الفصل

21

عبقري في العائلة

شهد الربع الأول من القرن العشرين هجرة ضخمة، من شرق وجنوب أوروبة إلى إنجلترا والولايات المتحدة وأستراليا وجنوب أفريقية. كان معظم ملايين المهاجرين من الطبقات الفقيرة في بلادهم، يبحثون عن فرص اقتصادية، والحرية من حكامهم المستبدين والحكومات الفوضوية. استقر كثير منهم في أحياء قذرة لفقراء المدن الكبيرة، وكان على أطفالهم أن يخرجوا من هذا الفساد السياسي عن طريق عصا التعليم السحرية. أثبت بعض هؤلاء الأطفال نجاحاً واضحاً، بل كان بعضهم من العباقرة. هذه قصة اثنين من هؤلاء الأطفال المهاجرين، تلقى أحدهما شهادة الدكتوراه، وشهادتي دكتوراه علمية، بينما ترك الآخر الثانوية العامة في الرابعة عشرة من عمره.

obeikandl.com

أ.ج غود I.J. Good

لم يحب موزيز غوداك Moses Godack القيصر، أو سيطرته على بولندا حيث وُلد. كما لم يكن لديه رغبة أن يلتحق بالتجنيد الإلزامي في جيش القيصر على وجه الخصوص. ذهب وهو ابن سبع عشرة سنة إلى الغرب مع صديق له يشاطره الفكر. كان لديهما خمس وثلاثون روبية وقطعة جبن كبيرة. لم يكن لديهما تذاكر لركوب القطار، فناموا تحت مقاعد القطار واستخدموا الجبن لرشوة ساعي التذاكر. وصل غوداك إلى منطقة حي اليهود الفقيرة في وايتشابل Whitechapel، بلندن. لم يكن لديه سوى إقدامه وصحته البدنية. فتح محلاً لصناعة الساعات، إذ كان قد تعلم هذه الصنعة بمراقبته صانعي الساعات من نافذة العرض، أثناء عملهم (حيث الإضاءة أفضل). أصبح مهتماً بالأحجار القديمة ذات النقش البارز، وأخيرا فتح محلاً بالقرب من المتحف البريطاني المتخصص بالمجوهرات الأثرية (مستلفاً من زوجته المستقبلية). كان الرجل الذي استأجره لكتابة اسم محله الجديد على النافذة ثملاً، فلم يتمكن من كتابة غوداك بشكل صحيح، لذلك أصبح اسم المحل «ركن غود للأحجار الكريمة Good's Cameo Corner»، وأصبح اسم العائلة غود.

ولد ابن موزيز غوداك، أ.ج. غود، في لندن في 9 ديسمبر/كانون الأول سنة 1916. لقد أطلقوا عليه في البداية اسم أيسدور Isidore. شعر الشاب أيسدور غود بالحرج من الصور المعلقة في كل أنحاء المدينة تعلن عن مسرحية باسم

الفاضل أيسدور. ومن ذلك اليوم، عرف باسم جاك، ونشر كتبه وأبحاثه باسم أ.ج.غود.

يذكر جاك غود في مقابلة مع ديفيد بانكس David Banks سنة 1933، عندما كان في التاسعة من عمره، اكتشف الأرقام وأصبح بارعاً في الحساب الذهني. ثم أصيب بالدفتيريا وكان عليه أن يبقى في سريره. قامت إحدى أخواته الكبار بتعليمه كيفية استخراج الجذر التربيعي. كان آنذاك استخراج الجذر التربيعي جزءاً من المنهج المدرسي بعد تعليم الطلبة القسمة الطويلة. كان يشمل سلسلة من عمليات التنصيف والتربيع تعرض على الورقة بطريقة مشابهة للقسمة الطويلة.

بدأ وبسبب مكوثه في سريره باستخراج الجذر التربيعي للعدد 2 في ذهنه. اكتشف أن العملية استمرت في الغموض، وعند تربيعه للإجابة الجزئية كان تربيع الإجابة أقل قليلاً من العدد 2. استمر في فحص الأرقام المتداخلة، باحثاً عن مثال يحتذى، ولكنه لم يتمكن من إيجاده. فكّر في العملية على أنها فرق بين تربيع وضعف تربيع آخر، لذا يمكن إظهارها على أنها نسبة بين عددين فقط بوجود النموذج أو المثال. اكتشف جاك غود البالغ من العمر عشر سنوات، أثناء استلقائه في سريره باستخدام ذهنه فقط، عدم منطقية الجذر التربيعي للعدد 2. وجد أثناء تلك المرحلة حلاً لمسألة ديوفانتين Diophantine المعروفة بـ «معادلة بل Pell's equation». ورغم أن الأخوين فيثاغورث اكتشفا عدم منطقية الجذر التربيعي للعدد 2 في العصر

اليوناني القديم، وأنه تم إيجاد حل معادلة بل في القرن السادس عشر، إلا أن ذلك لا يقلل من الإنجاز الواضح للحساب الذهني لطفل في العاشرة من عمره.

يقول جاك غود متأملاً في مقابلة سنة 1933، «لم يكن اكتشافاً سيئاً الذي وصفه هاردي Hardy (عالم رياضيات نشيط في العشرينات والثلاثينات) كإنجاز عظيم لعلماء الرياضيات اليونانيين القدامى. وكوني كنت مسبوقاً بالرجال العظام أمر مألوف بالنسبة لي الآن، ولكنه لم يكن عادياً من قبل 2500 سنة».

التحق غود بمدرسة أسكي لبائعي الخردة Haberdashers' Aske's School[1] في هامستد Hampstead، وهو ابن اثنتي عشرة سنة. وهي مدرسة ثانوية للأولاد الذين يحملون شعار «اخدم وأطع». كانت تقدم الطعام للأطفال العاملين في المحلات، وكان لديها مقاييس صارمة. استطاع فقط نسبة 10٪ من طلابها أن يصلوا إلى «الصفوف العليا»، المستوى الأعلى، وأكمل ستة من هؤلاء فقط تعليمهم الجامعي. تعلم غود ابتداءً على يد أستاذ اسمه السيد

(1) إن مدرسة أسكي لبائعي الخردة هي إحدى المدارس السبع التي أنشأتها مؤسسة بائعي الخردة، وهي نقابة للصناع وأصحاب الحرف (أنشئت سنة 1448). توفي روبرت أسكي Robert Aske الرئيس القديم للمؤسسة سنة 1689، تاركاً وراءه إرثاً بوصية (تم تنفيذه من قبل المؤسسة إلى يومنا هذا) من أجل إنشاء مدرسة لعشرين من أبناء بائعي الخردة الفقراء. وهي اليوم مدرسة ناجحة جداً فيها 1300 طالب. وتبقى الصلة مع المؤسسة من خلال الهيكل الإداري، والتي نصف أعضائها، بالإضافة إلى رؤساء اللجنة، هم أعضاء في المؤسسة.

سمارت Mr. Smart. كان السيد سمارت يكتب مجموعة من أسئلة التمارين على اللوح المدرسي؛ كان بعضها شديد الصعوبة. كان يعلم أن التلاميذ سيستغرقون وقتاً طويلاً لحلها، بينما كان يقضي وقته في إنجاز أعماله على مكتبه. وفي أثناء كتابته للسؤال الأخير، يصرح الشاب أ. ج. غود، «لقد انتهيت». «هل تقصد السؤال الأول؟» يسأله السيد سمارت بقليل من الدهشة. «لا»، يجيب جاك. «بل كل الأسئلة».

أولع غود بكتب الأحاجي الرياضية، ولكنه كان يفضل النظر إلى الإجابات أولاً، ومن ثم يبحث عن طريقة يستمدها من الأحجية ليستخرج الجواب المفترض. كان ينظر عند مواجهته بمسألة تتضمن عدة احتمالات، إلى الإجابة ويلاحظ أنه كان بالإمكان الوصول إلى الإجابة بحسابات مملة، ولكنه ينخدع باحتمالية شمول الإجابة. اكتشف وبفعله ذلك، مبدأ الاستقراء الرياضي. كان غود في تقدم. كان هذا اكتشافاً قام به علماء رياضيات قدامى منذ 300 سنة.

التحق غود بجامعة كامبردج وهو في التاسعة عشرة من عمره. سبقته سمعته كطفل عبقري في الرياضيات. واكتشف هناك الكثير من الطلبة كانوا بمثل ذكائه. كان أستاذه لمادة الرياضيات في جامعة جيساس Jesus College، في كامبردج، يستمتع في تقديم البراهين التي رتبت على درجة من الخداع الرياضي، تُطمس تماماً فيها الأفكار البديهية الكامنة خلف البراهين. ولزيادة صعوبة الأمر، يقوم الأستاذ بتقديم البراهين

بسرعة يصعب على التلاميذ نقلها عن اللوح المدرسي، عندما يمسح السطور الأولى ليبدأ السطور الجديدة. تفوق غود في كامبردج، جاذباً أنظار بعض أساتذة الرياضيات المرموقين. حصل على الدكتوراه في الرياضيات عام 1941. كانت رسالته تناقش المفهوم الطوبولوجي للبعد الجزئي، الذي كان توسع في الأفكار التي طورها هنري ليبيسغ Henri Lebesgue (تذكر ليبيسغ الذي أعجبت أعماله جيرزي نيمان، والذي كان بنفس الوقت فظاً معه عندما قابله).

كانت الحرب دائرة، وأصبح جاك غود خبيراً بالشيفرة في مختبرات بلتشلي بارك Bletchley Park، بالقرب من لندن، في الوقت الذي أجريت فيه المحاولات لاختراق رموز الشيفرات السرية الألمانية. وتتكون الشيفرة السرية من مجموعة حروف تُحوّل إلى سلسلة من الأرقام والرموز. أصبحت هذه الرموز معقدة جداً بقدوم سنة 1940، مع نموذج التحويل المتغير لكل حرف. فلنفترض على سبيل المثال، أننا نريد أن نشفّر الرسالة «بدأت الحرب». أحد الطرق تكون بتعيين رقم لكل حرف، وتصبح الشيفرة كالتالي: «12 06 14 09 06 23 11 19 20 01 13». وسيظهر في الشفرة تكرار الرقم 06 نستنتج من هذا، تكرار، لنفس الحرف. وبرسالة أطول، وبمعرفة بالتكرار الإحصائي للحروف المختلفة في لغة التشفير، بالإضافة إلى تخمينات صحيحة، يستطيع المشفر تفسير مثل هذه الرسالة بظرف ساعات عدة.

طور الألمان آلة خلال السنوات الأخيرة من الحرب العالمية الأولى غيرت الرمز الشيفري لكل الحروف. قد تشفر الحرف الأول بالرقم 12، ولكن قبل تشفير الحرف التالي، تقوم الآلة باختيار رمز شفري مختلف تماماً، لذلك قد يتم إعطاء الحرف الثاني رمزاً آخر مثل الرقم 14، مع تغيير في الحرف التالي، وهكذا. وينبغي على متلقي الرسالة فهم هذا النوع من الرموز الشيفرية، لذلك يجب أن تكون هناك درجة من الانتظام للطريقة التي تغير فيها الآلة بين الرموز. ويصبح بإمكان خبير الشيفرات أن ينظر إلى النماذج الإحصائية ويقدر طبيعة الانتظام أو التناسق ويحل الرمز الشيفري بهذه الطريقة. ممكن تصعيب المهمة على خبير الشيفرات: بمجرد تغيير الرموز الأولية بخطة محكمة، من الممكن تغيير الخطة بأخرى أكثر إحكاماً، وبذلك يصبح تحليل الشيفرة أكثر صعوبة.

من الممكن تمثيل كل هذا بنموذج رياضي يشبه نماذج التسلسل البيزوني الهرمي في الفصل الثالث عشر. يمكن لنموذج التغيير في كل مستويات التشفير أن يمثَّل بالمتغيرات؛ وبذلك تكون لدينا قضية المقاسات، الأرقام الأولية في الرسالة المشفرة والمشاهدة، المتغيرات التي تصف المستوى الأول في التشفير، وفوق المتغيرات التي تصف التغيرات في هذه المتغيرات، وفوق فوق المتغيرات التي تصف المتغيرات في هذه المتغيرات وهكذا. وأخيرا وحيث إنه يجب على المتلقي فك رموز الشيفرة، يجب أن يكون هناك مستوىً أخير في التسلسل

تكون فيه المتغيرات ثابتة وغير متغيرة، وبالتالي فإن مثل هذه الشيفرات قابلة للفك نظرياً.

من إحدى إنجازات أ.ج. غود الأساسية، كان في الإسهام الذي قام به لتطوير أساليب بايز التجريبية والتسلسلية، والتي أخذها من أعمال قام بها في بلتشلي. خرج من تجاربه في وقت الحرب باهتمام كبير للنظريات الأساسية للإحصاء الرياضي. قام بالتدريس لفترة في جامعة مانشستر، ولكن الحكومة البريطانية أغرته للعمل مجدداً في الاستخبارات، وهناك أصبح شخصاً هاماً في استخدامه للكمبيوتر في التعامل مع المسائل التي تتعلق بتحليل الشيفرات. قادته قوة الكمبيوتر في فحص الأرقام والمجموعات الضخمة إلى البحث في نظرية التصنيف، وهناك يتم تنظيم الوحدات الملحوظة بهيئة تعريفات مختلفة من «التقارب».

حصل غود أثناء عمله مع الاستخبارات البريطانية على شهادتين عاليتين، دكتوراه علوم من كامبردج ودكتوراه علوم من أوكسفورد. قدم إلى الولايات المتحدة في 1967، بعد أن استلم منصباً كبروفيسور جامعي له شأنه في معهد فيرجينيا للفنون المتعددة وظل هناك إلى أن تقاعد سنة 1994.

كانت المصادفة الواضحة الظاهرة في الأرقام تثير اهتمام غود. «وصلت إلى بلاكسبيرغ (فيرجينيا) Blacksburg (Virginia في الساعة السابعة من اليوم السابع من الشهر السابع من السنة السابعة في العقد السابع، وسكنت في الشقة السابعة في المبنى

السابع... كل ذلك بمحض الصدفة». واستمر يقول « لدي فكرة نصف مختمرة هي أن الإله يعطي المصادفات كلما ازدادت شكوك الإنسان في حدوثها، ولذلك يزود الفرد بالدلائل من غير أن يجبره على الاعتقاد». قادته هذه الرؤية للمصادفة، للعمل في نظرية الحسابات الإحصائية. لأن العين البشرية قادرة على رؤية نماذج لأرقام عشوائية بحتة، إلى أي درجة، قال سائلاً، يعني النموذج الواضح شيئاً؟ قام دَهن غود بالتحقق من المعنى الضمني للأساليب المستخدمة في الإحصاء الرياضي، وشهدت أبحاثه وكتبه ازدياد الفلسفة فيها.

بيرسي دياكونس

كان ينتظر بيرسي دياكونس مستقبلاً مختلفاً تماماً، ولد لأبوين يونانيين من المهاجرين في مدينة نيويورك، في 31 كانون الثاني/ يناير من سنة 1945. كان بيرسي مثل أ.ج. غود، مولعاً بالأحاجي الرياضية. بينما قرأ غود كتب هـ.إ. دادني H.E. Dudeney، التي كانت أحاجيها الرياضية تسلية للشعب الإنجليزي الفيكتوري، قام دياكونس بقراءة « التسالي الرياضية» في عمود مارتن غاردنر Martin Gardner في المجلة العلمية الأمريكية. ثم قابل دياكونس مارتن غاردنر أخيرا أثناء وجوده في الثانوية. كان عمود غاردنر في المجلة يحتوي على الخدع في لعبة الورق، وأساليب جعل الأشياء تبدو مختلفة، وأثارت هذه الأمور دياكونس، خاصة عندما تتعلق بالمسائل المعقدة في الاحتمالية.

كان بيرسي دياكونس متأثراً بلعبة الورق والخدع لدرجة

ترك فيها منزله وهو في الرابعة عشرة من عمره، فكان يمارس ألعاب الخفة وهو في الخامسة من عمره. كان يتردد على المحال والمطاعم التي يتجمع فيها السحرة. وفي أحد المقاهي التقى بديا فيرنون Dia Vernon، الذي كان يتنقل بعروضه في أنحاء الولايات المتحدة. قام فيرنون بدعوة بيرسي لمرافقته في عرضه كمساعد له. «لقد سعدت بهذه الفرصة»، يروي دياكونس. «لقد ذهبت من غير تردد. لم أخبر والدي؛ فقط غادرت هكذا».

كان فيرنون في الستينات آنذاك. سافر دياكونس معه لمدة سنتين متعلماً من ذخيرة خدع فيرنون وحيله. وبعدها ترك فيرنون الشوارع وفتح محلاً للألعاب السحرية في لوس أنجلوس، واستمر دياكونس بالعروض السحرية المتنقلة خاصته. كان يجد الناس صعوبة في لفظ اسمه، لذلك استخدم اسم بيرسي وارن كاسم فني. يروي قائلا:

> ليست هذه الحياة مع نوع كهذا العمل بالرائعة، ولكن لا بأس بها. يشاهدك أحدهم وتعجبه فيقول لك، «ما أروعك، هل فكرت بالذهاب إلى بوسطن قط؟ . . . سأتحمل تذكرتك ومئتي دولار». . . ومن ثم تذهب إلى بوسطن. . . وتقيم في مكان للعرض والمنامة. وقد تفعل ذلك يوماً ويأتيك عميل آخر يعرض عليك عملاً آخر وأنت مازلت في عملك، وهكذا يستمر الأمر.

عاد بيرسي دياكونس في الرابعة والعشرين من عمره، إلى

نيويورك، بعد أن تعب من لعبة التنقل والسحر. لم يكن لديه شهادة ثانوية. كان متقدماً في دراسته المدرسية، لم يكن لديه عندما ترك المدرسة في الرابعة عشرة من عمره سوى أقل من سنة لإنهاء تعليمه الثانوي. التحق قبل أن يستلم شهادته ببرنامج الدراسات الشامل في كلية مدينة نيويورك City College of New York CCNY. اكتشف بعد غيابه الطويل عن المنزل مجموعة هائلة من الرسائل تنتظره من الجيش ومن عدة معاهد فنية وجامعات. كانت كلها رسائل رسمية تدعوه للالتحاق بها، واستفتحت جميعها بـ «عزيزي الخرّيج». اتضح لاحقاً أنه أثناء هروبه من منزله ومدرسته، قرر أساتذته أن يلحقوه بالخريجين في جميع الأحوال، مع إعطائه درجات نهائية للمواد التي أخذها، والتي تلائمه للتخرج. فأصبح بيرسي الشاب رسمياً خريج ثانوية جورج واشنطن بنيويورك ومن غير معرفته بذلك.

التحق بعدها بالجامعة لسبب غريب. كان قد اشترى نسخة من كتاب التخرج المدرسي عن النظرية الاحتمالية، الذي كتبه وليام فيللر William Feller من جامعة برينستون. وجد صعوبة في فهمه (كغيره من الذين حاولوا أن يشقوا طريقهم من خلال المقدمة الصعبة التي كتبها فيلر عن النظرية الاحتمالية وتطبيقاتها، العدد الأول[2]). التحق دياكونس بـ جامعة CCNY من أجل تعلم منهج

(2) هناك عنصر خاطئ في عناوين الكتب المدرسية الرياضية. وغالباً ما يطلق على الكتب صعبة المقدمة إلى... أو النظرية الأولية لـ... صعوبة كتاب فيشر متضاعفة، لأنه ليس إلا «مقدمة» وعدد أول فقط.

الرياضيات لفهم فيلر. وفي سنة 1971، وعن عمر يناهز السادسة والعشرين، تلقى شهادته الجامعية من جامعة CCNY.

قبلته عدة جامعات للدراسات العليا في الرياضيات. أخبروه أن أحداً من خريجي CCNY لم يتمكن من الالتحاق بقسم الرياضيات في جامعة هارفرد (وهذا غير صحيح)، فقرر أن يتقدم لقسم الإحصاء في الجامعة بدلاً من الرياضيات. كان يريد الذهاب إلى هارفرد واعتقد، كما أخبرنا لاحقاً، بأنه إذا لم يحب مادة الإحصاء، «حسناً سأحول إلى الرياضيات أو ما شابه. سيلاحظون بأنني بارع..». وسيوافقون على التحويل. لم يكن مهتماً بالإحصاء؛ وتلقى شهادة الدكتوراه في الإحصاء الرياضي سنة 1974 ثم استلم منصباً في جامعة ستانفورد، وهناك ترقى ليصبح بروفيسوراً كاملا. وهو لحين كتابة هذا الكتاب، بروفيسور في جامعة هارفرد.

أعاد الكمبيوتر تنظيم طبيعة التحليل الإحصائي تماماً. كان الكمبيوتر يستخدم لعمل نفس التحليلات التي قام بها فيشر وبيتس وغيرهما، ولكن بسرعة ونشاط أكثر. فلنذكر (الفصل السابع عشر) والصعوبة التي عانى منها جيري كورنفيلد عندما كان من الضروري عكس مصفوفة 24 × 24. بإمكان الكمبيوتر الموجود على مكتبي اليوم عكس مصفوفات بقيمة 100 × 100 (وبالرغم من أن كل من تعترضه مثل هذه الحالة يكون قد أخطأ في التعرف على المسألة من البداية). ممكن استعمال المصفوفات التي تُنظَّم بحالة سيئة لتعطي معكوسات عامة،

وكان هذا مبدأً نظرياً بحتاً منذ الخمسينات. من الممكن إجراء تحليلات المتغيرات الكبيرة والمعقدة على بيانات تنتج من تصاميم التجارب التي تتضمن معالجات كثيرة، وجلب للمعلومات من مصادر عدة. يتضمن هذا النوع من الجهد النماذج الرياضية والمفاهيم الإحصائية التي تعود إلى عهد العشرينات والثلاثينات. هل يمكننا يا ترى استخدام الكمبيوتر لأغراض أخرى؟

التحق دياكونس في السبعينات وفي جامعة ستانفورد، بمجموعة من الإحصائيين من الشباب الذين كانوا يبحثون في بنية الكمبيوتر والإحصائيات الرياضية، يسألون هذا السؤال نفسه. تكمن إحدى الإجابات الأولى في أسلوب تحليل البيانات المعروف بـ «مواصلة إسقاط». من أحد لعنات الكمبيوتر الحديث إمكانيته في تجميع مجموعات البيانات للأبعاد الضخمة. فلنفترض مثلا أننا نتابع مجموعة من المرضى تم تشخيصهم بأنهم أكثر عرضة للإصابة بأمراض القلب. أحضرناهم إلى المستشفى لمراقبة حالتهم لمدة ستة شهور. قمنا وفي كل زيارة، بأخذ 10 سم3 من الدم وتحليله بعد ذلك إلى أكثر من 100 مستوى للأنزيمات المختلفة، يُعتقد أن أكثرها مرتبط بأمراض القلب. ونجري لهم أيضاً تخطيطاً لصدى القلب، مصدرين نحو ستة مقاسات مختلفة، ونراقب كذلك تخطيط كهربائية القلب (ربما بجعلهم يلبسون وسيلة تسجل كل ضربات القلب 900،000 في يوم محدد). نسجل أطوالهم

وأوزانهم ونجرى كل الفحوص الدقيقة من وخز وجس لمتابعة كل الأعراض والمؤشرات المرضية، وينتج عن ذلك نحو ثلاثين إلى أربعين رقم قياس.

ما يمكن فعله بكل هذه البيانات؟

فلنفترض أننا حصلنا على 500 رقم قياس في كل زيارة للمستشفى لكل مريض، وتمت رؤية المرضى في عشر زيارات مختلفة خلال مرحلة الدراسة الطبية. فنحصل بالتالي على 5,000 من القياسات لكل مريض. فلو كان لدينا 20,000 مريض في الدراسة، سيمثل هذا نحو 20,000 نقطة في 5,000 من الفراغ البعدي. فلننس فكرة الانتقال من خلال الأبعاد الأربعة المجردة التي تشغل معظم الأدب العلمي. نجد في العالم الحقيقي للتحليلات الإحصائية، أنه من غير الطبيعي التعامل مع آلاف فراغات الأبعاد. أصدر ريتشارد بيلمان Richard Bellman في الخمسينات مجموعة من النظريات أسماها «لعنة البعد». وما تقوله هذه النظريات هو أنه، بازدياد بعد الفضاء، يصبح من الصعب الحصول على تقديرات جيدة للمتغيرات. وبمجرد أن يخرج المحلل بعشرة إلى عشرين من وحدات الفراغ البعدي، يصبح عندها من غير الممكن الاستبيان عن أي شيء بأقل من مئات الألوف من الملاحظات.

كانت نظريات بلمان مبنية على ثوابت منهجية للتحليلات الإحصائية. لاحظت مجموعة ستانفورد أن البيانات الحقيقية غير

مبعثرة شذرا مذرا في هذه 5،000 فراغ بعدي. تتجمع البيانات فعلياً في الأبعاد السفلية. ولنتخيل نقاطاً مبعثرة في ثلاثة أبعاد توجد جميعها في مستوى واحد أو حتى في خط واحد. هذا ما يحدث للبيانات الحقيقية. لم تكن الملاحظات البالغ عددها 5،000 لكل مريض في دراسة الحالة المرضية مبعثرة هنا وهناك من غير بنية أساسية. وهذا لأن عدداً كبيراً من القياسات مرتبط بعضه ببعض .(عرض جون تاكي من مختبرات بل بيرينستون Bell Labs مرة هذه الفكرة، على الأقل في مجال الطب، وغالباً لا تزيد الحقيقة «التعامدية» في البيانات عن خمس). وعليه طورت مجموعة ستانفورد تكنولوجيا الكمبيوتر للبحث عن الأبعاد السفلية الموجودة فعلاً. وأكثر التكنولوجيات انتشاراً في الاستعمال هي مواصلة الإسقاط.

جذبت التكتلات سيئة البنية وتكاثر المعلومات المتزايد حالياً، اهتمام كثير من العلماء، ودخلت حقل المعلومات العلمية عدة جامعات. كثيراً ما كان لعلماء المعلوماتية تدريب هندسي ولكن لم يكن لديهم إلمام بكثير من التطورات الحديثة للإحصاء الرياضي، لذلك كان هناك تطور متماثل في علوم الكمبيوتر قام في بعض الأحيان بإعادة اكتشاف المادة الإحصائية وفتح أبواباً جديدة لم يتطرق إليها ر.آ.فيشر أو معاصروه. وهذا هو عنوان فصل الكتاب الأخير.