقد حدث بها ارتفاع طفيف مقارنة بنموذج النمو الخطى غير الشرطي.

مقارنة جودة توفيق نماذج النمو

في الأجزاء السابقة تم دراسة البيانات محل الدراسة من خلال توفيق أربعة نماذج نمو مختلفة وهي:

- نموذج المتوسطات غير الشرطي (I) الذي لا يحتوي على أي متغيرات تفسيرية والموضح بالمعادلة (٤).
- نموذج النمو الخطي غير الشرطي(II) ويحتوى على متغير الزمن كمتغير تفسيري وحيد مقاس على المستوى الاول والموضح بالمعادلة (٣).
- نموذج النمو الخطي الشرطي(III) والذي يحتوي على متغيرات تفسيرية مُقاسة على المستوى الثاني والموضح بالمعادلتين (٨) و(٩).
- نموذج النمو غير الخطى من الدرجة الثانية (IV) والموضح بالمعادلتين (١١) و(١٤).

واعتماداً على مخرجات برنامج HLM7 سوف يتم مقارنة جودة توفيق الأربعة نماذج السابقة باستخدام ثلاثة مقاييس سبق مناقشتها في الجزء (٥). جدول(٥)

يتضح من جدول (٥) أن نموذج النمو غير الخطى هو أقل النماذج من حيث جودة التوفيق؛ حيث حقق أكبر القيم بالنسبة للمقاييس الثلاثة، وهو ما يتوافق مع النتائج الواردة بجدول (٤) مما يؤكد أن الصيغة التربيعية لا تناسب البيانات محل الدراسة، حيث تزداد جودة توفيق النماذج كلما قلت قيم هذه المقاييس الثلاثة. كما يلاحظ أن جودة

توفيق نموذج النمو تتحسن بإضافة متغيرات تفسيرية سواء على المستوى الأول أو الثاني، حيث إن توفيق النموذج(II) أفضل من نموذج (I) بسبب احتوائه على متغير الزمن كما أن نموذج النمو (III) أفضل من النموذجين (I) و (II) لاحتوائه على متغيرات تفسيرية خاصة بالمستوى الأول والثاني.

المراجع

- Andrew J. M. ,2015. Growth Approaches to Academic Development: Growth Goals, Mindsets, Assessment, and Reporting. British Journal of Educational Psychology, 85(2):133-137.
- Bauer, D and Curran, P., 2003. Distributional assumptions of growth mixture models: Implications for over-extraction of latent trajectory classes. Psychological Methods. 8:338–363.
- Bauer, D. ,2007. Observations on the use of growth mixture models in psychological research. Multivariate Behavioral Research. 42:757–786.
- Betebenner, D. (2009). Norm- and criterion-referenced student growth. Educational Measurement: Issues and Practice, 28(4), 42-51.
- Bliese, P. D. and Jex, S. M. 2002. Incorporating a multilevel perspective into occupational stress research: Theoretical, methodological, and practical implications. Journal of Occupational Health Psychology, 7(3): 265-276.
- Bliese, P. D., and Halverson, R. R. 2002. Using random group resampling in multilevel research An example of the buffering effects of leadership climate. Leadership Quarterly, 13(1): 53-68.
- Chen, H., and Cohen, P. 2006. Using individual growth model to analyze the change in quality of life from adolescence to adulthood. Health and Quality of Life Outcomes, 4: 10. http://doi.org/10.1186/1477-7525-4-10.
- Cudeck, R and Harring, JR. ,2007. Analysis of nonlinear patterns of change with random coefficient models. Annual Review of Psychology, 58:615–637
- Delucia C. and Pitts S. 2006. Applications of Individual Growth Curve Modeling for Pediatric Psychology Research. Journal of Pediatric Psychology, 31 (10): 1002-1023
- Goldschmidt, P., Choi, K., and Beaudoin, P. 2012. *Growth model comparison study: Practical implications of alternative models for evaluating school performance*. Council of Chief State School Officers, Washington, DC.
- Hedeker D. and Gibbons R.,2006. Longitudinal data analysis. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Hesser H. 2015. Modeling individual differences in randomized experiments using growth models: Recommendations for design, statistical analysis and reporting of results of internet interventions" Internet Interventions 2(2): 110–120.

- Hofmann, A. and Gavin, M. 1998. Centering decisions in hierarchical linear models: Theoretical and methodological implications for research in organizations. Journal of Management, 24(5): 623-641.
- McCaffrey, F., Lockwood, R., Koretz, D., Louis, A., and Hamilton, L. 2004. Models for value-added modeling of teacher effects. Journal of Educational and Behavioral Statistics, 29(1): 67-101.
- McNeish, D..2017 Fitting Residual Error Structures for Growth Models in SAS PROC MCMC" Educational and Psychological Measurement , 77 (4): 587-612.
- Mehta PD, Neale MC. And Flay BR.,2004. Squeezing interval change from ordinal panel data: Latent growth curves with ordinal outcomes. Psychological Methods. 9(3):301–333.
- O'Connell A. and McCoach D.2008. Multilevel modeling of educational data. Information Age Publishing,
- Pinheiro, J. and Bates, D. 2000. Mixed-effects models in S and S- PLUS. Springer-Verlag, New York, Inc.
- Rasbash, J. , Steele, F. , Browne, W. and Goldstein, H. 2009, *A User□s Guide to MLwiN*, v2. 10. Centre for Multilevel Modeling , University of Bristol.
- Raudenbush S. and Bryk A.2002. Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods, (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE.
- Raudenbush S., Bryk A., Cheong Y, Congdon R, and Toit M ,2011. HLM 7: Hierarchical linear and nonlinear modeling. Lincolnwood, IL: Scientific Software International,
- Singer ,J.D. and Willett, J.B. (2005). Applied Longitudinal Data Analysis: Modeling Change and Event Occurrence . Oxford University Press, New York.
- Singer, J. D., 1998. Using SAS PROC MIXED to fit multilevel models, hierarchical models, and individual growth models. Journal of Educational and Behavioral Statistics, 24(4):323–355.
- Snijders T.20٠5. Power and Sample Size in Multilevel Linear Models. John Wiley & Sons, Inc.

الجداول

جدول(١): نتائج توفيق نموذج المتوسطات غير الشرطي

Fixed Effects	*Estimate*	*Standard Error*	*T-ratio*	*P-value*
β_{00}	٧٦.٥٢	*1.27*	*61.04*	*0.0001*
Random Effects	***Standard Deviation***	***Variance Component***	***Chi-square***	***P-value***
Intercept , u_0	٤,٠٧	*16.55*	٣٧٤,٢١	*0.000*
Level-1 , e	٦,٤٨	٤٢,٠٥		

جدول(٢): نتائج توفيق نموذج النمو الخطي غير الشرطي

Fixed Effects	Estimate	Standard Error	T-ratio	P-value
Intercept , β_{00}	77.58	1.23	63.07	0.0001
Time, β_{10}	3.62	0.15	24.13	0.0001
Random Effects	**Standard Deviation**	**Variance Component**	**Chi-square**	**P-value**
Intercept , u_0	4.04	١٦,٣٢	341.91	0.000
Time slope , u_1	0.94	0.88	385.66	0.000
Level-1 , e	5.85	٣4.1٧		

جدول(٣): نتائج توفيق نموذج النمو الخطي الشرطي

Fixed Effects	Estimate	Standard Error	T-ratio	P-value
INTERCEPT, β_{00}	٧٧,٥٩	١,٢٧	٦١,٠٩	0.0001
GENDER , β_{01}	٠,١٣	٠,١٩	٠.٦٨	٠,٥٣٣١
AGE , β_{02}	٠,٤٦	٠,٠7	٦,٥٧	0.00٢٢
Time , β_{10}	٣,٦٤	٠,١٩	١٩,١٦	0.0001
GENDER*TIME , β_{11}	١,٩٤	٠,١٥	١٢,٩٣	٠,٠٠٨٥
AGE*TIME , β_{12}	0.53	٠,14	3.79	0.00٤١
Random Effects	**Standard Deviation**	**Variance Component**	**Chi-square**	**P-value**
Intercept , u_0	٣,37	١١,٣٥	34٤.٢٧	0.000
Slope , u_1	0.٨٢	0.٦٧	٣٧٢,٦٦	0.000
Level-1 , e	5.84	34.١٤		