الفصل الأول

مقدمة
Introduction

يجمع مهندسو الطبية الحيوية عادة جميع أنواع البيانات، من المرضى، والحيوانات، وعدادات الخلية، والمقايسات الصغرى، وأنظمة التصوير، ومبدِّلات الضغط، وأجهزة المراقبة بجانب السرير، وعمليات التصنيع، وأنظمة اختبار المواد، وأنظمة القياس الأخرى التي تدعم طيفاً واسعاً من البحوث والتصميم وبيئات التصنيع. في النهاية، فإن سبب تجميع البيانات هو اتخاذ قرار ما. وقد يهتم هذا القرار بتمييز الخصائص البيولوجية بين مختلف قطاعات السكان من الناس، أو تحديد ما إذا كان العلاج الدوائي فعالا، أو تحديد ما إذا كان فعالاً من حيث التكلفة الاستثمار بعدة ملايين من الدولارات في تكنولوجيا التصوير الطبي، أو تحديد ما إذا كانت عملية التصنيع تحت السيطرة، أو اختيار العلاج التأهيلي الأفضل لمريض معين.

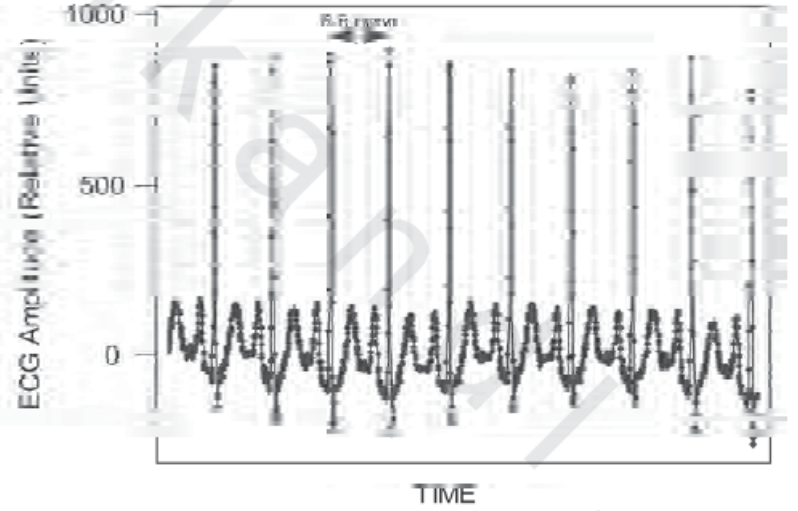
غالباً ما يكمن التحدي في صنع مثل هذه القرارات في حقيقة أن جميع البيانات في العالم الحقيقي تحتوي على بعض عناصر الشك بسبب العمليات العشوائية التي تكمن وراء معظم الظواهر الفيزيائية. تمنعنا هذه العناصر العشوائية من التنبؤ بالقيمة الدقيقة لأي كمية فيزيائية في أي لحظة من الزمن. وبعبارة أخرى، عندما نقوم بتجميع عينة أو نقطة بيانات، فإنه لا يمكننا عادة التنبؤ بالقيمة الدقيقة لتلك العينة أو النتيجة

التجريبية. على سبيل المثال، على الرغم من أن متوسط معدل ضربات القلب في حالة الراحة للبالغين العاديين حوالي 70 ضربة في الدقيقة، فإنه لا يمكننا التنبؤ بزمن الوصول الدقيق لضربة القلب التالية. ومع ذلك، يمكننا تقريب الاحتمال بأن زمن وصول الضربة التالية سيقع في فترة زمنية محددة إذا كان لدينا نموذج احتمال جيد لوصف الظاهرة العشوائية المساهمة في الفاصل الزمني بين ضربات القلب. يتأثر توقيت ضربات القلب بعدد من المتغيرات الفسيولوجية [1]، بما في ذلك فترة عدم الاستجابة الفسيولوجية للخلايا الفردية التي تشكّل عضلة القلب، وتسريب أغشية الخلايا في العقدة الجيبية (ناظم الخطى الطبيعي للقلب)، ونشاط الجهاز العصبي المستقل، الذي قد يُسرِّع أو يُبطئ معدل ضربات القلب كاستجابة لحاجة الجسم لزيادة تدفق الدم والأكسجين والمُغذِّيات. يؤدي جمع هذه العمليات البيولوجية إلى إنتاج شكل من ضربات القلب يمكننا قياسه عن طريق عد معدل النبض من شريان الرسغ أو الشريان السباتي أو من خلال البحث عن أشكال أمواج QRS محددة في المخطط الكهربائي للقلب [2]. على الرغم من أن هذا الجمع للأحداث يجعل من الصعب علينا التكهن بالضبط متى ستصل ضربة القلب الجديدة، فإنه يمكننا التخمين، بقدر لا ريب فيه من الثقة، متى ستصل الضربة التالية. وبعبارة أخرى، يمكننا أن نحدد احتمالاً من الاحتمالات بأن ضربة القلب التالية ستصل في فترة زمنية محددة. إذا كان علينا أخذ جميع أزمنة الوصول الممكنة في الاعتبار، وحددنا احتمالاً لأزمنة الوصول تلك، فسيكون لدينا نموذج احتمال لفترات ضربات القلب. وإذا استطعنا إيجاد نموذج احتمال لوصف احتمالات وقوع حدث معين أو نتيجة تجريبية، فإنه يمكننا استخدام الطرق الإحصائية لاتخاذ القرارات. تصف نماذج الاحتمال خصائص المجتمع الإحصائي أو الظاهرة التي يجري دراستها. بعد ذلك يستخدم التحليل الإحصائي هذه النماذج لمساعدتنا في اتخاذ القرارات بشأن المجتمعات الإحصائية أو العمليات.

إن الاستنتاجات التي قد يحصل عليها المرء باستخدام التحليل الإحصائي جيدة فقط بقدر جودة النموذج الأساسي الذي يتم استخدامه لوصف الظاهرة في العالم الحقيقي، مثل الفترة الزمنية الفاصلة بين ضربات القلب. على سبيل المثال، يُظهِر القلب الذي يعمل بشكل طبيعي تغيُّرًا كبيرًا في الفترات الزمنية الفاصلة من ضربة إلى ضربة (الشكل ١,١). يعكس هذا التغيّر جهد الجسم المستمر للحفاظ على التوازن بحيث يمكن للجسم الاستمرار في أداء وظائفه الأساسية، وإمداد الجسم بالأكسجين والمُغذِّيات اللازمة ليعمل بشكل طبيعي. وقد ثبت من خلال البحوث الطبية الحيوية أن هناك ضياعًا في تغيّر معدل ضربات القلب مرتبطًا ببعض الأمراض مثل السكري ومرض نقص التروية القلبية (مرض القلب الإقفاري). يسعى الباحثون لتحديد ما إذا كان هذا الاختلاف في التغيّر كبيراً بين الأشخاص الطبيعيين والأشخاص الذين يعانون من مرض قلبي (أي، أنه بسبب بعض التغيير الكامن في البيولوجي وليس مجرد نتيجة للصدفة) وعما إذا كان يمكن استخدامه للتنبؤ بتطور المرض [1]. وسيلاحظ المرء أن نموذج الاحتمال يتغير نتيجة للتغيرات في الوظيفة أو العملية البيولوجية الكامنة. في حالة التصنيع فإن نموذج الاحتمال المُستخدم لوصف خرج عملية التصنيع قد يتغير كدالة لتشغيل الآلة أو التغيرات في بيئة التصنيع المحيطة، مثل درجة الحرارة، أو الرطوبة، أو الإنسان المُشغِّل.

تساعدنا الإحصائيات، بالإضافة إلى مساعدتنا في وصف نموذج الاحتمال المرتبط بظاهرة في العالم الحقيقي، على اتخاذ القرارات عن طريق منحنا الأدوات الكمية لاختبار الفروض. ونحن ندعو هذا "بالإحصائيات الاستنتاجية"، حيث تتيح لنا نتائج الاختبار الإحصائي التوصل إلى استنتاجات أو القيام باستدلالات حول واحدة أو أكثر من المجتمعات الإحصائية التي تم استجرار العينات منها. في معظم الأحيان،

يهتم العلماء والمهندسون في مقارنة البيانات من مجتمعين أو أكثر من المجتمعات الإحصائية المختلفة أو من عمليتين أو أكثر من العمليات المختلفة. عادة ما تكون الفرضية الافتراضية هي أنه لا يوجد اختلاف في التوزيعات لمجتمعين أو أكثر من المجتمعات الإحصائية أو عمليتين أو أكثر من العمليات، ونحن نستخدم التحليل الإحصائي لتحديد ما إذا كانت هناك اختلافات حقيقية في توزيعات المجتمعات الإحصائية لضمان تحديد نماذج احتمال مختلفة للعمليات الفردية.



الشكل (١ , ١). مثال عن تسجيل الـ ECG (المخطط الكهربائي للقلب)، حيث يتم تحديد الفترة الفاصلة R-R كفترة زمنية فاصلة بين أمواج R المتتالية للمركبة QRS، وهو شكل الموجة الأكثر وضوحاً للـ ECG.

وباختصار، عادة ما يجمع مهندسو الطبية الحيوية البيانات أو العينات من ظواهر مختلفة تحتوي على بعض عناصر التغيرات العشوائية أو العناصر التي لا يمكن التنبؤ بها، لأغراض اتخاذ القرارات. ولاتخاذ القرارات السليمة في سياق عدم اليقين مع مستوى

معين من الثقة، فإننا بحاجة لافتراض بعض نماذج الاحتمال للمجتمعات الإحصائية التي تم جمع العينات منها. وحالما يتم افتراض النموذج الأساسي، فإنه يمكننا تحديد الاختبارات الإحصائية المناسبة لمقارنة مجتمعين إحصائيين أو أكثر ومن ثم استخدام هذه التجارب لاستخلاص استنتاجات حول الفرضيات التي جمعنا البيانات لأجلها في المقام الأول. يحدد الشكل (١,٢) خطوات إجراء التحليل الإحصائي للبيانات.

الشكل (٢ , ١). خطوات في التحليل الإحصائي.

سنقوم في الفصول التالية بشرح طرق لتلخيص البيانات التي تم جمعها بيانياً وعددياً. ثم سنتحدث عن توافق نموذج احتمال للبيانات التي تم جمعها من خلال وصف موجز لعدد من نماذج الاحتمال المعروفة جيداً التي يتم استخدامها لوصف ظاهرة بيولوجية. وأخيراً، حالما يتم افتراض نموذج للمجتمعات التي جمعنا منها بيانات العينات التي لدينا، فإننا سوف نناقش أنواع الاختبارات الإحصائية التي يمكن استخدامها لمقارنة البيانات من مجموعات متعددة وتسمح لنا باختبار الفروض حول المجتمعات الإحصائية الكامنة.