





# نماذج إحصائية خطية تطبيقية

انحدار، تحليل تباين وتصاميم تجريبية

## الجزء الأول (الانحدار)

تأليف

ميخائيل كتنر  
جامعة إيموري

ويليام وازرمان  
جامعة سيراكاس

جون نتر  
جامعة جورجيا

ترجمة

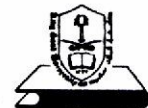
أ.د. عبدالحميد بن عبد الله الزيد

أ.د. أنيس اسماعيل كنجو

د. الحسيني عبدالبر راضي

د. ابراهيم بن عبدالعزيز الواصل

قسم الإحصاء وبحوث العمليات - كلية العلوم - جامعة الملك سعود



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

نز، جون

نماذج إحصائية خطية تطبيقية: انحدار، تحليل تباين وتصاميم تجريبية: الجزء الأول (الانحدار)/جون

نر، وليام وازرمان وميخائيل كتنر؛ ترجمة أنيس اسماعيل كنجو [وآخرون] - الرياض

٧٥٥ص: ١٧سم × ٢٥سم

ردمك ٩-١٣٧-٣٧-٩٩٦٠ (مجموعة)

١-٩٤٢-٠٥-٩٩٦٠ (ج ١)

(الجزء الأول: الانحدار)

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 ١٤١٦/٨/٩هـ الموافق ١٩٩٥/١٢/٣١م.

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 الطرائيق 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 الدار 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 خيرة 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 بجدائة 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

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 تقرّر بعد موافقة الناشر إصدار الترجمة 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 فضلا 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 تخفى، 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، للمرّة الأولى، وبالطبع نرحب بأية مقترحات يفضل 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 مجزأه ثغرة في المكتبة الإحصائية العربية، وما أوحجنا 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 صنفوا الوجود تصنيفا شاملا دقيقا منطقيا يدعو إلى الدهشة والتعجب ويدل على مستوى فكري قلما وصلت إليه الأمم في مثل ذلك الطور 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 الأقسام التي انتظمها ركب الحضارة المعاصر فيفتقدهم، ويحيل الطرف من حوله يستشف ساعة الفجر فيجدها، ضمن واقعنا العلمي السائد، بعيدة المثال. 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 مكنتها بلحج من المراجع العلمية المعدة بلغة الضاد؟ ثم كيف يمكن لنا تلمس 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 يؤهلنا لأكثر من أدوار التمثيل، فالمملكات 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 بترائنا 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 وتقديم 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، متجنبين 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 للقارئ، يشكل 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 واتسع كثيرا. ونظور، في هذا الفصل، بالتفصيل عملية بناء نموذج بحيث يستوعب العديد من عناصر هذه العملية، التي نوقشت في فصول سابقة. وتعرض 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 نتابع 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. ففسي ميدان تحليل الانحدار وُحِّدت الآن مناقشة المربعات الدنيا المرجحة وُدُرست في سياق الانحدار المتعدد. وقد أُعيد 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 لطرائقية سطح الاستجابة في الفصل التاسع المتعلق بانحدار كثيرات الحدود.

وفي ميدان تحليل التباين والتصاميم التجريبية، توسّعنا كثيرا في شرح نماذج التحاين، خاصة ما تعلق منها بنماذج التأثيرات العشوائية المختلطة لتصاميم القطاع العشوائي، التصاميم الحاضنة، 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، بتنقيح شامل في العرض مستندين إلى 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 انحدار 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، كي 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. وينبغي 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 تخدم 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 التحاليل في المسائل المختلفة. ونستخدم فقرات تحت عنوان "ملاحظات" أو "تعليقات" في كل صل لتقديم مناقشة إضافية ومسائل تتصل بالجرى الرئيس لتطور النقاش، وبهذه الطريقة يبقى تقديم الأفكار الأساسية في الفصل تقديمًا يتلافى التفاصيل والمعططات التي قد تصرف القارئ عن الفكرة الأساسية.

وكثيرا ما تتطلب تطبيقات النماذج الإحصائية الخطية حسابات مستفيضة. وننتقل من موقع أن الحاسوب متوافر في معظم العمل التطبيقي، وفضلا عن ذلك ففي متناول كل مستخدم للحاسوب أنواع مختلفة من الحزم البرمجية الخاصة بتحليل الإندثار 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 استخداما واسعا، 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 الاحصائي، 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 الإحصاء التطبيقي. ويعتمد مدى استخدام المادة المقدمة في هذا الكتاب المدرسي في مقرر معين على مقدار الوقت المتوفر وعلى أهداف 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 (١-٥) إلى (٥-٣))، ٦، ٧، ٨، ١٠  
 الفقرات من (١-١٠) إلى (١٠-٤)، ١١ (الفقرات من (١-١١) 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 (١-٥) إلى (٥-٣))، ٦، ٧، ٨، ٩، ١٠ (الفقرات من (١-١٠) 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: ٢، ٣، ٤، ٥ (الفقرات من (٥-١) إلى (٥-٣))، ٦، ٧، ٨، ١٠ (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 التصميم 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 ممن 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. وممنون للعديد من مستخدمي نماذج إحصائية خطية تطبيقية ونماذج انحدار خطية تطبيقية الذين زودونا بتعليقاتهم ومقترحاتهم النابعة من تدريسهم لهذين الكتاين. ونحن مدينون أيضا للأستاذة 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، ولأستاذة صموئيل كوتز (Samuel Kotz) جامعة ميريلاند (Mary Land)، رالف روسو (Ralph P. Russo) جامعة أيوا (Iowa)، وبيتر ثال

(Peter F. Thall) جامعة جورج واشنطن (George Washington) لمراجعتهم كتاب نماذج انحدار خطية تطبيقية، وللأستاذة 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 كاتسونيس (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 هؤلاء الأشخاص جميعا لعونهم ومساعدتهم.

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

John Neter

جون نتر

William Wasserman

ويليام وازرمان

Michael H. Kutner

ميخائيل كوتنر





## المحتويات

### الفصل الأول: بعض النتائج الأساسية في الاحتمال والإحصاء

- ١ - ١) مؤثرا الجمع والضرب .....
- ٢ - ١) الاحتمال .....
- ٣ - ١) المتغيرات العشوائية .....
- ٤ - ١) التوزيع الاحتمالي الطبيعي والتوزيعات المتعلقة به .....
- ٥ - ١) التقدير الإحصائي .....
- ٦ - ١) استقرارات حول متوسط مجتمع - مجتمع طبيعي .....
- ٧ - ١) مقارنات متوسطي مجتمعين - المجتمعات الطبيعية .....
- ٨ - ١) استقرارات حول تباين مجتمع - المجتمع الطبيعي .....
- ٩ - ١) مقارنات تباين مجتمعين - مجتمعات طبيعية .....

### الباب الأول: الانحدار الخطي البسيط

#### الفصل الثاني: الانحدار الخطي بمتغير مستقل واحد

- ١ - ٢) العلاقات بين المتغيرات .....
- ٢ - ٢) نماذج انحدار واستخداماتها .....
- ٣ - ٢) نموذج انحدار خطي بسيط بتوزيع غير معروف لحد الخطأ .....
- ٤ - ٢) بيانات تحليل الانحدار .....
- ٥ - ٢) نظرة عامة على تحليل الانحدار .....
- ٦ - ٢) تقدير دالة الانحدار .....
- ٧ - ٢) تقدير تباين حدود الأخطاء .....
- ٨ - ٢) نموذج انحدار بخطأ طبيعي .....

#### الفصل الثالث: استقرارات في تحليل الانحدار

- ١ - ٣) استقرارات حول  $\beta_1$  .....

- ٨٧..... (٢ - ٣) استقرارات حول  $\beta_0$  .....  
 ٨٩..... (٣ - ٣) بعض الاعتبارات عند القيام باستقرارات حول  $\beta_0$  و  $\beta_1$  .....  
 ٩١..... (٤ - ٣) تقدير الفترة لـ  $E\{Y_h\}$  .....  
 ٩٧..... (٥ - ٣) التنبؤ بمشاهدة جديدة .....  
 ١٠٥..... (٦ - ٣) اعتبارات في تطبيق تحليل انحدار .....  
 ١٠٦..... (٧ - ٣) الحالة التي تكون فيها  $x$  عشوائية .....  
 ١٠٧..... (٨ - ٣) أسلوب تحليل التباين في تحليل الانحدار .....  
 ١٢٠..... (٩ - ٣) طريقة اختبار خطي عام .....  
 ١٢٣..... (١٠ - ٣) مقاييس وصفية للصلة بين  $x$  و  $y$  في نموذج الانحدار .....  
 ١٢٧..... (١١ - ٣) مدخلات ومخرجات حاسب .....

#### الفصل الرابع: تشخيصات وتدابير علاجية

- ١٤٣..... (١ - ٤) تشخيصات للمتغير المستقل .....  
 ١٤٥..... (٢ - ٤) الرواسب .....  
 ١٤٧..... (٣ - ٤) استخدام الرواسب للتشخيص .....  
 ١٦٤..... (٤ - ٤) نظرة إجمالية لاختبارات تتعلق بالرواسب .....  
 ١٦٥..... (٥ - ٤) اختبار  $F$  لنقص التوفيق .....  
 ١٧٧..... (٦ - ٤) نظرة إجمالية للتدابير العلاجية .....  
 ١٧٩..... (٧ - ٤) تحويلات .....

#### الفصل الخامس: استقرارات متزامنة ومواضيع أخرى في تحليل الانحدار

- ٢٠٣..... (١ - ٥) التقدير المشترك لـ  $\beta_0$  و  $\beta_1$  .....  
 ٢٠٨..... (٢ - ٥) تقدير مترامن لمتوسطات الاستجابة .....  
 ٢١١..... (٣ - ٥) فترات تنبؤ متزامنة لملاحظات جديدة .....  
 ٢١٣..... (٤ - ٥) انحدار عبر نقطة الأصل .....  
 ٢١٧..... (٥ - ٥) تأثير أخطاء القياس .....  
 ٢٢٢..... (٦ - ٥) تنبؤات عكسية .....

٢٢٥ ..... (٥ - ٧) اختيار مستويات X

### الفصل السادس: طريقة المصفوفة لتحليل الانحدار الخطي البسيط

٢٣٥ ..... (٦ - ١) المصفوفات

٢٤١ ..... (٦ - ٢) جمع وطرح المصفوفات

٢٤٣ ..... (٦ - ٣) ضرب المصفوفات

٢٤٨ ..... (٦ - ٤) أنواع خاصة من المصفوفات

٢٥١ ..... (٦ - ٥) الاعتماد الخطي ورتبة مصفوفة

٢٥٣ ..... (٦ - ٦) معكوس مصفوفة

٢٥٨ ..... (٦ - ٧) بعض النظريات الأساسية للمصفوفات

٢٥٨ ..... (٦ - ٨) متجهات ومصفوفات عشوائية

٢٦٢ ..... (٦ - ٩) انحدار خطي بسيط بدلالة المصفوفات

٢٦٥ ..... (٦ - ١٠) تقدير المربعات الدنيا لمعلم الانحدار

٢٦٨ ..... (٦ - ١١) القيم التوفيقية والرواسب

٢٧١ ..... (٦ - ١٢) نتائج تحليل تباين

٢٧٤ ..... (٦ - ١٣) استقرارات في تحليل الانحدار

### الباب الثاني: انحدار خطي عام

#### الفصل السابع: الانحدار المتعدد - I

٢٨٧ ..... (٧ - ١) نماذج الانحدار المتعدد

٣٠١ ..... (٧ - ٢) نموذج انحدار خطي عام بدلالة المصفوفات

٣٠٣ ..... (٧ - ٣) مقدرات المربعات الدنيا

٣٠٣ ..... (٧ - ٤) القيم التوفيقية والرواسب

٣٠٤ ..... (٧ - ٥) نتائج تحليل التباين

٣٠٨ ..... (٧ - ٦) استقرارات حول معلم الانحدار

٣١٠ ..... (٧ - ٧) استقرارات حول متوسط الاستجابة

٣١٣ ..... (٧ - ٨) تنبؤات بمشاهدات جديدة

(٧ - ٩) رسومات الرواسب، تشخيصات أخرى، وتدابير علاجية ..... ٣١٤

(٧ - ١٠) مثال- انحدار متعدد مع متغيرين مستقلين ..... ٣١٦

## الفصل الثامن: الانحدار المتعدد-II

(٨ - ١) مجاميع المربعات الإضافية ..... ٣٤٧

(٨ - ٢) اختبار فرضيات تتعلق بمعالم الانحدار في انحدار متعدد ..... ٣٥٩

(٨ - ٣) معاملات التحديد الجزئية ..... ٣٦٢

(٨ - ٤) نموذج انحدار متعدد معياري ..... ٣٦٦

(٨ - ٥) الخطية المتعددة وتأثيراتها ..... ٣٧٦

(٨ - ٦) صياغة مصفوفية لاختبار خطي عام ..... ٣٩١

## الفصل التاسع: انحدار كثيرات الحدود

(٩ - ١) نماذج انحدار كثيرات الحدود ..... ٤٠٥

(٩ - ٢) مثال ١ - متغير مستقل واحد ..... ٤١٢

(٩ - ٣) مثال ٢- متغيران مستقلان ..... ٤٢٢

(٩ - ٤) طرائقية سطح الاستجابة ..... ٤٢٧

(٩ - ٥) بعض التعليقات الإضافية حول انحدار كثيرات الحدود ..... ٤٣٤

## الفصل العاشر: المتغيرات المستقلة النوعية

(١٠ - ١) متغير نوعي واحد مستقل ..... ٤٥١

(١٠ - ٢) نموذج يحتوي على تأثيرات تفاعل ..... ٤٥٩

(١٠ - ٣) نماذج أكثر تعقيدا ..... ٤٦٤

(١٠ - ٤) المقارنة بين اثنتين أو أكثر من دوال الانحدار ..... ٤٦٩

(١٠ - ٥) استخدامات أخرى للمتغيرات المؤشرة ..... ٤٧٧

(١٠ - ٦) بعض الاعتبارات في استخدام المتغيرات المؤشرة المستخدمة ..... ٤٨٣

## الفصل الحادي عشر: تشخيصات وتدابير علاجية - II

(١١ - ١) صلاحية نموذج لمتغير مستقل - رسوم الانحدار الجزئي ..... ٤٩٩

(١١ - ٢) تحديد مشاهدات قاصية في X - مصفوفة القبة وقيم العزم ..... ٥٠٧

- (١١ - ٣) تحديد مشاهدات قاصية في Y - رواسب الحذف المعيرة تقديرا ٥١٤  
 (١١ - ٤) تحديد المشاهدات المؤثرة - تدابير Debetas, Dffits، ومسافة كوك ٥١٨  
 (١١ - ٥) تدابير علاجية لمشاهدات مؤثرة ..... ٥٢٥  
 (١١ - ٦) تشخيصات الخطية المتعددة - عامل تضخم التباين ..... ٥٢٧  
 (١١ - ٧) تدابير علاجية للخطية المتعددة - انحدار الحافة ..... ٥٣٢  
 (١١ - ٨) تدابير علاجية لتباينات خطأ غير متساوية - المربعات الدنيا المرجحة ٥٤٢

### الفصل الثاني عشر: بناء نموذج الانحدار

- (١٢ - ١) نظرة إجمالية لعملية بناء نموذج ..... ٥٦٥  
 (١٢ - ٢) إعداد البيانات ..... ٥٧٢  
 (١٢ - ٣) طريقة جميع الانحدارات الممكنة لتخفيض المتغيرات ..... ٥٧٨  
 (١٢ - ٤) انحدار الخطورة فخطوة إلى الأمام، أساليب بحث آلية أخرى،  
 واستخدام انحدار الحافة لتخفيض المتغيرات ..... ٥٩٢  
 (١٢ - ٥) تحسين النموذج واختياره ..... ٦٠٢  
 (١٢ - ٦) التحقق من صحة نموذج ..... ٦١٠  
 (١٢ - ٧) ملاحظات ختامية ..... ٦١٨

### الفصل الثالث عشر: الارتباط الذاتي في بيانات السلاسل الزمنية

- (١٣ - ١) مشاكل الارتباط الذاتي ..... ٦٤١  
 (١٣ - ٢) نموذج خطأ ذاتي الانحدار من المرتبة الأولى ..... ٦٤٦  
 (١٣ - ٣) اختبار درين - واتسون للارتباط الذاتي ..... ٦٤٩  
 (١٣ - ٤) تدابير علاجية للارتباط الذاتي ..... ٦٥٤  
 (١٣ - ٥) التنبؤ في حالة حدود خطأ ذاتية الارتباط ..... ٦٦٨

### الملاحق

- الملحق (أ): جداول ..... ٦٨٧  
 الملحق (ب): مجموعات من البيانات ..... ٧١٧  
 الملحق (ج): مختارات من المراجع ..... ٧٣١

ثبت المصطلحات

- ٧٣٧ ..... أولاً: عربي - إنجليزي  
٧٤٥ ..... ثانياً: إنجليزي - عربي  
٧٥٣ ..... كشف الموضوعات