

ترجمة كلمة الاستاذ الدكتور

بيتر ويليستون شور

الفائز بجائزة الملك فيصل العالمية

للعلوم (بالاشتراك) عام ي1422 / 2002م

السبت 1422/12/25 هـ الموافق 2002/3/9م

صاحب السمو الملكي الأمير سلطان بن عبد العزيز

النائب الثاني لرئيس مجلس الوزراء

وزير الدفاع والطيران والمفتش العام

أصحاب السمو الملكي الأمراء

أصحاب المعالي والفضيلة والسعادة

انه لشرف عظيم أن أنال جائزة الملك فيصل. وأود أن أنتهز هذه الفرصة للتعبير عن شكري للجنة الاختيار للجائزة، وللأساتذة الذين رشحوني لها، ولكل من قاموا بالتخطيط والإعداد لهذه المناسبة.

إن أحد أسباب منحي الجائزة اكتشافي خوارزمية تمكن الحاسوب الكوانتي _ وهو حاسوب افتراضي نأمل أن يتم صنعه في وقت ما من هذا القرن_ من تحليل الأعداد الضخمة إلى عواملها؛ الأولية وذلك بسرعة تفوق كثيرا الحواسيب الرقمية التقليدية كافة. وكما هو الحال في أي اكتشاف علمي أو رياضي فإن اكتشافي لم يأت من فراغ، وإنما بُني على ما أنجزه الآخرون من قبلي. لذا أود الرجوع قليلا إلى الوراء لأحدثكم عن سلسلة الاكتشافات التي قامت على أساسها دراساتي؛ وهدفي من ذلك تبيان كيفية التوصل إلى كشف علمي، إضافة إلى اعتقادي _وربما كنت مخطئا _ بأن ذكر هؤلاء الأفاضل في هذا المقام _ ربما كان فيه بعض التعويض لعدم وجودهم هنا في هذه المناسبة.

وأبدأ أولا بمفهوم "الخوارزمية" فهي سلسلة خطوات متتالية تُتبع للتوصل إلى الحساب. ولأن الحواسيب، بطبيعة الحال، لا تفكر فلا بد أولا من وضع خوارزمية لحل المسألة الرياضية، ومن ثم برمجة الحاسوب لتنفيذها.

إن الكلمة الإنجليزية Algorithm مشتقة من اسم عالم الرياضيات العربي العظيم محمد بن موسى الخوارزمي، الذي وضع نظام الكسور العشرية في القرن التاسع الميلادي. وكانت الكلمة في الأساس تعني إجراء العمليات الحسابية باستخدام الرموز العشرية، وتطور مفهومها بعد ذلك ليضم طرقاً أخرى عديدة لإجراء الحساب.

لقد كان دافيد هلبيرت من أعظم الرياضيين في مطلع القرن الماضي، وتمكن بعبقريته الفذة من التعرف على مسائل رياضية تستحق العكوف عليها، فوضع سنة 1928م ثلاث مسائل أساسية في علم الرياضيات؛ كان آخرها عن إمكانية وجود خوارزمية تحدد قابلية الفرضية الرياضية للحل من عدمه. وفي عام 1936م أتضح أن تلك الخوارزمية لا وجود لها، ومن خلال الجهود المبذولة للتوصل إلى تلك النتيجة، نشرت بحوث أربعة لفتت الأنظار إلى ضرورة تمييز الدوال ممكنة الحساب وغير الممكنة، وقد احتوت هذه البحوث، التي أجراها ألونزو شيرشي، وستيفن كلين، وأميل بوست وألان تورنج على ثلاث تعريفات مختلفة تماماً للدوال القابلة للحساب. وسرعان ما اتضح أن تلك التعريفات -رغم اختلافها- تقود إلى نفس مجموعة من الدوال الممكن حسابها، مما أدى إلى تصنيفها من قبل شيرش وتورنج كدوال طبيعية. وسُميت تلك الفكرة بفرضية شيرش-تورنج.

وبعد بناء الحواسيب الأولى أصبح واضحاً أن التفريق بين الدوال ممكنة الحساب وغير الممكنة لا يكفي من الناحية العملية، فمعرفة قابلية الدالة للحساب لا طائل من ورائها إذا تطلب حسابها من الناحية العملية زمناً غير معقول. واتضح تدريجياً الحاجة إلى وضع معايير أكثر كفاءة للدوال القابلة للحساب، وفي الستينيات والسبعينيات من القرن الماضي توصل علماء الحاسوب -وعلى رأسهم ستيفن كوك وريتشارد كارب- إلى دوال يمكن حسابها خلال فترة زمنية تحددها كثيرة حدود، مما يعتبر حلاً وسطاً بين النظرية والتطبيق.

إن معظم الدوال الطبيعية الممكنة الحساب في زمن كثيرات الحدود لها خصائص مهمة يمكن برهنتها، ولكي يصبح تعريف تلك الدوال مقبولاً لدى الجميع، يجب أن تكون مستقلة تماماً عن الآلة المستخدمة في حسابها، وقد دعم ذلك فرضية شيرش-تورنج وزاد من قوتها، وبالتالي زاد من الاقتناع بأن أي دالة ممكنة الحساب بأي طريقة كانت هي، أيضاً، قابلة للحل بواسطة الحاسوب بعد معالجتها بوسائل معينة. وقد كانت مفاجأة كبيرة لعلماء الحاسوب الآلي أن يكتشفوا بأن من الممكن إثبات عدم صحة فرضية شيرش - تورنج بواسطة الحواسيب الكمية.

لقد قامت فرضية شيرش - تورنج وعناصر تقويتها - في الحقيقة - على أسس فيزيائية، لا على أسس رياضية. فإثبات قدرة الحاسوب الرقمي على محاكاة أي حاسوب آخر، يستوجب أخذ كل الحواسيب الممكنة في عالم الطبيعة بعين الاعتبار. وبناء على ذلك تصبح قوانين الفيزياء هي المتحكمة في أنواع الحواسيب الممكن بنائها. ومن ثم فإن النظر إلى أي مثال مضاد لفرضية شيرش-تورنج المقواة يعني النظر إلى أحد الجوانب الفيزيائية التي لا تستطيع الحواسيب الرقمية محاكاتها بكفاءة. وأحد هذه الجوانب هو علم الميكانيكا الكمية. وقد لاحظ مائين سنة 1980م في الإتحاد السوفيتي وريتشارد فينمان سنة 1982م في الولايات المتحدة أن محاكاة الميكانيكا الكمية بواسطة الحاسوب الرقمي صعب ومكلف للغاية، واقترحا تطوير حواسيب كوانتية للقيام بتلك المهمة بكفاءة. وفي سنة 1985م طرح دافيد دويتش السؤال عن إمكانية استخدام الحواسيب الكوانتية لأداء العمليات الحسابية الأخرى بكفاءة أكثر من الحواسيب الرقمية. وقام دويتش وريتشارد جوزا وإيثان برنشتاين وأوميش فازيراني وأخيرا دانيال سيمون بمزيد من البحوث حول ذلك الموضوع ووجدوا - تباعا - أمثلة أفضل لمسائل رياضية يمكن حلها بالحاسوب الكوانتي بكفاءة أعلى كثيرا من الحواسيب الرقمية. لكن لم تكن أي من تلك المسائل مهمة في حد ذاتها. وعند دراستي للبحث الذي أجراه سيمون، أدركت أن مفتاح خوارزميته يكمن في البنية الدورية للدوال التي استخدمها. ولما كنت أعرف علاقة البنية الدورية للدالة بمشكلة تحليل الأعداد الضخمة إلى عواملها الأولية، فقد قادني ذلك إلى البحث عن خوارزمية لتحليل الأعداد الكبيرة بواسطة الحاسوب الكوانتي. إن الصعوبة الجمة التي تكمن في مثل هذا التحليل هي الأساس الذي بُني عليه علم التعمية الحديث، ولذا فقد كان اكتشافي لتلك الخوارزمية نقطة الانطلاق للتطبيق العملي للحسابات الكوانتية، كما سُلِّط الضوء على أهمية الحسابات الكوانتية وأدى إلى عدد كبير من البحوث في ذلك المضمار، بعد أن كان العمل فيه مجالا بحثيا جانبيا لا يهتم به سوى القليلين.

إذن، ما هي الاستنتاجات التي نخرج بها من هذا السرد التاريخي؟ في اعتقادي أن أهم استنتاج هو أن الاتجاهات البحثية العلمية يندر التكهّن بها مسبقا. فلاشك أن دافيد هلبيرت كان يؤمن في البداية بوجود خوارزمية لتحديد صحة الفرضية الرياضية من عدمها. وقد بدأ دويتش بحوثه في مضمار الحسابات الكوانتية من أجل إلقاء مزيد من الضوء على الميكانيكا الكوانتية. أما دانيال سيمون فقد اكتشف خوارزميته الكوانتية بينما كان يحاول اثبات عدم تفوق الحاسوب الكوانتي على

الحواسيب التقليدية. وعندما بدأت بحوثي في الحسابات الكوانتية ماكنت أظن أنني سأتوصل إلى نتائج ذات علاقة مباشرة بتحليل الأعداد إلى عواملها الأولية. إن صعوبة التكهن بالنتائج العلمية تجعل الإجابة صعبة جدا على سؤال كثيرا ماأطرحه على نفسي وهومتى يصبح الحاسوب الكمي حقيقة واقعة؟" ولكن هذا الغموض هو الذي يجعل البحوث العلمية أكثر إثارة.

أكرر شكري لكم على هذا الشرف العظيم.