الفصل الثامن

مجرد البداية
Just the Beginning...

قدمت الفصول السبعة السابقة، مقارنة مع معظم الكتب حول الإحصائيات، "مجالاً واعداً" مختصراً حول أساسيات الإحصائيات واستخدامها في التطبيقات الطبية الحيوية. ينبغي للقارئ أن يكون مطلعاً على المفهوم الأساسي لنماذج الاحتمالات، واستخدام مثل هذه النماذج لوصف بيانات العالم الحقيقي، واستخدام الإحصائيات لمقارنة المجتمعات الإحصائية. وينبغي أن يكون القارئ على بينة لتأثير العشوائية والحجب على نتائج التحليل الإحصائي. بالإضافة إلى ذلك، ينبغي أن يكون للقارئ تقديرٌ لأهمية التوزيع الطبيعي في وصف المجتمع الإحصائي، واستخدام الجداول المعيارية، وفكرة أن التحليل الإحصائي يهدف إلى اختبار الفروض بمستوى معين من الثقة. وأخيراً، يجب أن يعرف القارئ أننا نستطيع إيجاد فترات الثقة لأي إحصائية مُقدَّرة.

يغطي هذا الكتاب فقط تلك التحليلات الإحصائية الصالحة لمجتمعات إحصائية أو عمليات يتم نمذجتها بشكل جيد بواسطة التوزيع الطبيعي. بالطبع، هناك العديد من العمليات البيولوجية التي لا يتم نمذجتها بشكل جيد بواسطة التوزيع الطبيعي. وبالنسبة للأنواع الأخرى من التوزيعات، ينبغي للمرء قراءة كتب أكثر تقدماً لمعرفة المزيد عن الإحصائيات غير البارامترية (nonparametric) والإحصائيات عن التوزيعات

أو المجتمعات الإحصائية غير الطبيعية. لا تفترض هذه الاختبارات غير البارامترية توزيعاً أساسياً للبيانات وغالباً ما تكون مفيدة للعينات صغيرة الحجم.

كيف يمكننا تحديد ما إذا كانت البيانات، وبالتالي المجتمع الإحصائي، مُنمذجة بشكل جيد بواسطة التوزيع الطبيعي؟ يمكننا أن نبدأ ببساطة من خلال إيجاد المدرج التكراري للبيانات التي تم أخذ عيناتها فيما يتعلق بالتناظر وتناسب العينات التي تقع داخل واحد، واثنين، وثلاثة، انحرافات معيارية للمتوسط. ويمكننا أيضاً مقارنة متوسط العينة مع وسيط العينة. إن الوسيلة الأكثر رسمية لتحديد مقدار طبيعية عينة هو استخدام اختبار χ^2 [7]. يتضمن اختبار χ^2 مقارنة توزيع العينة الفعلي مع التوزيع الذي سيتم توقعه إذا كانت العينة مأخوذة من توزيع طبيعي. إن الاختلافات بين الترددات المتوقعة لحدوث عينة والترددات الحقيقية لحدوث عينة يتم استخدامها لتقدير إحصائية اختبار χ^2. بعد ذلك يتم مقارنة إحصائية الاختبار هذه مع القيم الحرجة للتوزيع χ^2 لتحديد مستوى الأهمية أو الثقة في رفض فرضية العدم. في هذه الحالة، فإن فرضية العدم هي أن توزيع الترددات (أو نموذج الاحتمال) للتوزيع الأساسي لا يختلف عن التوزيع الطبيعي. ويُشار أيضاً إلى الاختبار χ^2 على أنه اختبار جودة الملاءمة. ونلاحظ أنه يمكن استخدام الاختبار χ^2 أيضاً لمقارنة توزيع عينة مع نماذج احتمال أخرى إلى جانب التوزيع الطبيعي.

لقد قمنا بتغطية أنوفا أحادية وثنائية العامل. ولكن سيواجه المرء أيضاً أنوفا متعدد المتغيرات، التي يوجد فيها أكثر من متغير واحد تابع (أكثر من نتيجة واحدة أو قياس يجري أخذ عيناته). يُشار إلى مثل هذا التحليل باسم مانوفا (MANOVA) ويتم استخدامه في تحليل الارتداد المتعدد الأكثر عمومية الذي قد يكون فيه أكثر من متغير واحد مستقل وأكثر من متغير واحد تابع. تعتبر المتغيرات التابعة مقاييس متعددة (أو مقاييس متكررة) مأخوذة من نفس الوحدات التجريبية التي يجري تعريضها لواحد أو أكثر من العوامل (المتغيرات المستقلة). سعينا في خط الانحدار إلى تحديد مدى إمكانية

توقع سلوك أحد المتغيرات مع الأخذ في الاعتبار سلوك المتغير الثاني. وبعبارة أخرى، كان لدينا متغير واحد مستقل ومتغير واحد تابع. في حالة تحليل الانحدار المتعدد، يمكننا افتراض أكثر من متغير واحد تابع وأكثر من متغير واحد مستقل لتوضيح التباين في المتغير التابع (أو المتغيرات التابعة). على سبيل المثال، قد يكون لدينا متغير واحد تابع، مثل وزن الجسم، الذي نقوم بنمذجته كدالة خطية بثلاثة متغيرات مستقلة: امتصاص السعرات الحرارية، والتمرين، والعمر. عند إجراء تحليل الانحدار المتعدد، فإننا نحاول توقّع مقدار التغير في وزن الجسم بسبب كل واحد من المتغيرات المستقلة الثلاثة. في كثير من الأحيان، فإن متغيراً مستقلاً واحداً ليس كافياً للتنبؤ بنتائج المتغير التابع. ومع ذلك، يجب الأخذ في الاعتبار أنه ينبغي للمرء فقط إضافة أدوات تنبؤ إضافية (المتغيرات المستقلة) تسهم في المتغير التابع بطريقة لا تسهم بها أداة التوقع الأولى. وبعبارة أخرى، يجب على اثنتين من أدوات التنبؤ أو أكثر (المتغيرات المستقلة) توقع النتائج معاً، أو المتغير التابع، بشكل أفضل مما يستطيع أي متغير مستقل أن يتنبأ به بمفرده. لاحظ أن، النموذج الخطي المُعمَّم الكامل يسمح بمتغيرات متعددة مستقلة وتابعة. وفي الجوهر، يبحث نموذج الانحدار المتعدد عن ارتباطات بسيطة بين عدة متغيرات للدخل و الخرج.

على الرغم من أننا ركزنا على خط الانحدار، إلا أن القارئ ينبغي له معرفة أن هناك نماذج للانحدار غير الخطي أيضاً قد تكون قوية جداً في وصف الظواهر البيولوجية. هناك أيضاً أدبيات كاملة عن تحليل الأخطاء التي تنتج عند مقارنة نموذج مُستخدم للتنبؤ بالبيانات، مع البيانات الفعلية المُقاسة [3]. يمكن للمرء في الواقع البحث في الأخطاء المتبقية بين البيانات التي تم التنبؤ بها أو نمذجتها والبيانات المُقاسة فعلاً. إن الشكل المهم أو الاتجاهات في مقدار وترتيب المتبقيات تشير عادة إلى ملاءمة النموذج للبيانات بشكل سيئ. تشير مثل هذه الأشكال إلى أنه ليس كل التغيرات التي يمكن التنبؤ بها في البيانات المقاسة تم أخذها بالاعتبار في النموذج.

تشمل التحليلات المتعددة المتغيرات الأخرى على كل من تحليلات الكتلة، والتمايز، والعامل. ويتم تغطية هذه المواضيع في كتب إحصائية عديدة. تسمح هذه التحليلات بعمل مجتمع إحصائي داخل المجتمع الإحصائي الفرعي وذلك لتوضيح وشرح البيانات التي تبدو معقدة. ومتعددة الأبعاد

لم يتم في هذا الكتاب تغطية المنحنيات المميزة لمشغِّل مستقبل. وهذه هي التحليلات الإحصائية التي يكثر استخدامها في تصميم وتقييم الأجهزة الطبية أو الاختبارات التشخيصية المُستخدمة للكشف عن مرض أو شذوذ. توفر هذه المنحنيات، التي تلخص في كثير من الأحيان مصطلحات مثل الحساسية والنوعية والدقة، وسيلة لتحديد مدى دقة أداة التشخيص، أو الاختبار، أو الخوارزمية في كشف المرض أو الوظيفة الفسيولوجية غير الطبيعية. لقد ناقشنا سابقاً أخطاء النوع I و II، التي يمكن استخدامها أيضاً لتقدير حساسية، ونوعية، ودقة الاختبار التشخيصي. غالباً ما يكون هناك مفاضلة بين الحساسية والنوعية، يمكنها زيادة إحباط المهندس الطبي الحيوي الذي يحاول تطوير اختبارات تشخيصية آمنة ودقيقة وعملية وغير مكلفة. إن المنحنى المميز لمشغِّل مستقبل هو مخطط يرسم حساسية الاختبار (احتمال نتيجة إيجابية صحيحة) مقابل احتمال اختبار إيجابي خاطئ. يختار المُشغِّل عادة العمل على نقطة على المنحنى المميز لمشغِّل مستقبل تكون فيها الحساسية والنوعية عظميين. قد يكون من المفضل في بعض الحالات تخفيض النوعية على حساب الحساسية. على سبيل المثال، عند إدارة اختبار للكشف عن التهاب الحلق بالعقديات، فقد نفضل زيادة الحساسية إلى أقصى حد من أجل عدم تفويت تشخيص بكتيريا الحلق. المفاضلة هي أننا قد نقلل النوعية، ولكن شخصًا ليس لديه التهاب بالعقديات قد يتم تشخيصه خطأً وكأن لديه بكتيريا عقدية. والنتيجة هي أن الشخص ينتهي به المطاف إلى دفع ثمن المضادات الحيوية واستهلاكها دون أن تخدم هذه المضادات أي غرض. وفي حالات سريرية أخرى، قد

تكون المفاضلة بين الحساسية والنوعية أكثر تعقيداً بكثير. على سبيل المثال، نتمنى في كثير من الأحيان استخدام أداة تصوير غير تداخلية (جراحية) للكشف عن آفات الثدي السرطانية. إن الحساسية العالية مطلوبة بحيث لا يضيع الاختبار حدوث آفة سرطانية. ومع ذلك، يجب أن تكون النوعية عالية أيضاً بحيث لا يخضع المريض لعملية جراحية غير ضرورية لإزالة الأنسجة السليمة أو غير السرطانية.

وأخيرًا، هناك مساحة واسعة من التحليل الإحصائي متعلقة بالسلاسل الزمنية، أي البيانات التي يتم جمعها على مر الزمن. إن الزمن متغير مستقل يتم استخدامه للتنبؤ بالمتغير التابع، الذي غالباً ما يكون في التطبيقات الطبية الحيوية عبارة عن مقياس بيولوجي. إن التحليل الإحصائي للسلاسل الزمنية معروض بشكل لطيف في بينديت (Bendat) وبييرسول (Piersol) [7]، ويلعب دوراً هاماً في معظم الأبحاث الطبية الحيوية. وكثيراً ما يُستخدم مثل هذا التحليل لتطوير خوارزميات الكشف المؤتمت (الآلي) لأنظمة مراقبة المرضى، والأجهزة القابلة للزرع، وأنظمة التصوير الطبي.

ويشير هذا الكتاب، ولكن لا يغطي بشكل صريح، إلى استخدام حزم البرامج الإحصائية لتحليل البيانات. هناك عدد من البرامج الإحصائية المتوفرة تجارياً للمهندس الذي يحتاج لإجراء تحليل إحصائي. بعض حزم البرمجيات متاحة مجاناً، في حين أن الأخرى يمكن أن تكون مكلفة جداً. يقدم العديد من حزم البرامج بعض المساعدة التعليمية في استخدام وتفسير التحليل الإحصائي والبياني. بعضها لديه واجهات مستخدم سهلة تسمح للمستخدم بتحميل وتحليل البيانات بسرعة دون الحاجة إلى تعليمات كثيرة. تتطلب الحزم الأخرى قدراً كبيراً من التدريب والممارسة. بعض حزم البرامج الأكثر شعبية للتحليل الإحصائي المُستخدمة في مجال الطب الحيوي تتضمن SPSS، و Minitab، وإكسل (Excel)، و StatView، وماتلاب (Matlab).

وأخيرًا، إن الرسالة الهامة التي يجب أن يحملها القارئ هي أن الإحصائيات ليست كتاب طبخ كما أنها ليست غير منفتحة على التغيير. وحتى أكثر أخصائيي الإحصاء الحيوي خبرة يتناقشون حول أفضل التحليلات التي ينبغي استخدامها للبيانات الطبية الحيوية التي يتم جمعها في ظل ظروف إكلينيكية (سريرية) معقدة. يتطلب التحليل الإحصائي المفيد أن يقوم المستخدم أولاً بوضع فرضية قابلة للاختبار، على أن تُجمع البيانات من عينة تمثيلية، وأن تكون ضوابط التصميم التجريبي للعوامل المربكة عملية قدر الإمكان. حالما يتم جمع البيانات، يحتاج المستخدم إلى أن تكون منطقية قدر الإمكان في تلخيص وتحليل البيانات. وهذا يتطلب أن يكون لدى المستخدم تقدير جيد للفروض الموضوعة حول المجتمعات الإحصائية عند استخدام الاختبار الإحصائي، وكذلك القيود المفروضة على الاختبار الإحصائي في استخلاص استنتاجات محددة. عند استخدام الإحصائيات بشكل صحيح، فإنها تساعدنا بالتأكيد على اتخاذ قرارات جيدة وتنبؤات مفيدة، حتى في سياق عدم اليقين والعوامل العشوائية التي لا نملك السيطرة عليها. يحتاج المهندسون الطبيون الحيويون إلى تبنّي الإحصائيات وتعلمها لكي يكونوا مرتاحين بتطبيق الإحصائيات كما هو الحال بتطبيق الجبر، وحساب التفاضل والتكامل، والمعادلات التفاضلية.

المراجع
Bibliography

[1]. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, "Heart rate variability. Standards of measurement, physiologic interpretation and clinical use," Circulation, vol. 93, pp. 1043–1065, 1996.

[2]. Wagner, G.S., Marriott's Practical Electrocardiology, 10th ed., Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, PA, 2001.

[3]. Hogg, R.V., and Ledolter, J., Engineering Statistics, Macmillan Publishing, New York, 1987.

[4]. Gonick, L., and Smith, W., The Cartoon Guide to Statistics, HarperPerennial, New York, 1993.

[5]. Salkind, N.J., Statistics for People Who (Think They) Hate Statistics, 2nd ed., Sage Publications, Thousand Oaks, CA, 2004.

[6]. Runyon, R.P., Fundamentals of Statistics in the Biological, Medical and Health Sciences, PWS Publishers, Boston, MA, 1985.

[7]. Bendat, J.S., and Piersol, A.G., Random Data. Analysis and Measurement Procedures, 2nd ed., Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, New York, 1986.

[8]. Ropella, K.M., Sahakian, A.V., Baerman, J.M., and Swiryn, S., "Effects of procainamide on intra-atrial electrograms during atrial fibrillation: Implications for detection algorithms," Circulation, vol. 77, pp. 1047–1054, 1988.

[9]. Fung, C.A., Descriptive Statistics. Module 1 of a Three-Module Series on Basic Statistics for Abbott Labs, Abbott Labs, Abbott Park, IL, December 11, 1995.

[10]. Olkin, I., Gleser, L.J., and Derman, C., Probability Models and Applications, Macmillan Publishing, New York, 1980.

[11]. Fung, C.A., Comparing Two or More Populations. Module 2 of a Three-Module Series on Basic Statistics for Abbott Labs, Abbott Labs, Abbott Park, IL, December 12, 1995.

[12]. Minitab StatGuide. Minitab Statistical Software, release 13.32, Minitab, State College, PA, 2000.

[13]. Ropella, K.M. Baerman, J.M., Sahakian, A.V., and Swiryn, S., "Differentiation of ventricular tachyarrhythmias," Circulation, vol. 82, pp. 2035–2043, 1990.
[14]. Schmit, B.D., Benz, E., and Rymer, W.Z., "Afferent mechanisms of flexor reflexes in spinal cord injury triggered by imposed ankle movements," Experimental Brain Research, vol. 145, pp. 40–49, 2002.

obeikandl.com

ثبت المصطلحات

أولاً: عربي – إنجليزي

أ

إجراء توكي	Tukey's Procedure
احتمال	Probability
إحصاء	Statistic
إحصاء وصفي	Descriptive Statistics
اختبار t	t-Test
اختبار t المزدوج (المقترن)	Paired t-Test
اختبار t غير المزدوج (المقترن)	Unpaired t-Test
اختبارات القدرة	Power Tests
ارتباط	Correlation
ارتباط خطي	Linear Regression
انحدار	Regression
استنتاج إحصائي	Statistical Inference

obeikandl.com

ب

بيانات	Data

ت

تجارب أحادية العامل	One-Factor Experiments
تجارب ثنائية العامل	Two-Factor Experiments
تجميع البيانات	Collecting Data
تحدي	Challenge
تحليل	Analysis
تحليل إحصائي	Statistical Analysis
تحليل ارتباط	Correlation Analysis
تحليل القدرة	Power Analysis
تصميم تجريبي	Experimental Design
تباين	Variance
توزيع	Distribution
توزيع t	t-Distribution
توزيع طبيعي	Normal Distribution
توزيع طبيعي معياري	Standard Normal Distribution

ث

ثقة	Confidence

obeikandl.com

ح

Blocking	حجب
Sample Size	حجم العينة

خ

Linear	خطي

س

Series	سلاسل
Time Series	سلاسل زمنية

ع

randomization	عشوائية
Sample	عينة

ف

Interval	فترة
Confidence Interval	فترة الثقة

ق

Power	قدرة

obeikandl.com

م

Mean	متوسط
Sample Mean	متوسط العينة
Population Means	متوسطات المجتمع
plot	مخطط ، رسم
Scatter plots	المخططات المبعثرة
Box-and-Whisker plots	مخططات الصندوق والمؤشر
Histogram	المدرج التكراري
Standard	معيار ، معياري
Comparison	مقارنة
Multiple Comparison	مقارنة متعددة
Measures of Variability	مقاييس التغيُّر
Measures of Central Tendency	مقاييس النزعة المركزية

ن

Central Tendency	نزعة مركزية
Model	نموذج
Probability Model	نموذج احتمال

هـ

Biomedical Engineering	هندسة طبية حيوية

obeikandl.com

ثانياً: إنجليزي– عربي

A

Analysis	تحليل

B

Biomedical Engineering	هندسة طبية حيوية
Blocking	حجب
Box-and-Whisker plots	مخططات الصندوق والمؤشر

C

Central Tendency	نزعة مركزية
Challenge	تحدي
Collecting Data	تجميع البيانات
Comparison	مقارنة
Confidence	ثقة
Confidence Interval	مدى الثقة
Correlation	ارتباط
Correlation Analysis	تحليل ارتباط

D

Data	بيانات
Descriptive Statistics	إحصاء وصفي

obeikandl.com

Distribution	توزيع
E	
Experimental Design	تصميم تجريبي
H	
Histogram	المدرج التكرارى
I	
Interval	مدى
L	
Linear	خطي
Linear Regression	ارتباط خطي
M	
Mean	متوسط
Measures of Central Tendency	مقاييس النزعة المركزية
Measures of Variability	مقاييس التغيُّر
Model	نموذج
Multiple Comparison	مقارنة متعددة
N	
Normal Distribution	توزيع طبيعي

obeikandl.com

O

One-Factor Experiments	تجارب أحادية العامل

P

Paired t-Test	اختبار t المزدوج (المقترن)
Plot	مخطط ، رسم
Population Means	متوسطات المجموعات
Power	قدرة
Power Analysis	تحليل القدرة
Power Tests	اختبارات القدرة
Probability	احتمال
Probability Model	نموذج احتمال

R

randomization	عشوائية
Regression	انحدار

S

Sample	عينة
Sample Mean	متوسط العينة
Sample Size	حجم العينة
Scatter plots	المخططات المبعثرة

obeikandl.com

Series	سلاسل
Standard	معيار، معياري
Standard Normal Distribution	توزيع طبيعي معياري
Statistic	إحصاء
Statistical Analysis	تحليل إحصائي
Statistical Inference	استنتاج إحصائي

T

t-Distribution	توزيع t
Time Series	سلاسل زمنية
t-Test	اختبار t
Tukey's Procedure	إجراء توكي
Two-Factor Experiments	تجارب ثنائية العامل

U

Unpaired t-Test	اختبار t غير المزدوج (المقترن)

V

Variance	تباين

obeikandl.com