إرهاصات حول تطور علم الاحتمالات والإحصاء الرياضي

الجزء الثاني: سنوات التنظير والتمنهج

عبد الوهاب بيبي

أستاذ بجامعة الشهيد العربي بن مهيدي، أم البواقي

abd.bibi@gmail.com

ملخص الجزء الأول

لعلك تذكر عزيزي القارئ ما تناولته في الجزء الأول من هذا المقال من المبادرات الرئيسية التي بادر بها العلماء الروس والتي كانت اللبنات الأساسية لعلم الإحصاء الرياضي. وهكذا بعد أن رأى هذا الأخير النور، سارع المنظرون لتنظيره ووضع الأساليب والمناهج الرياضية لتطبيقه والاستفادة منه في شتى مناحي الحياة. سأسرد في هذا الجزء الخطوط العريضة لتوطين علم الاحصاء كجزء من الرياضيات البحتة أو التطبيقية.

1. من ذكريات كرامر

يقول كرامر (Cramer) في كتيّبه لكامبريدج إن العرض التوضيحي الذي قدّمه عن عبقرية ليفي (Lévy)، جلب له بعض الدعوات لتقديم عروض أخرى في مختلف الأماكن، وقد اغتنم كرامر هذه الفرص لمقابلة بعض المؤلفين الذين تابع أعمالهم لاحقًا باهتمام كبير. ففي ربيع عام 1937، دُعي إلى باريس لإلقاء بعض المحاضرات في جامعة السوربون، وتعرّف حينها على بعض الاحتماليين الفرنسيين، منهم فريشيه (Fréchet) وَليفي وبعض أعضاء الجيل الصاعد أمثال ديفي (Dugué) وفورتي (Fortet) ولوف (Loève). وبدا حينها جليًا لكرامر أن ليفي كان رائدًا في تطوير علم الاحتمالات من خلال مؤلفه "نظرية إضافة المتغيرات العشوائية".

بعد ذلك بقليل، في عام 1937 نفسه، عُقد مؤتمر في جنيف حول الاحتمالات والإحصاء الرياضي، والتقى كرامر بعدد كبير من الشخصيات العلمية المشهورة آنذاك. وغاب عن هذا المؤتمر العلماء الروس الذين قبلوا الدعوة ولم يتمكنوا من التواجد (وهو ما يحدث غالبًا). جاء كرامر وفيلر (Feller) من ستوكهولم، وكان كرامر مهتمًا خاصة بلقاء نيمان (Neyman) الذي جاء لتقديم طريقته الجديدة للتقدير بمناطق الثقة. وفي منتصف محاضرته، تمت مقاطعته من قبل اثنين من الخصوم، فريشيه وليفي. ولما كان كرامر مترأسًا للجلسة، كان عليه تهدئتهم والسماح لنيمان بإنهاء عرضه. وكان كرامر قد قرأ مقالة نيمان البارعة في منشورات الجمعية الملكية، وكان لديه الاقتناع التام بأن أفكار نيمان كانت سليمة، معتقدًا أن خصومه الفرنسيين قد يتوصلون إلى النتيجة ذاتها فيما بعد.

يردف كرامر قائلًا: "قرب نهاية عام 1938، بعد أن دُعيت إلى لندن، استقبلني بعض أصدقائي القدامى، والتقيت للمرة الأولى مع فيشر (Fisher) وبيرسون (Pearson). كان نيمان وقتها في كاليفورنيا. لقد قدّمت عرضًا موجزًا لأعمالي في الاحتمالات، مع الحرص على تجنب أطروحات الاستدلال الإحصائي المثيرة للجدل". كان ذلك بعد وقت قصير من اتفاقيات ميونيخ، ومسألة السلام أو الحرب كانت راسخة في أذهان الجميع. وخلال صيف عام 1939، قبل شهر بقليل من بداية الحرب، كان هناك مؤتمر في جنيف، حول تطبيق الاحتمالات. كان فيشر حاضرًا، أتذكر، يقول كرامر إنني قلت له بضع كلمات من الإطراء على حدسه الهندسي في معالجة التوزيعات المتعددة الأبعاد، وقد تلقيت منه ردًا فيه ما يُقال إلى حد ما: "أنا أُتّهم أحيانًا بالحدس كجريمة ". قابلت خلال هذا المؤتمر ويلكس (Wilks) وبارتلات (Bartlett)، وكان لدينا ما يكفي من الوقت للعودة إلى السويد قبل مهاجمة النازيين لبولندا، وبدأت الحرب العالمية الثانية.

2. سنوات الحرب

خلال سنوات الحرب، كان علماء الاحتمالات والإحصاء الرياضي معزولين تمامًا. ففي السويد كانوا محاطين بالحرب حيث احتل النازيون الدنمارك والنرويج، وكانت فنلندا في حالة حرب مع روسيا. وفي ستوكهولم، حاول كرامر، ضمن مجموعته الصغيرة من علماء الاحتمالات، مواصلة العمل، لكن الوصول إلى المنشورات العالمية كان شبه مستحيل. وفي فرنسا ظلت المدرسة الفرنسية لحساب الاحتمالات نشطة للغاية، مع أعمال السادة بوريل (Borel) وَفريشيه وَليفي.

بعد عمله على أسس حساب الاحتمالات (التوابع المميزة، ومجموع المتغيرات العشوائية)، نشر ليفي مذكراته حول التكامل العشوائي والحركة البراونية، ومسائل مختلفة خارج نطاق الاحتمالات، مما حفز علماء الاحتمالات من الجيل الصاعد على دراسة، وبشكل أساسي، التوابع العشوائية الثابتة. في هذا الوقت طبق بيير (Beer) أسس الاحتمال على مسائل في الفيزياء النظرية. أشير أيضًا إلى أن دوبلان (Doblin)، وهو من أصل ألماني، ترك عملًا غير مكتمل بعد أن قُتل في بداية الحرب، إذ كان مقاتلًا في الجيش الفرنسي.

لم يتطور الإحصاء في فرنسا كما هو الحال في الدول الأنجلوساكسونية. الأعمال الرئيسية هي أعمال دارموا (Darmois) وفريشيه في الإحصاء النظري، وماليكوت (Malécot) في القياسات الحيوية. لا أتحدث هنا، بالطبع، عن العلوم الاكتوارية. في السنوات التي سبقت الحرب، كان الإحصائيون الأنجلوساكسونيون يعملون دون تواصل متبادل كافٍ، وكان من المفيد محاولة تجسير محاور أبحاثهم.

منذ عام 1938، كان كرامر قد أحرز تقدمًا في تأليف كتاب عن الأساليب الإحصائية الحديثة، استنادًا إلى النظرية الرياضية للاحتمالات، وأبدى ناشر ألماني اهتمامًا بنشر الكتاب، ولكن بسبب معاداة كرامر الشديدة للنازية، فإن المشروع لم يُنجَز. لكن بحلول عام 1942، عندما بدت نهاية الحرب بعيدة، استأنف كرامر هذا المشروع، وبدأ بتحرير كتاب باللغة الإنكليزية. وبحلول صيف عام 1945، أصبح المخطوط جاهزًا للطباعة بعنوان "الأساليب الرياضية للإحصاء"، متكونًا من ثلاثة أجزاء: مقدمة رياضية بحتة، ونظرية المتغيرات العشوائية وتوزيعاتها الاحتمالية، ثم تطبيقها على الاستدلال الإحصائي. لقي الكتاب انتقادًا لاذعًا من قبل الكثير من المؤلفين لعدم تضمينه نظرية كولموغوروف كاملةً في الجزء الاحتمالي من الكتاب، والاكتفاء بالتوزيعات في الفضاءات الأقليدية المحدودة (ربما لتسهيل القراءة).

من ناحية أخرى، فإن عدم تضمين الكتاب مناقشة وافية حول تقارب متتاليات المتغيرات العشوائية، والتطرق إلى السيرورات العشوائية كان موضع نقد أيضًا. في الجزء المخصص للاستدلال الإحصائي، حاول كرامر عرض عمل فيشر بشكل منهجي حول توزيع العينات والتقدير الإحصائي، وقدّم عروضًا توضيحية دقيقة لنتائجه، مُكملًا إياها في نقاط معينة. كما خصص كرامر فصلًا لمناطق الثقة لنيمان، محاولًا توضيحها للقارئ، دون الإصرار كثيرًا على الانحياز إلى نيمان في الجدل الدائر حول احتمالية فيشر الائتمانية. كما قدّم لمحة عامة عن نظرية نيمان-بيرسون، مدركًا لاحقًا أنه كان ينبغي تناول هذا الموضوع المهم بمزيد من التفصيل.

في الفترة التي تلت الحرب، تجلّت أهمية وجود منهجية إحصائية متطورة للتطبيقات الصناعية والعسكرية بشكل متزايد. وعمل علماء الرياضيات والإحصاء في الدول المتحاربة على إتقان هذه الأساليب وتطبيقاتها. عندما ظهرت بعض النتائج بعد الحرب، اتضح أن مشاكل التحكم في أنظمة الدفاع الجوي والرادارات كانت موضوعًا لأبحاث بالغة الأهمية، ووفرت حينها نظرية السيرورات العشوائية المستقرة أداةً فعّالة في هذا الصدد. وقد أنجز كلٌّ من كولموغوروف وفينر (Wiener) بشكل مستقل، أعمالًا مهمة في هذا المجال.

في مذكرتين قصيرتين، لكنهما بالغتا الأهمية، نُشرتا خلال الحرب، أشار كولموغوروف إلى إمكانية تطبيق نظرية فضاءات هيلبرت بنجاح في دراسة المتغيرات العشوائية والسيرورات العشوائية المستقرة. بعد الحرب بفترة وجيزة، طوّر عالم الرياضيات الفنلندي كارهونن (Karhunen) هذا العمل، وكان له تأثير عميق على تطوير نظرية وتطبيقات

السيرورات العشوائية المستقرة وغيرها. ومن الأعمال المهمة الأخرى في هذا الاتجاه أطروحة عام 1950 بعنوان "السيرورات العشوائية والاستدلال الإحصائي لغريناندر (Grenander) الذي كان آنذاك عضوًا في مجموعة كرامر في ستوكهولم.

أشار كرامر في مذكراته إلى أنه خلال زيارته لباريس في ربيع عام 1946، التقى ببعض أصدقائه القدامى، أمثال ليفي الذي نهب النازيون شقته وأحرقوا كتبه ومذكراته، لكنه كان قد بدأ بالفعل عملًا جديدًا في السيرورات العشوائية، والذي أسفر عن نتائج مهمة. يقول كرامر: "في إحدى محاضراتي في باريس، كان عليّ أن أتحدث عن التقدير الإحصائي، وكنتُ قد خططتُ لإلقاء بعض الكلمات حول مسألة فترات الثقة والاحتمالية الائتمانية المثيرة للجدل. كان من المزعج بعض الشيء بالنسبة لي معرفة أن فيشر كان في باريس ويحضر محاضرتي. كنتُ أتوقع بعض التعليقات غير المريحة، ولكن في نهاية محاضرتي، أخبرني أنه لا يجيد الفرنسية بما يكفي لفهم ما أقوله، وأنه يريد مقابلة خاصة. حدث هذا في نفس المساء وانتهى بشكل سعيد للغاية، مع أنني لم أُخفِ رأيي.

يضيف كرامر قائلًا: "في عام 1946، زرتُ الولايات المتحدة لأول مرة بمناسبة الذكرى المئوية الثانية لجامعة برينستون (Princeton) حيث التقيتُ ببعض أصدقائي القدامى، ويلكس، نيمان، فيلر، وآخرين، بالإضافة إلى عدد كبير من الأصدقاء الجدد. كان من دواعي سروري التعرف على دووب (Doob) الذي لطالما أعجبتُ بعمله في مجال السيرورات العشوائية. وبدعوة من كوكس (Cox) وهوتلينغ (Hotelling)، قمتُ بزيارة قصيرة إلى تشابل هيل (Chapel Hill) حيث كنتُ أعود إليها كثيرًا منذ ذلك الحين. في بيركلي (Berkeley)، حيث دُعيتُ لحضور ندوة صيفية، كان نيمان يُعدّ سلسلته الشهيرة من "ندوات بيركلي"، وقد اهتممتُ بشدة بأبحاثه، وكذلك بلقائي بمجموعة من زملائه الشباب في مختبر بيركلي للإحصاء، وجميعهم معروفون الآن بأعمالهم العلمية المتميزة".

يواصل كرامر: "في عام 1955، حضرتُ احتفال جامعة موسكو بالذكرى المئوية الثانية لتأسيسها، ممثلًا عن جامعة ستوكهولم. أتذكر ذلك الحدث الاستثنائي عندما ذهبنا في أول ليلة إلى أوبرا البولشوي (Bolschoi)، ورأينا الحكومة السوفيتية بأكملها مجتمعة على المنصة. شخصيًا، كانت تلك فرصة ثمينة للتعرف على علماء الرياضيات السوفييت الذين ساهموا بعملهم إسهامًا كبيرًا في تطوير نظرية الاحتمالات. للأسف، مرض خينتشين (Khintchine) وتوفي بعد ذلك بوقت قصير. لكنني التقيتُ كولموغوروف الذي أبهرني كشخصية علمية بارزة، والذي سعدتُ برؤيته عدة مرات بعد ذلك. التقيتُ أيضًا بدينكين (Dynkin) الذي كان حينها قد بدأ عمله على سيرورات ماركوف (Markov)، والذي يواصله الآن في الولايات المتحدة الأمريكية. التقيتُ لينيك (Linnik) الذي كان عمله ذا صلة وثيقة بعملي. التقيتُ أيضًا غنيدانكو (Gnedenko) الذي كتب بالاشتراك مع كولموغوروف عملًا مهمًا عن مسائل النهاية في الاحتمالات والعديد من الأعمال الأخرى. وكانوا يستعدون لإطلاق مجلة جديدة بعنوان "نظرية الاحتمالات وتطبيقاتها"، والتي أصبحت منذ ذلك الحين منشورًا دوليًا مهمًا".

يضيف كرامر: "في خمسينيات القرن الماضي، انغمستُ بشدة في العمل الإداري بالجامعة، واستغرق ذلك وقتًا طويلًا. بعد أن تمكنتُ من التخلي عن هذه المهام عام 1961، أجريتُ بعض الأبحاث حول السيرورات المستقرة، وحاولتُ تعميم بعض الأجزاء المهمة من النظرية على فئات أعم من السيرورات العشوائية. قضيتُ وقتًا طويلًا في السفر، وزرتُ الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتي والهند وعددًا من الدول الأوروبية. وفي كل مكان، رأيتُ جهدًا مكثفًا في البحث في المجالات التي تحدثتُ عنها، مستكشفًا اتجاهات جديدة ومحملًا نتائج جديدة على مسائل قديمة. ولكن لم يعد بإمكان أي شخص متابعة وفهم أكثر من جزء صغير جدًا من العمل العظيم الجاري الآن".

الخلاصة

يُستشف مما سبق في الجزء الأول أن البوادر الأولى لظهور علم الاحتمالات والتي أسست فيما بعد لبروز علم الإحصاء بوصفه نتيجة حتمية، كان للعلماء الروس اليد الطولى، بالإضافة إلى العلماء الإسكندناف. فلم تثن سنوات الحرب عزائمهم وطموحاتهم، بل على العكس، فسنوات الحرب الأولى كانت بالفعل سنوات التأسيس لعلم أصبح في عصرنا من الركائز، بل قل الركيزة الأساسية للاقتصاد العالمي. فهو محرك سوق البورصة العالمي، ومنقذ الدول من أزمات التضخم، والمتحكم الفعلي في اقتصاداتها. إنه بحق رئة العالَم وقلبه النابض؛ فبدونه ما كانت لتنبؤات الأرصاد الجوية وجود، ولا للجودة رقيب، ولا لعلم الديموغرافيا توقع وتقدير.

رابط الجزء الأول من المقال https://www.ens-kouba.dz/magazine/pdf/n18/article18-1.pdf

المراجع

[1] Bernoulli, J., *Ars conjectandi* : *Opus posthumum* : accedit tractatus de seriebus infinitis, et Epistola Gallicè Scripta de ludo pilae reticularis, Impensis Thurnisiorum, fratrum in Basileae, 1713.

[2] Burton, D. M., *The History of Mathematics : An Introduction*, McGraw-Hill, New York, 2011.

[3] Cramer, H., *Probabilité mathématique et inférence statistique. Quelques souvenirs personnels sur une importante étape du progrès scientifique*, Revue de Statistique Appliquée, 31(3), (1983), 5-15.

[4] Fisher, R. A., *Uncertain Inference*. Proceedings of the American of Arts and Sciences, 71, (1936), 245-258.

[5] Fisher, R. A., *The Nature of Probability*. Unit Review, 2, (1958), 261-274.

[6] Kolmogorov, A. N., *From the Heritage of A. N. Kolmogorov*: *The Theory of Probability*, THEORY PROBAB. APPL. 48(2), (2004), 191–22.

[7] Kolmogorov, A. N. and Khintchine, A., *Foundations of the Theory of Probability*, Asymptotische Gesetze der Wahrscheinlichkeitsrechnung, 1952.

[8] Pearson K., *La grammaire de la science*, Journal de la société statistique de Paris, 53 (1912), 196-214.