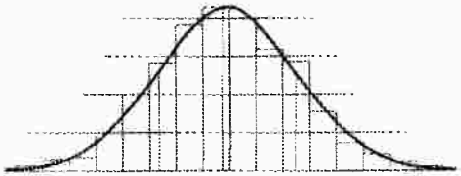

الفصـــــل

3

ذاك العزيز السيد غوسيت

لقد بدأت تلك الشركة العريقة القديرة، شركة غينيس للتخمير في دبلن، إيرلندا، Guinness Brewing company of Dublin Ireland بالاستثمار في العلوم مع بداية القرن العشرين. لقد ورث الشاب السيد غينيس المؤسسة وقرر أن يدخل التقنية العلمية في العمل بتوظيف خرّيجي قسم الكيمياء المتفوقين من جامعات أوكسفورد وكامبريدج. عيّن في سنة 1899 ويليام سيلي غوسيت William Sealy Gosset، الذي تخرج تواً من جامعة أوكسفورد وعمره ثلاث وعشرون سنة بتخصص مزدوج في الكيمياء والرياضيات. كانت خلفية غوسيت في الرياضيات تقليدية لعصره، تتضمن الإحصاء، معادلات التفاضل والتكامل، وعلم الفضاء

وجوانب أخرى من علوم آلية الكون. لم تدخل ابتكارات كارل بيرسون وبداية ظهور ما عرف بميكانيكية الكم منهج الجامعة بعد. لقد تم تعيين غوسيت لخبرته في الكيمياء، فما هي الفائدة من تعيين عالم رياضيات؟

اتضح أن غوسيت كان استثماراً جيداً لغينيس، فقد أثبت أنه مدير ناجح، وأرقي ليصبح كبير مسؤولي عمليات لندن الكبرى بأكملها. لقد كان في الواقع أول خبير رياضي يساهم بإنجازاته في فن تخمير البيرة. علماً أنه وقبل عدة سنوات، كانت شركة الهاتف الدانمركية من أولى الشركات التي استخدمت خبير رياضيات، إذ كان لديها مشكلة رياضية واضحة: وهي معرفة الحجم المناسب للوحة مفاتيح مقسم الهاتف. فأين تكمن الحاجة لحل مشكلة رياضية في مصنع للبيرة؟

تعاملت مقالة غوسيت الأولى التي نشرت سنة 1904 مع مثل هذه المشكلة، إذ يتم استخدام كميات معينة من الخميرة بمكيال دقيق عند تحضير مزيج الحنطة والنخالة للتخمير. إن الخمائر كائنات حية تتم زراعتها وتحفظ حية حتى تتكاثر في أوعية مليئة بالسائل قبل وضعها في المزيج. فيجب على العاملين قياس كمية الخميرة الموجودة في الوعاء المستعمل ليتمكنوا من معرفة كمية السائل اللازمة للاستعمال. كانوا يأخذون عينة من السائل ويفحصونها تحت المجهر، ثم يقومون بعد حلايا الخميرة التي يرونها. ترى ما دقة هذا القياس؟ من

المهم أن نعرف ذلك لأنه يجب ضبط كمية الخميرة المستخدمة في المزيج. فالقليل منها لا يؤدي إلى التخمير التام، بينما الكثير منها يؤدي إلى بيرة ذات مرارة.

فللاحظ موازاة ذلك لاتجاه بيرسون العلمي. كان مطلوباً قياس عدد خلايا الخميرة في العينة، ولكن حقيقة «الشيء» التي نبحث عنه هو مقدار تركيز خلايا التخمير في الوعاء بأكمله. وبما أن الخمائر مخلوقات حية، وأن الخلايا في تكاثر وانقسام مستمرين، فإن هذا «الشيء» الذي نبحث عنه لم يكن موجوداً أصلاً. فما كان موجوداً هو التوزيع الاحتمالي لخلايا الخميرة في كل وحدة حجم. قام غوسيت بفحص البيانات وقرر إمكانية تمثيل عدد خلايا الخميرة، حسب التصنيف الاحتمالي والمعروف بـ « توزيع بواسون»[1]. ولم يكن هذا من عائلة بيرسون في التوزيع الانحرافي، بل كان في الحقيقة توزيعاً غريباً ذا متغير واحد (بدلاً من أربعة).

تمكن غوسيت، باعتبار أن عدد خلايا الخميرة الحية في العينة يتبع تصنيف بواسون، من استنباط قوانين ونظريات للقياس أدت إلى تقييم أكثر دقة لتركيز خلايا الخميرة. تمكنت غينيس بالتالي من إنتاج منتج أكثر ثباتاً متبعة نظريات غوسيت.

(1) مجازاة لقانون ستيغلر الميزونومي، فقد تمت تسمية التوزيع البواسوني على اسم عالم رياضيات القرنين الثامن والتاسع عشر سيميون دينيس بواسون Simeon Denis Poisson، ولكن أحد أفراد عائلة البيرنوللي ذكر هذا التوزيع قبل بواسون الذي سمي باسمه.

ولادة «طالب»

رغب غوسيت بنشر نتائجه في مجلة ملائمة. لقد عُرف التوزيع البواسوني (أو معادلته) منذ نحو مئة سنة، وجرت عدة محاولات في الماضي لإيجاد أمثلة له من الحياة. إحدى تلك المحاولات كانت بعدّ أفراد جنود الجيش البروسي الذين ماتوا من ركلات الأحصنة. كان لدى غوسيت مثال واضح لفكرة التصنيف الإحصائي الجديدة في عدد خلايا الخميرة إضافة إلى التطبيقات الهامة. ولكن نشر مقالات الموظفين كان ضد سياسة الشركة، إذ قام قبل عدة سنوات خبير التخمير الرئيسي في غينيس بكتابة مقالة، كشف فيها سر تركيبة إحدى مراحل إنتاجهم، فقامت غينيس بمنع موظفيها من النشر حفاظاً على ممتلكات الشركة الخاصة.

تصادق غوسيت مع كارل بيرسون، أحد محرري مجلة بيومتريكا في ذلك الوقت، وأعجب بيرسون بقدرة غوسيت الهائلة في الرياضيات. أقنع غوسيت في سنة 1906 رؤساءه بأهمية الأفكار الرياضية الجديدة لشركة إنتاج البيرة فطلب إجازة لمدة سنة، يدرس خلالها تحت إشراف بيرسون في مختبر غالتون البيومتري. وقبل ذلك بسنتين، وعندما وصف غوسيت نتائج تجاربه مع الخميرة، تشوق بيرسون لنشرها في مجلته، فقرراً نشر المقالة باسم مستعار. نشر الاكتشاف الأول لغوسيت باسم كاتب عرف بـ «طالب».

كتب «طالب» خلال السنوات الثلاثين التالية سلسلة من

المقالات الهامة ظهر معظمها في البيومتريكا. اكتشفت يوماً عائلة غينيس أن «عزيزهم السيد غوسيت» كان يكتب وينشر سراً مقالات علمية مخالفاً بذلك سياسة الشركة. أجرى «طالب» معظم أنشطته الرياضية في المنزل خارج ساعات العمل المعتادة، ويوضح تقدمه في الشركة أنه لم يُسَأ إليها أو يُتهاون في خدمتها بسبب أعمال غوسيت الإضافية. هناك قصة مشكوك في صحتها، وهي أن أول ما اكتشفت عائلة غينيس ما كان يقوم به غوسيت، كان بعد موته المفاجئ بسكتة قلبية في سنة 1937 عندما طلب زملاؤه الرياضيون من الشركة، المساعدة في دفع تكاليف طباعة مقالاته في مجموعة منفردة. وبغض النظر عن صحة هذا أو عدمها، فقد كان واضحاً من مذكرات الإحصائي الأمريكي هارولد هوتيللينغ Harold Hotelling، الذي أزاد التحدث مع «طالب» في أواخر الثلاثينات، أن ثمة إجراءات تجري لترتيب لقاءات سرية بينهما لها طابع الجاسوسية الغامضة. يدل هذا على أن هوية «طالب» الحقيقية لم تكن بعد معروفة لشركة غينيس. أما مقالات «طالب» في البيومتريكا فقد ظلت في حدود النظرية والتطبيق، لأن غوسيت انتقل من المسائل العملية إلى المعادلات الرياضية الصعبة، ومن ثم عاد إلى الحقائق العملية وحلولها التي سيتبعها الآخرون.

غوسيت لم يحب الشهرة رغم كل إنجازاته. نجد مراراً في رسائله تعابير مثل «إن أبحاثي الخاصة (لا تعطي) إلا فكرة تقريبية للأمور...»، أو اعتراض بأنه أعطي تقديراً أكثر مما

يستحق على اكتشاف قام به عندما «استنبط فيشر فعلاً الرياضيات بأكملها...»، لكن ذكرى غوسيت تظل ذاك الزميل المعروف بطيبته وإنسانيته، وكان حساساً لمشاكل الآخرين العاطفية. توفي عن عمر لا يتجاوز الإحدى والستين، تاركاً زوجته مارجوري Marjory (التي كانت رياضية لامعة وقائدة فريق هوكي السيدات الإنجليزي)، وابناً واحداً وابنتين وحفيداً. كما أن والديه كانا على قيد الحياة عند موته.

اختبار ت لـ «الطالب»

إن كل العلماء مدينون لغوسيت على الأقل من أجل مقالة صغيرة، بعنوان «الخطأ المحتمل للوسط»، التي ظهرت في البيومتريكا سنة 1908. لقد أشار رونالد آيلمر فيشر Ronald Aylmer Fisher إلى الانطباعات العامة لهذه المقالة المميزة. أما بالنسبة لغوسيت، فقد كانت توجد مسألة محددة تحتاج إلى حل، والتي حاول فيها جاهداً في جلساته المسائية بمنزله بصبر ودقة عُرف بهما. كان يقوم كلما اكتشف حلاً ما باختباره مع بيانات أخرى، ثم يعيد فحص النتائج مراراً، محاولاً أن يكتشف ما إذا كان قد فاتته خلافات أساسية، واضعاً في الاعتبار كل الافتراضات الممكن أخذها، ومن ثم يحسب نتائجه ثانية. لقد توقع تكنولوجية الكمبيوتر مونتي كارلو Monte Carlo الحديثة، والذي شبّه فيه نموذج رياضي عدة مرات ليحدد التوزيع الاحتمالي المصاحب له، علماً أنه لم يكن لديه كمبيوتر. كان يضيف الأرقام بكل جهد ومثابرة ثم يقوم بأخذ معدل مئات

التجارب مدوناً التواتر الناتج بيانياً، قام بكل ذلك يدوياً.

تعاملت التجربة المعينة التي شرع بها غوسيت بالعينات الصغيرة. قام كارل بيرسون بحساب المتغيرات الأربعة لتوزيع ما بجمع مئات المقاييس من توزيع واحد، وافترض صحة التقييم الناتج للمتغيرات لكثرة عدد العينات التي استعملها. ولكن فيشر أثبت خطأه. يرى غوسيت بخبرته أنه نادراً ما يكون للعلماء سهولة الوصول لعينات كثيرة، بل إن السائد هو تجارب من عشر إلى عشرين عينة، واعتبر ذلك أمراً شائعاً في كل العلوم. كتب في إحدى رسائله إلى بيرسون: «إذا كنت أنا الرجل الوحيد الذي تعرف أنه استخدم عينات قليلة، فإنك رجل فريد. فإنني ومن هذا الموضوع بدأت بالتعامل مع ستراتون Stratton (زميل في جامعة كامبردج الذي)... مثّل تجربته بأربع عينات!».

افترض بيرسون في كل أعماله أن عينة البيانات كانت كبيرة لدرجة إمكانية تحديد المتغيرات بدون أخطاء. تساءل غوسيت ماذا يحدث إذا كانت العينة صغيرة؟ كيف يمكن أن نتعامل مع الخطأ العشوائي الذي لا بد أن يجد طريقه في حساباتنا؟

جلس غوسيت مساء إلى طاولة المطبخ وأخذ مجموعات صغيرة من الأرقام، فقام بإيجاد المعدل والانحراف القياسي، قاسماً واحداً على الآخر، ثم مثّل النتائج بيانياً. أوجد بعدها المتغيرات الأربعة المرتبطة بهذه النسبة، وقارنها بأحد أفراد مجموعة بيرسون للتوزيع الانحرافي. ويكمن اكتشافه العظيم

بعدم ضرورة معرفة القيم الحقيقية لكل المتغيرات الأربعة للتوزيع الأصلي، فلِنَسب القيم المقدرة للمتغيّرين الأوّلين توزيع احتمالي يمكن جدولته. إن منشأ البيانات ليس مهماً ولا ماهية القيمة الحقيقية للانحراف القياسي. وبأخذ نسبة هاتين العيّنتين المقدّرتين نتوصّل إلى توزيع معروف.

أشار فريدريك موستيللر Frederick Mosteller وجون تاكي John Tukey أن التحاليل الإحصائية من غير هذا الاكتشاف، تكون قد حكم عليها باستعمال أساليب تراجع لا نهاية لها. ومن غير اكتشاف ما أطلق عليه اختبار ت لـ «الطالب»[2]، فإن على المحلل تقدير المتغيرات الأربعة، ومن ثم تقدير المتغيرات الأربعة لتقدير المتغيرات الأربعة، ومن ثم تقدير المتغيرات الأربعة لكل واحدة على حدة، وهكذا مع عدم وجود أمل بالوصول إلى حساب نهائي. أوضح غوسيت أنه بإمكان المحلل التوقف عند الخطوة الأولى.

اتبع غوسيت في عمله فرضية أساسية. لقد افترض أن لمجموعة القياسات الأولى توزيعاً عادياً. وبعد سنوات، وباستعمال العلماء لاختبار ت لـ «الطالب» آمن كثيرون بعدم

(2) وهذا مثال على ما يمكن اعتباره نتيجة طبيعية لقانون ستيغلر الميزونومي. لقد استعمل غوسيت الحرف «ز» ليشير إلى هذه النسبة. وبعد عدة سنوات، اعتاد مؤلفو الكتب المدرسية استعمال الحرف «ز» للرمز إلى المتغيرات متوسطة التوزيع، وبدأوا باستعمال الحرف «ت» لنسبة «طالب».

الحاجة لهذه الفرضية. لقد وجدوا مراراً أن اختبار ت لـ «طالب» له نفس التوزيع، بغض النظر في ما إذا تم توزيع القياسات الأولى بالتساوي أم لا، أثبت برادلي إفرون Bradley Efron من جامعة ستانفورد Stanford صحة هذا الأمر سنة 1967، أو بالأحرى وجد أن لا حاجة لشروط الفرضية العامة.

ومع تطور اختبار ت لـ «طالب» نكون خضنا في استعمال نظرية التوزيع الإحصائي المنتشرة في كل العلوم، والتي لها بعض المشاكل الفلسفية العميقة. وهذا استعمال لما أسموه «الاختبارات الفرضية»، أو «الاختبارات الدالّة.» وسوف نتوغل في ذلك في فصل مقبل. سنكتفي الآن بذكر أن «طالب» زودنا بوسيلة علمية بإمكان الجميع استعمالها، حتى لو لم تفهمها إلا القلة.

صار «العزيز السيد غوسيت» الرجل الوسيط بين عملاقين لدودين من العباقرة، كارل بيرسون ورونالد آيلمر فيشر، وحافظ على صداقة حميمة مع كليهما رغم شكواه لبيرسون أنه لا يستطيع فهم ما كتب له فيشر. لقد بدأت صداقته مع فيشر قبل أن يتخرج في جامعة كامبردج. قام مرشد[3] فيشر في مادة علم الفلك بتعريفهما ببعضهما سنة 1912، عندما تلقى فيشر درجة الرانغلر (وهي درجة الشرف العليا في الرياضيات) من كامبردج.

(3) من المألوف في الجامعات البريطانية مثل كامبردج أن يخصص أحد أعضاء التدريس لكل طالب ويدعى مرشد الطالب، الذي يوجهه لإتمام منهجه.

لقد كان يبحث في مسألة فلكية، ومن ثم كتب بحثاً أعاد فيه استكشاف نتائج «طالب» سنة 1908. كان واضحاً أن الشاب فيشر لم يسمع بعمل غوسيت السابق.

أطلع فيشر، غوسيت على بحثه الذي كان فيه خطأ صغير اكتشفه غوسيت. ووجد بانتظاره لدى عودته إلى منزله صفحتين مليئتين بتفاصيل رياضية من فيشر. لقد أعاد الشاب العمل الأصلي، وتوسع فيه وتعرف إلى خطأ قد ارتكبه غوسيت. كتب غوسيت إلى بيرسون رسالة قال فيها: «مرفقاً لك رسالة أثبت فيها عل معادلتي لتوزيع التردد (لاختبارات لـ «طالب»)... هل يمكنك الاطلاع عليها من أجلي إذ أنني لا أشعر بالراحة لوجود أكثر من ثلاثة أبعاد، مع إنني أستطيع تفهم غير ذلك.....» لقد استطاع فيشر إثبات نتائج غوسيت مستعملاً الهندسة متعددة الأبعاد.

أوضح غوسيت في الرسالة كيف ذهب إلى كامبردج ليلتقي بصديق، كان أستاذاً لفيشر في كلية غونفيل وكيوس Gonville and Caius، وكيف تعرف إلى الطالب ذي السنوات الاثنتين وعشرين. يستمر قائلاً: «ولقد قدم هذا الشاب فيشر بحثاً موضحاً فيه المعيار الجديد للاحتمالات» أو شيئاً مشابهاً لذلك. إنه متقن ولكن كما استخلصت، فإن رؤياه غير عملية ولا يمكن تطبيقها».

يكتب غوسيت بعد وصفه للمناقشة بينه وبين فيشر في جامعة كامبردج:

لقد كان رده على ذلك بصفحتين من الورق الكبير مليئتين بالرياضيات العميقة والتي أثبت فيها (ثم أتبعها بمجموعة من المعادلات الرياضية)..... لم أستطع فهم ما كتبه وكتبت له قائلاً بأنني سوف أراجعها حالما أجد فرصة. لقد أخذتها فعلاً معي إلى البحيرات، ولكنني أضعتها!

وهو يرسل إلي اليوم هذا. يبدو لي أنه إذا كانت صحيحة، فقد ترى أن تثبتها في ملحوظة جانبية، فهي جيدة ورياضية لحد أنها قد تسترعي اهتمام الآخرين.....

وهكذا كان ظهور أحد عظماء عباقرة القرن العشرين على الساحة. قام بيرسون بنشر ملحوظة الشاب في البيومتريكا. وبعد ثلاث سنوات، وبعد سلسلة من الرسائل المتبادلة بينهما، قام بيرسون بنشر بحث آخر لفيشر بعدما تأكد من ظهوره كإضافة ثانوية لأعمال أحد مساعدي بيرسون. لم يسمح بيرسون بنشر بحث آخر لفيشر في مجلته. وجد فيشر أخطاء كثيرة في إنجازات بيرسون التي كان يفتخر بها، بينما أشارت مقالات بيرسون في أعداد أخرى من البيومتريكا إلى أخطاء ارتكبها «السيد فيشر»، أو «أحد طلابه» في أبحاث ظهرت في مجلات أخرى. يعتبر كل هذا مادة قيمة في الفصل التالي. سوف يظهر غوسيت ثانية في بعض الفصول المقبلة. فهو كأستاذ عبقري، كان له أثر بالغ في تقديم الشباب والشابات لعالم التوزيع الإحصائي الجديد، ولكثير من طلابه ومساعديه