





# نماذج إحصائية خطية تطبيقية

انحدار، تحليل تباين وتصاميم تجريبية

## الجزء الثاني (تحليل تباين وتصاميم تجريبية)

تأليف

ميخائيل كتر  
جامعة اموري

ويليام وازرمان  
جامعة سيراكاس

جون نتر  
جامعة جورجيا

ترجمة

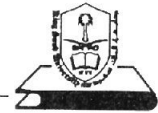
أ.د. أنيس إسماعيل كنجو      أ.د. عبد الحميد عبد الله الزيد

د. إبراهيم بن عبد العزيز الواصل      د. الحسيني عبد البر راضي

قسم الإحصاء وبحوث العمليات - كلية العلوم - جامعة الملك سعود

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب. ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية



ح) جامعة الملك سعود، ١٤٢١هـ (٢٠٠٠م)

هذه ترجمة عربية مصرح بها لكتاب:

*Applied Linear Statistical Models: Regression, Analysis of Variance and Experimental Designs (Third Edition)*

By: John Neter, William Wasserman & Michael Kutner

© 1990, Richard D. Irwin, Inc.

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

نتر، جون

نماذج إحصائية خطية تطبيقية: الحدار، تحليل تباين وتصاميم تجريبية: الجزء الثاني (تحليل تباين وتصاميم تجريبية)/جون نتر، وليام وازرمان وميخائيل كتنر؛ ترجمة أنيس اسماعيل كنجو [وآخرون] - الرياض

٨٩٨ ص: ١٧ سم × ٢٥ سم

ردمك ٩-١٣٧-٣٧-٩٩٦٠ (مجموعة)

٧-١٣٨-٣٧-٩٩٦٠ (ج٢)

(الجزء الثاني: تحليل تباين وتصاميم تجريبية)

١- الجبر الخطي ٢- المعادلات الخطية ٣- الاحصاء الرياضي

أ- وازرمان، وليام (م. مشارك) ب- كتنر، ميخائيل (م. مشارك) ج- كنجو، أنيس اسماعيل (مترجم)

د- العنوان

ديوي ٥١٢,٥ ٢١/١٠٦٥

رقم الإيداع: ٢١/١٠٦٥

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره في اجتماعه الثالث عشر للعام الدراسي ١٤١٦/١٤١٧هـ المقفود بتاريخ ١٢/١١/١٤١٦هـ الموافق ٣١/٣/١٩٩٦م.

جامعة الملك سعود ١٤٢١هـ

## مقدمة المترجمين

الحمد لله وحده والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، سيدنا محمد بن عبد الله الهادي الأمين والمرسل بلسان عربي مبين، وبعد فقد وقع اختيارنا على كتاب نماذج إحصائية خطية تطبيقية لأسباب عدة نوجزها فيما يلي:

١ - يتطرق الكتاب لتشكيلة واسعة من التطبيقات الإحصائية تتناول بصورة شاملة تقريبا تحليل الانحدار وأهم ما يحتاجه الباحث والدارس من تطبيقات تحليل التباين وتصميم التجارب، ويعرج في هذه الرحلة الطويلة في دنيا الطرائقية الإحصائية على بعض من تطبيقات السلاسل الزمنية والإحصاء اللامعلمي.

٢ - يتميز الكتاب بعرض واضح وميسر لأساسيات الطرق الإحصائية، وللمفاهيم الرئيسية التي تشكل خلفيتها النظرية، مما يرفع بشكل ملحوظ من قدرة الدارس على التطبيق السليم، وتجنب الشطط والاستخدام المضلل للإحصاء، ويعينه على فهم النتائج التي يحصل عليها، وتفسيرها تفسيراً صحيحاً، وعرضها بدقة وإحكام، وكان ذلك ثمرة تعاون ثلاثة مؤلفين ممن برعوا في مجال الإحصاء التطبيقي بالإضافة إلى خبرة عدد وافر من المراجعين، وحصيلة سنوات طويلة من الخبرة الميدانية الواسعة.

٣ - يتميز الكتاب بتشكيلة فريدة من المسائل الميدانية المأخوذة، من تطبيقات واقعية في مجالات شتى، شملت العلوم الاجتماعية والأحيائية وعلوم الإدارة والاقتصاد والصناعة وغيرها، وهو بما يحتويه من الأمثلة والمسائل والتمارين والمشاريع والبيانات الإحصائية الواقعية، يشكل من حيث الكم والكيف مرجعاً لا غنى عنه لقاعدة واسعة من الباحثين والدارسين والمستفيدين.

٤ - وإلى جانب شمولية العرض يتميز الكتاب بجداثة العرض، وإذا خرجت آخر طبعة للكتاب، وهي الطبعة الثالثة، في التسعينات فقد احتوت عدداً من التقنيات الحديثة التي ظهرت للمرة الأولى في السبعينات والثمانينات، لاسيما في مجال التشخيص لعلّة أو علل

يعاني منها البيان الإحصائي، والتدابير العلاجية لها، ثم التحقق من صلاحية النموذج الإحصائي المستخدم لتحليل البيان، وآفاق الاستفادة منه في مجالات التقدير أو التنبؤ أو السيطرة. وكان لا بد للكتاب، وقد ارتدى ثوب الحداثة هذا، أن يعتمد بقوة على استخدام الحاسب الآلي، ويتجنب الغوص في صيغ الحسابات اليدوية التقليدية التي تستهلك جزءا غير قليل من الكتب الطرائقية التقليدية.

٥ - نجح الكتاب في عرض ثلاثة مواضيع متفرقة هي تحليل الانحدار، وتحليل التباين، وتحليل التجارب المصممة، في إطار موحد هو إطار النماذج الخطية التطبيقية، مما يسمح إضافة إلى الفوائد النظرية، بالاستفادة من أفضل ما تضمنته الحزم الإحصائية الحديثة، ويمكن من الاستخدام الأمثل للحاسوب في التحليل الإحصائي.

ونظرا لوفرة المواد التي يقدمها الكتاب، فقد تقرر، بعد موافقة الناشر، إصدار الترجمة هذه في جزئين، يتضمن الجزء الأول الفصول الثلاثة عشر الأولى وهي تشمل تحليل الانحدار، ويتضمن الجزء الثاني الفصول الستة عشر الباقية وهي في تحليل التباين وتصميم التجارب وتحليلها، وكانت مساهمات المترجمين أحد عشر فصلا للدكتور أنيس كنجو وستة فصول لكل من الدكتور عبد الحميد الزيد والدكتور إبراهيم الواصل والدكتور الحسيني راضي، كما قام الدكتور أنيس كنجو بمهمة المراجعة العلمية واللغوية للكتاب مما أضفى على أسلوب العرض وحدة لا تحفى، وأدى إلى انسجام العبارة عبر الكتاب بأكمله.

وكانت مسألة المصطلح العلمي تحديا نرجو أن نكون قد وفّقنا في مواجهته، خاصة وأن العديد من المصطلحات يظهر في العربية، في حدود معلوماتنا، للمرة الأولى، وبالطبع نرحب بأية مقترحات يتفضل بها الزملاء والقراء سواء تناولت مصطلحا أو تعبيراً.

وكما أشارت مقدمة المؤلفين، فقد صُممت الطبعة الثالثة بحيث تغطي مقررات من مستوى المرحلة الجامعية الأولى ومن مستوى الدراسات العليا. فضلا عن استخدامه كمرجع لباحثين في ميادين الإدارة والاقتصاد والعلوم الاجتماعية والصحية والأحيائية. وأملنا كبير في أن يسدّ هذا الكتاب بجزأيه ثغرة في المكتبة الإحصائية العربية، وما أحوجنا إلى سد الثغرات في

المكتبة العلمية العربية بجميع فروعها وأجنحتها وليس في الإحصائية منها ، فقط. فالعربية لغتنا الجميلة هي كما يصفها المرحوم الأستاذ الدكتور "محمد المبارك" : "غنية من حيث الأبنية والصيغ غنى لا تضارعها فيه لغة أخرى من اللغات الراقية التي تفي بحاجات الإنسان في مثل هذا العصر الذي نحن فيه، وتدل مفردات اللغة العربية دلالة قاطعة على أن العرب صنعوا الوجود تصنيفا شاملا دقيقا منطقيًا يدعو إلى الدهشة والتعجب ويدل على مستوى فكري قلّمَا وصلت إليه الأمم في مثل ذلك الطّور البكر من تاريخ حياتها".

إن المتأمل من الأساتذة والمفكرين العرب في مردود التعليم الجامعي في بلادنا العربية ترتد إليه تأملاته بوافر من الحسرة والألم وشعور قد يصل حد الإحباط. وهو فوق هذا وكرجل استوعب واقع العصر واستشعر آفاق التقدم الحضاري ووتيرته ينظر إلى قومه بين الأقوام التي انتظمتها ركب الحضارة المعاصر فيفتقدهم، ويجيل الطرف من حوله يستشف ساعة الفجر فيجدها، ضمن واقعا العلمي السائد، بعيدة المنال. لا بل يجد الهوة الكبيرة بينه وبين نظيره في العالم المتقدم علميا تزداد اتساعا وعمقا كل يوم وكل ساعة.

إن بناء المكتبة العلمية العربية واجب على كل مستطيع، فما الذي يمنعنا عن إغناء العربية لتصبح لغة علم تذخر بالمصطلح من كل صنف، وتميز مكباتها بلجج من المراجع العلمية المعدة بلغة الضاد؟ ثم كيف يمكن لنا تلمّس الطريق إلى هذا الهدف إذا بقي التعليم الجامعي بلغة أجنبية؟ هل نكتب ونترجم لتوضع جهودنا على الرفوف، أم ليتخذها جمهور الطلبة سبيلا ميسرا إلى المعرفة؟ إن ثوب العيرة الذي نرتديه لا يوهلنا لأكثر من أدوار التمثيل، فالملكات المبدعة تنمو في حضن العربية، ولا يمكن لها أن تزدهر إلا في حماها، ولن ننطلق في بناء مستقبلنا الحضاري ونأمل في استعادة موقع حضاري يليق بزازتنا المرموق إلا عندما تيسر المعرفة لكل عربي بلغته الأم.

ولما كانت الأعمال بالنيات، وكان لكل امرئ ما نوى، وكانت نوايانا، فيما اخترناه وفيما بذلناه من جهود، خدمة لغة القرآن المجيد وتقدير زاد علمي مفيد، لكل قارئ بالعربية، فالله سبحانه وتعالى نسأل أن يتقبل منا هذه الترجمة عملا صالحا، فهو من وراء القصد، وهو الهادي إلى سواء السبيل.

المترجمون





## مقدمة المؤلفين

تُستخدم النماذج الإحصائية الخطية الخاصة بالانحدار، تحليل التباين، والتصاميم التجريبية، اليوم استخداما واسعا في إدارة الأعمال، الاقتصاد، والعلوم الاجتماعية، الصحية والأحيائية. وتحتاج التطبيقات الناجحة لهذه النماذج إلى فهم سليم لكل من الخلفية النظرية والمسائل العملية التي نواجهها عند استخدام النماذج في حالات من واقع الحياة. وبينما تشكل الطبعة الثالثة من نماذج إحصائية خطية تطبيقية، في الأساس، كتابا تطبيقيا، إلا أنها تهدف إلى خلط النظري والتطبيقات بصورة فعّالة، متجنبنة الشطط سواء في تقديم النظري بصورة منعزلة أو في طرح عناصر من التطبيقات دون الحاجة إلى فهم أسسها النظرية.

وتختلف الطبعة الثالثة عن الطبعة الثانية في عدد من النواحي المهمة.

١- أضفنا فصلا جديدا في تصاميم القياسات المكررة نظرا لأهميتها الكبرى في العلوم السلوكية وعلوم الحياة. وبالنسبة للقارىء، يشكّل الفصل الثامن والعشرون المضاف مدخلا إلى تصاميم القياسات المكررة مع المتابعة في تصاميم القياسات المكررة ذات العامل الواحد، وفي التصاميم ذات العاملين مع قياسات مكررة لأحد العاملين أو لهما معا، وفي تصاميم الوحدة المنقسمة.

وبالإضافة إلى ذلك فإن الفصل الثاني عشر حول بناء نموذج انحدار قد أعيدت صياغته إلى حد كبير وأتسع كثيرا. ونطور، في هذا الفصل، بالتفصيل عملية بناء نموذج بحيث يستوعب العديد من عناصر هذه العملية، التي نوقشت في فصول سابقة. ونتعرض، أيضا، لمعالجة موسّعة جدا للتحقق من نماذج انحدار.

٢- توسعنا كثيرا في مناقشة تشخيصات تحليل الانحدار وتحليل التباين وذلك عبر الكتاب بأكمله. ففي ميدان تحليل الانحدار تتابع الآن، من بين التدابير التشخيصية المدروسة، تدابير PRESS; DFFITS; DFBETAS، كما أضفنا، أيضا، رسومات الانحدار الجزئي، كما ندرس تحويل بوكس - كوكس كتدبير علاجي.

وقد ازددنا ، أيضا، من التأكيد على التشخيصات في تحليل التباين وتصميم التجارب، إذ نقدم عددا أكبر بكثير من الرسومات التشخيصية، كما أضفنا مناقشة رسوم احتمال طبيعي للتأثيرات الرئيسة المقدرة للعوامل.

٣- وقد توسعنا في عدد من المواضيع وأعدنا تنظيمها. ففي ميدان تحليل الانحدار وحُدث الآن مناقشة المربعات الدنيا المرجحة ودُرست في سياق الانحدار المتعدد. وقد أعيد تنظيم مناقشة نماذج الانحدار المعيارية، كما دُعِم عرض كل من مجاميع المربعات الإضافية والخطية المتعددة من خلال إعادة تنظيم شاملة لها، كما توسعنا في الفصل الثالث عشر وهو فصل الارتباط الذاتي بأن درسنا طريقة هيلدرت - لو (Hildreth - Lu) في تقدير معلمة الارتباط الذاتي، وأضفنا فقرة تتعلق بفترات تنبؤ عند التنبؤ بمشاهدة جديدة. وأضفنا ، أيضا، مناقشة موجزة لطرائق سطوح الاستجابة في الفصل التاسع المتعلق بانحدار كثيرات الحدود.

وفي ميدان تحليل التباين والتصاميم التجريبية، توسّعنا كثيرا في شرح نماذج التحاين، خاصة ماتعلق منها بنماذج التأثيرات العشوائية المختلطة لتصاميم القطاع العشوائي، التصاميم الحاضرة، تصاميم القياسات المكررة، وتصاميم المربع اللاتيني. وعلى وجه الخصوص أكدنا على التقابل بين نموذج تحاين والبنية الارتباطية للملاحظات. وبالإضافة إلى ذلك، فقد عززنا مناقشة مفهوم القوة وتخطيط حجوم العينات من منظور العلاقات الوثيقة بين هذين الموضوعين.

وقد اتسعت ، أيضا، مناقشة التحاين متعدد العوامل وذلك عندما لا تكون متوسطات المعالجات متساوية الأهمية.

٤- وقد عززنا، عبر الكتاب، التكامل بين التصاميم التجريبية ودراسات المشاهدة، مبتدئين بمناقشة الحصول على بيانات لتحليل الانحدار في الفصل الثاني.

٥- وقمنا، عبر الكتاب، بتفقيح شامل في العرض مستنديين الى الخبرة الميدانية ضمن الفصل الدراسي، وذلك بغية المزيد من الوضوح فيما نقدمه.

وقد نُشرت الفصول الثلاثة عشر الأولى من الطبعة الثالثة لـ " نماذج إحصائية خطية تطبيقية" في كتاب منفصل تحت عنوان " نماذج الانحدار خطية تطبيقية"، طبعة ثانية. ويتضمن الكتاب الأخير هذا ثلاثة فصول إضافية هي تحليل الارتباط ( الفصل ١٤ )، الانحدار غير الخطي (الفصل ١٥) وتقنيات الانحدار عندما يكون المتغير المستقل ثنائيا (الفصل ١٦).

وإحدى الميزات الرئيسة للطبعة الثالثة من نماذج إحصائية خطية تطبيقية هو الأسلوب الموحد لتطبيق نماذج إحصائية خطية في الانحدار، وفي تحليل التباين، وفي التصميم التجريبية. وبدلا من معالجة هذه الميادين بصورة منعزلة فإننا نسعى إلى تبيان العلاقات الضمنية بينها واستخدام رموز مشتركة في الانحدار، من جهة، وفي تحليل التباين والتصميم التجريبية من جهة أخرى، يسهّل النظرة الموحدة لها جميعا. وقد نُقلت فكرة النموذج الإحصائي الخطي العام، والتي تبرز بصورة طبيعية في سياق نماذج الانحدار، إلى نماذج تحليل التباين ونماذج التصميم التجريبية، كمي تُظهر علاقتها بنماذج الانحدار. ولهذا الأسلوب الموحد، أيضا، ميزة البساطة في العرض.

ولم يشتمل هذا الكتاب فقط على المواضيع الأكثر تقليدية في الانحدار وتحليل التباين والتصميم التجريبية الأساسية، ولكنه تطرق أيضا لمواضيع، كثيرا ما استُخفّت مع أنها مهمة في الممارسة العملية. وهكذا فقد كررنا فصلا بكامله (الفصل العاشر) لمتغيرات مؤشرة مستقلة. وينبري فصل آخر (الفصل ١٢) إلى عملية بناء نموذج انحدار، بما في ذلك طرق اختيار بمساعدة الحاسوب لتحديد مجموعات جزئية "جيدة" من المتغيرات المستقلة وتحليلها تحليلًا شاملا قبل القيام بالاختيار النهائي لنموذج الانحدار، ومن ثمّ التحقق من صحة نموذج الانحدار المختار. واستخدام تحليل الراسب وتشخيصات أخرى لفحص مصداقية نموذج انحدار هو إيقاع متواتر عبر هذا الكتاب. وكذلك الأمر بالنسبة لاستخدام تدابير علاجية يمكن أن تكون مفيدة عندما لا يكون النموذج مناسبًا. ونؤكد، في تحليل نتائج دراسة، على استخدام طرق التقدير أكثر من اختبارات المعنوية، لأن التقدير، في الغالب، أكثر مغزى في الممارسة العملية وبما أنه من النادر أن تُعنى المسائل التطبيقية بتقدير بمفرده فقد أكدنا، أيضا، على استخدام طرق التقدير المترامن.

وقد قُدمت الأفكار النظرية إلى الدرجة التي نحتاجها من أجل فهم رشيد عند القيام بتطبيقات سليمة. وأعطيت البراهين في ظروف نشعر معها أنها تُخدم في إيضاح طريقة عمل. وجرى التأكيد على فهم شامل للنماذج، وعلى وجه الخصوص فهم معنى معالم النموذج. ذلك لأن مثل هذا الفهم أمر أساسي لسلامة التطبيقات. ويتضمن الكتاب تشكيلة واسعة من الأمثلة الواقعية وذلك لتوضيح استخدام المبادئ النظرية، ولتبيان التنوع العظيم لتطبيقات النماذج الإحصائية الخطية، ولإظهار كيفية القيام التحليل في المسائل المختلفة. ونستخدم فقرات تحت عنوان "ملاحظات" أو "تعليقات" في كل فصل لتقديم مناقشة إضافية ومسائل تتصل بالمجرى الرئيس لتطور النقاش، وبهذه الطريقة يبقى تقديم الأفكار الأساسية في الفصل تقديمًا يتلافى التفاصيل والمنعطفات التي قد تصرف القارئ عن الفكرة الأساسية.

وكثيرًا ما تتطلب تطبيقات النماذج الإحصائية الخطية حسابات مستفيضة. وننطلق من موقع أن الحاسوب متوافر في معظم العمل التطبيقي، وفضلا عن ذلك ففي متناول كل مستخدم للحاسوب أنواع مختلفة من الحزم البرمجية الخاصة بتحليل الانحدار وتحليل التباين. وبالتالي فإننا نشرح الخطوات الرياضية الأساسية في توفيق نموذج إحصائي خطي دون الإسهاب في التفاصيل الحسابية. ويسمح لنا هذا الأسلوب بتجنب العديد من الصيغ المعقدة، ونستطيع معه التركيز على المبادئ الأساسية. ونستخدم في هذا الكتاب المدرسي قدرات الحاسوب على إنجاز الحسابات استخدامًا واسعًا، ونوضح تشكيلة من مخرجات الحاسوب شارحين كيفية استخدامها في التحليل.

وفي نهاية كل فصل (باستثناء الفصل الأول) نقدم مختارات من المسائل. ويمكن للقارئ هنا أن يعزز فهمه للطرائق ويستخدم المفاهيم التي تعلمها في تحليل البيانات. وقد حرصنا على تقديم مسائل تحليل بيانات تمثل تطبيقات أصيلة. وأفضل طريقة للقيام بالحسابات في معظم المسائل هي استخدام حاسب يدوي أو حاسب آلي (حاسوب).

ونفترض أن قارئ الطبعة الثالثة من نماذج إحصائية خطية تطبيقية قد اجتاز مقررا، يشكّل مدخلا إلى الاستقراء الإحصائي، ويغطي المادة التي أوجزناها في الفصل الأول.

وحساب التفاضل والتكامل غير مطلوب لقراءة نماذج إحصائية خطية تطبيقية ونستخدم أحيانا حساب التفاضل والتكامل لتبيان كيفية الحصول على بعض النتائج المهمة، إلا أن هذه الإثباتات مقصورة على التعليقات أو الملاحظات الإضافية ويمكن حذفها دون أية خسارة في استمرارية دراسة الكتاب. وسيجد القراء ذوو المعرفة بحساب التفاضل

والتكامل هذه التعليقات والملاحظات في تسلسلها الطبيعي بحيث يحصلون على فوائد المعالجات الرياضية في سياقها المباشر وفي النماذج الخطية بصورة عامة، وفي الانحدار المتعدد على وجه الخصوص، نحتاج الى بعض العناصر الأساسية من جبر المصفوفات ويقدم الفصل السادس هذه العناصر من جبر المصفوفات في سياق الانحدار البسيط تسهيلا لتعلمها.

والطبعة الثالثة من نماذج إحصائية خطية تطبيقية مصممة لاستخدامها في مقررات في النماذج الإحصائية الخطية من مستوى المرحلة الجامعية الأولى ومن مستوى الدراسات العليا، وكمقررات ثانية في الاحصاء التطبيقي. ويعتمد مدى استخدام المادة المقدمة في هذا الكتاب المدرسي في مقرر معين على مقدار الوقت المتوفر وعلى اهداف المقرر. وبعض من المقررات الممكنة تشمل:

١- مقرر لفصلين دراسيين، كل منهما نصف سنوي، أو لفصلين دراسيين كل منهما ثلث سنوي، في الانحدار، تحليل التباين والتصاميم التجريبية الأساسية يمكن أن يبنى على الفصول التالية:

الانحدار: ٢، ٣، ٤، ٥ (الفقرات من ٥،١ إلى ٥،٣)، ٦، ٧، ٨، ١٠ (الفقرات من ١٠،١ إلى ١٠،٤)، ١١ (الفقرات من ١١،١ إلى ١١،٦)، ١٢.  
تحليل التباين: ١٤، ١٥، ١٦، ١٨، ١٩، ٢٠.  
تصاميم تجريبية: ٢٤، ٢٥، ٢٦، ٢٩.

٢- يمكن أن يبنى مقرر، لفصل ثلثي (Quarter) أو لفصل نصف (Term)، في تحليل الانحدار على الفصول التالية ٢، ٣، ٤، ٥ (الفقرات من ٥،١ إلى ٥،٣)، ٦، ٧، ٨، ٩، ١٠ (الفقرات من ١٠،١ إلى ١٠،٤)، ١١ (مواضيع مختارة)، ١٢، ١٣.

٣- يمكن أن يبنى مقرر، لفصل ثلثي أو لفصل نصف، في تحليل التباين على الفصول التالية: ١٤، ١٥، ١٦، ١٧ (مواضيع مختارة)، ١٨، ١٩، ٢٠، ٢١ (مواضيع مختارة)، ٢٢، ٢٣.

٤- يمكن أن يُبنى مقرر، لفصل ثلثي أو لفصل نصف، في الانحدار وتحليل التباين على الفصول التالية:

الانحدار: ٥،٤،٣،٢ (الفقرات من ٥،١ إلى ٥،٣)، ١٠،٨،٦،٧ (الفقرات من ١٠،١ إلى ١٠،٤).

تحليل التباين: ١٤، ١٥، ١٦، ١٨، ١٩.

٥- يمكن أن يُبنى مقرر، لفصل ثلثي أو لفصل نصف، في التصاميم التجريبية الأساسية على الفصول التالية: ٢٤، ٢٥، ٢٦، ٢٧، ٢٨، ٢٩.

وبالقدر الذي يسمح به الوقت يمكن للمدرس أن يغطي مواضيع إضافية من الكتاب. ويمكن استخدام هذا الكتاب، أيضا، في دراسة شخصية لأشخاص يهتمون بميادين إدارة الأعمال، الاقتصاد، والعلوم الاجتماعية، الصحية والأحيائية، ممن يرغبون في تحصيل كفاءة في تطبيق النماذج الإحصائية الخطية.

ويمكن للمدرسين الحصول على كتيّب الحلول من الناشر، إروين (Irwin). ويتضمن هذا الكتيّب، على قرص (ديسكت)، البيانات لجميع المسائل والتمارين والمشاريع، ومجموعات البيانات في الملحق.

ولا يمكن تأليف كتاب كهذا دون مساعدة كبيرة من آخرين. ونحن مدينون للعديد من ساهموا في تطوير النظرية والتطبيقات التي نوقشت في هذا الكتاب. ونحب، أيضا، التنويه بإعجابنا بطلابنا الذين ساعدونا بمختلف الطرق على تحديث طريقة العرض في هذا الكتاب. وممنونون للعديد من مستخدمي نماذج إحصائية خطية تطبيقية ونماذج انحدار خطية تطبيقية الذين زودونا بتعليقاتهم ومقترحاتهم النابعة من تدريسهم لهذين الكتابين. ونحن مدينون، أيضا، للأساتذة جيمس هولستين (James E. Holstein) جامعة ميسوري (Missouri)، وديفيد شيري (David L. Sherry) جامعة غرب فلوريدا (West Florida)، لمراجعتهم الطبعة الأولى لنماذج إحصائية خطية تطبيقية، وللأساتذة صموئيل كوتر (Samuel Kotz) جامعة ميريلاند (MaryLand)، رالف روسو (Ralph P. Russo) جامعة أيووا (Iowa)، وبيتر ثال

(Peter F. Thall) جامعة جورج واشنطن (George Washington) لمراجعتهم كتاب نماذج انحدار خطية تطبيقية، وللأساتذة جون شيو (John S. Y. Chiu) جامعة واشنطن، وجيمس كالفين (James A. Calvin) جامعة ايوا، وميخائيل دريسكول (Michael F. Oriscoll)، جامعة ولاية أريزونا (Arizona State) لمراجعتهم الطبعة الثانية من نماذج احصائية خطية تطبيقية. ولقد قدم هؤلاء المراجعون العديد من المقترحات المهمة، التي تستحق جزيل امتناننا.

وقد ساعدنا جورج كوتسونيس (George Cotsonis)، مارجریت كولشاك (Margarette S. Kolczak) وآلفين رامبي (Alvin H. Rampey) بشكل متقن في تدقيق المخطوطة، وفي إعداد الرسوم باستخدام الحاسوب، وبطرق أخرى. أما جين ديزني (June Disney) وساندرا جون هاتفيلد (Sandra June Hatfield) فقد قامتا بجميع الجهد الطباعي تقريبا، وتصدتا بمقدرة لتهيئة مخطوطة صعبة. ونحن ممتنون جدا لهؤلاء الأشخاص جميعا لعونهم ومساعدتهم.

وأخيرا فقد تحملت عائلتنا بصبر، الضغوط التي سببها التزامنا باستكمال هذه النسخة المنقحة، ونحن مقدرون لتسامحهم.

## المؤلفون





## المحتويات

مقدمة المترجمين.....

مقدمة المؤلفين.....

### الفصل الرابع عشر: نموذج تحاين وحيد العامل واختبارات

١ (١٤ - ١) العلاقة بين الانحدار وتحليل التباين.....

٥ (١٤ - ٢) الدراسات التجريبية ودراسات المشاهدة، العوامل والمعالجات.....

٩ (١٤ - ٣) تصميم دراسات تحليل التباين.....

١٢ (١٤ - ٤) استخدامات نماذج تحليل التباين.....

١٣ (١٤ - ٥) نموذج تحاين I - مستويات مثبتة للعامل.....

٢٠ (١٤ - ٦) توفيق نموذج تحاين.....

٢٦ (١٤ - ٧) تحليل التباين.....

٣٨ (١٤ - ٨) إختبار  $F$  لتساوي متوسطات مستويات عامل.....

٤٢ (١٤ - ٩) مُدخلات ومُخرجات الحاسب الآلي لحزم التحاين.....

٤٥ (١٤ - ١٠) صياغة بديلة للنموذج I.....

٤٩ (١٤ - ١١) تحليل التباين أحادي العامل بأسلوب الانحدار.....

### الفصل الخامس عشر: تحليل تأثيرات مستويات عامل

٧٢ (١٥ - ١) الرسوم بيانية لمتوسطات مستويات العامل المقدرة.....

٧٩ (١٥ - ٢) تقدير تأثيرات مستويات عامل.....

- ٨٧ ..... (١٥ - ٣) طريقة توكي للمقارنات المتعددة
- ٩٣ ..... (١٥ - ٤) طريقة شيفه للمقارنات المتعددة
- ٩٧ ..... (١٥ - ٥) طريقة المقارنات المتعددة لبونفيروني
- ٩٩ ..... (١٥ - ٦) اختبارات بدرجة واحدة من الحرية
- ١٠٥ ..... (١٥ - ٧) تحليل تأثيرات عامل عندما يكون كمي
- ..... (١٥ - ٨) نموذج انحدار بخطاً طبيعي

### الفصل السادس عشر : تشخيصات وتدابير علاجية - III

- ١٢٨ ..... (١٦ - ١) تحليل الرواسب
- ١٣٦ ..... (١٦ - ٢) اختبارات لتساوي التباينات
- ١٤٤ ..... (١٦ - ٣) تحويلات
- ١٤٨ ..... (١٦ - ٤) تأثيرات الحيود عن النموذج

### الفصل السابع عشر: تخطيط حجوم العينات، اختبارات لامعلمية ونموذج تحاين عشوائي

- ١٦٣ ..... (١٧ - ١) التخطيط لحجوم العينات بأسلوب القوة
- ١٧٢ ..... (١٧ - ٢) التخطيط لحجوم العينات عن طريق التقدير
- ١٧٤ ..... (١٧ - ٣) تخطيط حجوم العينات لإيجاد "أفضل" معالجة
- ١٧٦ (KRUSKAL - WALLIS) ..... (١٧ - ٤) اختبارات الرتب لكروسكال - والاس
- ١٨٢ ..... (١٧ - ٥) اختبار الوسيط
- ١٨٤ ..... (١٧ - ٦) نموذج تحاين II - مستويات العامل عشوائية

### الفصل الثامن عشر: تحليل التباين ثنائي العامل حجوم متساوية للعينات

- ٢١٧ ..... (١٨ - ١) دراسات متعددة العوامل
- ٢٢٣ ..... (١٨ - ٢) معنى عناصر النموذج
- ٢٤٢ ..... (١٨ - ٣) نموذج I لدراسات ثنائية العامل (مستويات مثبتة للعوامل)
- ٢٤٧ ..... (١٨ - ٤) تحليل التباين
- ٢٦٠ ..... (١٨ - ٥) تقويم مصداقية نموذج تحاين
- ٢٦٢ ..... (١٨ - ٦) اختبارات  $F$

- ٢٦٨ (٧ - ١٨) مُدخلات ومُخرجات الحاسب الآلي .....  
 ٢٦٨ (٨ - ١٨) أسلوب الانحدار لتحليل التباين ثنائي العامل .....  
 ٢٧٤ (٩ - ١٨) أساليب أخرى لتحليل التباين .....

### الفصل التاسع عشر: تحليل وتخطيط دراسات ثنائية العامل بحجوم متساوية العينات

- ٢٩٧ (١ - ١٩) استراتيجيات للتحليل .....  
 ٢٩٩ (٢ - ١٩) تحليل تأثيرات العوامل عندما لا يتفاعل العاملان .....  
 ٣٠٧ (٣ - ١٩) تحليل تأثيرات العوامل عندما تكون التفاعلات مهمة .....  
 ٣١٤ (٤ - ١٩) التحليل عندما لا تكون متوسطات المعالجات متساوية الأهمية .....  
 ٣١٦ (٥ - ١٩) التحليل عندما يكون أحد العاملين أو كلاهما كميًا .....  
 ٣٢٢ (٦ - ١٩) تخطيط حجومات العينات .....

### الفصل العشرون: حجومات عينات غير متساوية في دراسات ثنائية العامل

- ٣٣٧ (١ - ٢٠) حجومات عينات غير متساوية .....  
 (٢ - ٢٠) استخدام أسلوب الانحدار لاختبار تأثيرات العوامل  
 عندما تكون حجومات العينات غير متساوية .....  
 ٣٣٨ (٣ - ٢٠) تقدير تأثيرات العوامل عندما تكون حجومات العينات غير متساوية .....  
 ٣٥٣ (٤ - ٢٠) خلايا فارغة في دراسات ثنائية العامل .....  
 ٣٥٦ (٥ - ٢٠) حزم الحسابات الإحصائية .....

### الفصل الحادي والعشرون: نماذج تأثيرات عشوائية ومختلطة لدراسات تتناول عاملين

#### ومواضيع أخرى في تحليل التباين (التحايين)

- ٣٦٩ (١ - ٢١) مشاهدة واحدة لكل معاملة .....  
 ٣٧٧ (٢ - ٢١) اختبار توكي من أجل التجميعية .....  
 (٣ - ٢١) اختبارات التحايين عندما لا يكون لمتوسطات المعالجات  
 الأهمية نفسها .....  
 ٣٨١ (٤ - ٢١) نماذج II (مستويات عامل عشوائية) و III (مستويات عامل مختلطة)  
 لدراسات تتضمن عاملين .....  
 ٣٩١ (٥ - ٢١) اختبارات تحليل التباين للنموذجين II و III .....

(٢١-٦) تقدير تأثيرات عامل في النموذجين II و III ..... ٤٠١

### الفصل الثاني والعشرون: دراسات متعددة العوامل

(٢٢-١) نموذج I (مستويات العامل مثبتة) لدراسات تتضمن ثلاثة عوامل ٤١٧

(٢٢-٢) تحليل التباين ..... ٤٢٧

(٢٢-٣) تقويم مصداقية نموذج التحاين ..... ٤٣٧

(٢٢-٤) تحليل تأثيرات العوامل ..... ٤٣٨

(٢٢-٥) مثال عن دراسة تتضمن ثلاثة عوامل ..... ٤٤١

(٢٢-٦) تخطيط حجوم العينات ..... ٤٤٨

(٢٢-٧) حجوم عينات غير متساوية في دراسات متعددة العوامل ..... ٤٥١

(٢٢-٨) النموذجان II و III لدراسات تتضمن ثلاثة عوامل ..... ٤٥٣

### الفصل الثالث والعشرون: تحليل التباين

(٢٣-١) أفكار أساسية ..... ٤٧٣

(٢٣-٢) نموذج تباين وحيد العامل ..... ٤٧٨

(٢٣-٣) مثال تحليل تباين وحيد العامل ..... ٤٨٥

(٢٣-٤) تحليل التباين وحيد العامل كتعديل لتحليل التباين ..... ٤٩٥

(٢٣-٥) دراسات متعددة العوامل ..... ٥٠٨

(٢٣-٦) اعتبارات إضافية في استخدام تحليل التباين ..... ٥١٦

### الفصل الرابع والعشرون: تصاميم القطاعات العشوائية - I

(٢٤-١) تصميم تجارب ..... ٥٣٣

(٢٤-٢) إسهامات الإحصاء في عملية التجريب ..... ٥٣٥

(٢٤-٣) عناصر تصاميم القطاعات العشوائية ..... ٥٤٢

(٢٤-٤) نموذج تصاميم القطاعات العشوائية التام ..... ٥٤٩

(٢٤-٥) تحليل التباين والاختبارات ..... ٥٥٠

(٢٤-٦) تقويم مصداقية نموذج قطاع عشوائي ..... ٥٥٤

(٢٤-٧) تحليل تأثيرات المعالجات ..... ٥٥٩

(٢٤-٨) معالجات عاملية ..... ٥٦٢

(٢٤-٩) تخطيط تجارب قطاع عشوائي ..... ٥٦٥

(٢٤-١٠) أسلوب الانحدار لتصاميم قطاع عشوائي ..... ٥٦٩

٥٧١ ..... (٢٤- ١١) تحليل التغيرات لتصاميم قطاع عشوائي

## الفصل الخامس والعشرون: تصاميم القطاع العشوائي - II

٥٨٧ ..... (٢٥- ١) الاستجابات الثنائية للمتغير التابع

٥٩٠ ..... (٢٥- ٢) اختبار الرتبة لفريدمان

٥٩٣ ..... (٢٥- ٣) المشاهدات المفقودة

٥٩٧ ..... (٢٥- ٤) تأثيرات قطاع عشوائي

٦٠٦ ..... (٢٥- ٥) تصاميم قطاع عشوائي معممة

٦١٠ ..... (٢٥- ٦) استخدام أكثر من متغير تجميع في قطاعات

## الفصل السادس والعشرون: التصاميم الحاضنة والمعينة الجزئية

٦٢١ ..... (٢٦- ١) التمييز بين العوامل المتحاضنة والمتصالبة

٦٢٥ ..... (٢٦- ٢) تصاميم حاضنة ثنائية العامل

٦٢٩ ..... (٢٦- ٣) تحليل التباين لتصاميم حاضنة ثنائية العامل

٦٣٩ ..... (٢٦- ٤) تقويم مصداقية نموذج تصميم حاضن

٦٤١ ..... (٢٦- ٥) تحليل تأثيرات العوامل في تصاميم حاضنة ثنائية العامل

(٢٦- ٦) التحضين غير المتساوي والتكرارات في تصاميم حاضنة ثنائية

٦٤٥ ..... العامل

٦٤٨ ..... (٢٦- ٧) المعينة الجزئية في دراسة أحادية العامل بتصميم تام العشوائية

٦٥٧ ..... (٢٦- ٨) المعينة الجزئية البحتة في ثلاث مراحل

## الفصل السابع والعشرون: قواعد تطوير نماذج تحاين وجداول للتصاميم المتوازية

٦٧٥ ..... (٢٧- ١) قاعدة لتطوير نموذج

٦٧٦ ..... (٢٧- ٢) قاعدة إيجاد مجاميع المربعات ودرجات حرية

٦٨١ ..... (٢٧- ٣) قاعدة لإيجاد توقع متوسط المربعات

٦٨٨ ..... (٢٧- ٤) دراسة متصالبة ثنائية العامل - تأثيرات عامل مختلطة

٦٩٠ ..... (٢٧- ٥) دراسة متصالبة حاضنة ثلاثية العامل - تأثيرات عامل مختلطة

٦٩٨ ..... (٢٧- ٦) عدم وجود تكرارات و/أو بعض التفاعلات مساوية للصفر

## الفصل الثامن والعشرون: القياسات المتكررة والتصاميم ذات الصلة

٧٠٧ ..... (٢٨- ١) عناصر تصاميم القياسات المتكررة

- ٢٨- ٢) تجارب أحادية العامل مع قياسات متكررة لجميع المعالجات ..... ٧١٠  
 ٢٨- ٣) تجارب ثنائية العامل مع قياسات متكررة لكل من العاملين ..... ٧٢٤  
 ٢٨- ٤) تجارب ثنائية العامل مع قياسات متكررة على عامل واحد ..... ٧٣٤  
 ٢٨- ٥) تصاميم الوحدة المنشقة لدراسات ثنائية العامل ..... ٧٤٦

### الفصل التاسع والعشرون: المربع اللاتيني والتصاميم ذات الصلة

- ٢٩- ١) عناصر رئيسة ..... ٧٧٣  
 ٢٩- ٢) نموذج المربع اللاتيني ..... ٧٨٤  
 ٢٩- ٣) تحليل تباين واختبارات ..... ٧٨٤  
 ٢٩- ٤) تقويم مصداقية نموذج مربع لاتيني ..... ٧٩٠  
 ٢٩- ٥) تحليل تأثيرات المعالجات ..... ٧٩٣  
 ٢٩- ٦) معالجات عاملية ..... ٧٩٤  
 ٢٩- ٧) تخطيط تجارب المربع اللاتيني ..... ٧٩٦  
 ٢٩- ٨) أسلوب الانحدار في تصاميم المربع اللاتيني ..... ٧٩٨  
 ٢٩- ٩) مشاهدات مفقودة ..... ٨٠٠  
 ٢٩- ١٠) تكرارات إضافية لتصاميم المربعات اللاتينية ..... ٨٠١  
 ٢٩- ١١) تأثيرات عشوائية لمتغير تجميع ..... ٨١٣  
 ٢٩- ١٢) مربعات يودين واللاتيني الإغريقي ..... ٨١٥
- الملاحق

- ملحق (أ) ..... ٨٢٧  
 ملحق (ب) ..... ٨٥٧  
 ملحق (ج) ..... ٨٧١

### ثبت المصطلحات

- أولاً: عربي - انجليزي ..... ٨٧٧  
 ثانياً: انجليزي - عربي ..... ٨٨٤  
 كشاف الموضوعات ..... ٨٩١