



# الثقافة والمعلوماتية

مجلة دورية تصدرها الجمعية العالمية السورية للمعلوماتية

السنة العشرون - العدد الثاني والخمسون - أيلول "سبتمبر" / كانون الأول "ديسمبر" 2016

ملف العدد: قضايا في البرمجة المتوازية

تقنيات وأدوات لموازة البرمجيات

عقد من التقدم في إنتاجية البرمجة المتوازية

الباحثون يُبسطون البرمجة المتوازية

## الأبحاث الأخرى

الحوسبة العصبونية تتحَفَّر لتحقيق نجاح باهرٍ (حقاً)

مرحباً، اسمي هو ...

قابلات الارتداء: هل أتى أخيراً عصر الساعات الذكية؟

تَخَاطَبُ السيارات

لمس العالم الافتراضي

أمن الهواتف النقالة والحدود السحابية في مجال العناية الصحية

علم الشبكات وعلم الوب وعلم الإنترنت

صارت أنظمة وسائط التنقل أكثر ذكاءً

قائمة المصطلحات



# البَقَاةُ الْمَعْلُومَاتِيَّةُ

مَجَلَّةٌ دَوْرِيَّةٌ تُصَدِّرُهَا الْجَمْعِيَّةُ الْعَامِيَّةُ السُّورِيَّةُ لِلْمَعْلُومَاتِيَّةِ

السنة العشرون - العدد الثاني والخمسون - أيلول "سبتمبر" / كانون الأول "ديسمبر" 2016

رئيس التحرير:

الدكتور موفق دعبول

هيئة التحرير:

الدكتور سعد الله آغا القلعة

الدكتور سامح جزماتي

الدكتور نزار الحافظ

الدكتور راكان رزوق

الدكتور حسان ريشة

الدكتور عماد الصابوني

الدكتورة ندى غنيم

الدكتور منصور فرح

الدكتور محمد مراياتي

أمانة التحرير:

هيفاء باكير

---

---

**للمراسلات:**

الجمعية العلمية السورية للمعلوماتية

مجلة الثقافة المعلوماتية

دمشق - الجمارك - بجانب وزارة التعليم العالي

ص.ب. 33492 - سورية

هاتف: **2116155**

فكس: **2127998**

بريد إلكتروني: [nzhafez@scs-net.org](mailto:nzhafez@scs-net.org)

تنسيق المقالات وإعداد المجلة للطباعة: **الدكتور نزار الحافظ**

الإخراج الفني والمعالجة: **مركز الفوال للفرز والمونتاج الإلكتروني**

---

اخترنا لهذا العدد ثلاثة بحوث تحت العنوان **قضايا في البرمجة المتوازية**، هي: "تقنيات وأدوات لموازاة البرمجيات"، "عقد من التقدم في إنتاجية البرمجة المتوازية"، "الباحثون يُبسطون البرمجة المتوازية".

يتناول **البحث الأول** (تقنيات وأدوات لموازاة البرمجيات) حالة الممارسة والقيود الحالية المتعلقة بالبرمجة المتوازية المعتمدة على الذاكرة التشاركية باستعمال لغات البرمجة الحديثة، وكذلك الأدوات المرتبطة بها للمعالجات المتعددة النوى، ويناقش نشاطات موازاة البرمجيات، ومناهج إدخال التوازي في البرمجيات.

يستعرض **البحث الثاني** (عقد من التقدم في إنتاجية البرمجة المتوازية) أداء تطوير البرامج المتوازية، بدلالة سرعة صدور أول تنفيذ متوازٍ ناجح. يقارن البحث نتائج قياس الإنتاجية على مدى عشر سنوات لبرامج متوازية طوّرت باستعمال بيئة وأدوات تقليدية (لغة C مع واجهة تمرير الرسائل)، وبيئة حديثة (مثل نموذج فضاء العنوان الشمولي المجزأ غير المتزامن المدعوم في لغات جديدة مثل X10).

يناقش **البحث الثالث** (الباحثون يُبسطون البرمجة المتوازية) بعض مشاكل الحوسبة المتوازية في نظم المعالجات المتعددة النوى ذات الذاكرة المشتركة، مثل استعمال الأقفال، وتوليد حالات الانتظار، واستعمال نيباسب متعددة لزيادة كفاءة تلك المعالجات. ويستعرض كيفية التعامل مع مثل هذه المشاكل.

واخترنا أيضاً لهذا العدد ثمانية بحوث متنوعة المواضيع مثيرة للاهتمام هي على الترتيب: "الحوسبة العصبونية تتحقّر لتحقيق نجاح باهر (حقاً)"، "مرحباً، اسمي هو ..."، "قابلات الارتداء: هل أتى أخيراً عصر الساعات الذكية؟"، "تخاطب السيارات"، "لمس العالم الافتراضي"، "أمن الهواتف النقالة والحدود السحابية في مجال العناية الصحية"، "علم الشبكات وعلم الوب وعلم الإنترنت"، "صارت أنظمة وسائط التنقل أكثر نكاءً".

يتناول **أول هذه البحوث** (الحوسبة العصبونية تتحقّر لتحقيق نجاح باهر (حقاً)) مفهوم الحوسبة العصبونية القائمة على توزيع الحساب والذاكرة على عدد هائل من العصبونات التي يتواصل كل منها مع مئات أو آلاف من العصبونات الأخرى. يبيّن المقال تاريخ الحوسبة العصبونية ويقارنها بأنواع الحوسبة التقليدية الأخرى، ويعرض بعض المشاريع التي تستكشف هذه الحوسبة على نطاق واسع غير مسبوق.

يتحدث **ثانيها** (مرحباً، اسمي هو ...) عن تطبيق تعرّف الوجوه في الزمن الحقيقي المستعمل في نظارة غوغل، ويناقش مشاكل الخوارزميات المتاحة لتعرّف الوجوه والتحقق من الوجوه، ومنها مشكلة الخصوصية، ومنعكسات ذلك.

يستقضي **ثالثها** (قابلات الارتداء: هل أتى أخيراً عصر الساعات الذكية؟) الساعات الذكية المتعددة الأغراض من حيث مزاياها، والقيود المفروضة عليها، ويسلط الضوء على التحديات البحثية للساعات الذكية والفرص المرافقة لها.

يسلط **رابعها** (تخاطب السيارات) الضوء على ما وصلت إليه تقانات الاتصال الجديدة المخصصة للسيارات (ويطلق عليها اختصاراً V2I)، التي تتضمن الاتصال من سيارة إلى سيارة، والاتصال من سيارة إلى البنية الأساسية. ويقارنها بالتقانات التقليدية المعتمدة على استعمال المحسّات والكاميرات المثبتة في السيارة.

---

---

يلقي **خامسها** (لمس العالم الافتراضي) نظرةً على الجديد في مجال الهولوغرامات، وهو الهولوغرامات التي يمكن لمسها والتفاعل معها وتحريكها، ويعرض واقع البحث فيها حالياً ومستقبلاً.

يستعرض **سادسها** (أمن الهواتف النقالة والحدود السحابية في مجال العناية الصحية) دور تقانة المعلومات في تحسين العناية الصحية، والأثر السلبي المحتمل في نتائج المرضى للأمان المحسّن لنظام المعلومات الطبي، وذلك مع استعمال العديد من منظمات العناية الصحية الأجهزة النقالة والخدمات السحابية والسجلات الصحية الإلكترونية. ويستعرض البحث التحديات الأمنية الهامة في هذا المجال.

يتأمل **سابعها** (علم الشبكات وعلم الوب وعلم الإنترنت) علم الوب والإنترنت الجديدين إضافة إلى علم الشبكات بأنواعه المختلفة. ويدرس الاختصاصات المتعددة التي تعتمد عليها هذه المجالات الثلاثة، ويقارن بين تلك المجالات، لاسيما منشأ كل منها، واللغة المستعملة في كل منها.

أخيراً، يناقش **ثامنها** (صارت أنظمة وسائط التنقل أكثر ذكاءً) أنظمة الترفيه المعلوماتي في السيارات الحديثة، وتطورها، وميزاتها، وسلبياتها، ومستقبلها.

هذا ونقدّم قائمة المصطلحات (إنكليزي - عربي) الواردة في العدد الماضي من المجلة ضمن قائمة مصطلحات العدد الحالي.

**أخي القارئ،**

في الختام، نتمنى أن تقدم مواضيع هذا العدد الفائدة المرجوة، ونأمل أن نتواصل معنا بإرسال ملاحظتك ومقترحاتك إلينا ...

وإلى اللقاء معك في العدد القادم.

رئيس التحرير

الدكتور موفق دعبول

---

---

# المحتويات

## ملف العدد: قضايا في البرمجة المتوازية

- 9 ..... تقنيات وأدوات لموازاة البرمجيات
- 17 ..... عقد من التقدم في إنتاجية البرمجة المتوازية
- 29 ..... الباحثون يُسّطون البرمجة المتوازية

## الأبحاث الأخرى

- 35 ..... الحوسبة العصبونية تتحفّز لتحقيق نجاحٍ باهرٍ (حقاً)
- 41 ..... مرحباً، اسمي هو ...
- 47 ..... قابلات الارتداء: هل أتى أخيراً عصر الساعات الذكية؟
- 53 ..... تَخاطُب السيارات
- 59 ..... لمس العالم الافتراضي
- 65 ..... أمن الهواتف النقالة والحدود السحابية في مجال العناية الصحية
- 71 ..... علم الشبكات وعلم الوب وعلم الإنترنت
- 81 ..... صارت أنظمة وسائط التنقل أكثر ذكاءً

## قائمة المصطلحات

# تقنيات وأدوات لموازاة البرمجيات

## TECHNIQUES AND TOOLS FOR PARALLELIZING SOFTWARE\*

Re Hans Vandierendonck, Tom Mens

ترجمة: د. نزار الحافظ<sup>1</sup>  
مراجعة: د. مكي الحسني

مع ظهور المعالجات المتعددة النوى والمعالجات الكثيرة النوى، أصبح يتعين على المهندسين تصميم البرمجيات وتطويرها بطرائق جديدة كلياً للاستفادة من الطاقة الحاسوبية لجميع النوى. لكن مهمة تطوير البرمجيات المتوازية هي أصعب كثيراً من تطوير برمجيات تتابعية، لأنه لا يمكن عزل التوازي بسهولة. تقدم هذه المقالة نظرة عامة إلى التقانات والأدوات التي تدعم المطورين في هذه المهمة المعقدة والعرضة للأخطاء.

غدت بنيانات الذاكرة التشاركية (مثل متعدد النوى وكثير النوى) شائعة، جزئياً بغية مواصلة تعزيز أداء وحدة المعالجة المركزية. لم يعد تعزيز أداء وحدة المعالجة المركزية ممكناً في حالة وحدات المعالجة المركزية الأحادية النواة، لأن تبدد طاقة وحدة المعالجة المركزية يعيق أية عملية تصغير إضافية. تسمح برمجة متعدد النوى للمطورين بالاستفادة الكاملة من قدرات الموازاة، على صعيد بنیان البرمجيات والعنادات، لاستغلال الطاقة الحاسوبية الكامنة في مجموع المعالجات. ومع ذلك، فإنها تتطلب مهارات أكثر، إلى حد بعيد، من مهارات البرمجة التتابعية [1, 2].

تتناقش هذه المقالة حالة الممارسة والقيود الحالية للبرمجة المتوازية بالذاكرة التشاركية بواسطة لغات البرمجة الحديثة، وكذلك الأدوات المرتبطة بها للمعالجات المتعددة النوى. ولتضييق نطاق مناقشتنا، سوف نستبعد الحلول غير المتجانسة (على سبيل المثال، الاستفادة من وحدات GPUs للمعالجة المتوازية)، ودعم البرمجة المتوازية في مجال الحوسبة الفائقة والحوسبة الموزعة الغزيرة massively (على سبيل المثال، الحوسبة الشبكية grid).

### الموازاة

تتنوع التقنيات والأدوات التي تدعم موازاة البرمجيات، وفقاً لمنصة المصدر والهدف. وتشمل الموازاة العديد من الأنشطة، بعضها يدوي، أو مؤتمت جزئياً، أو مؤتمت كلياً:

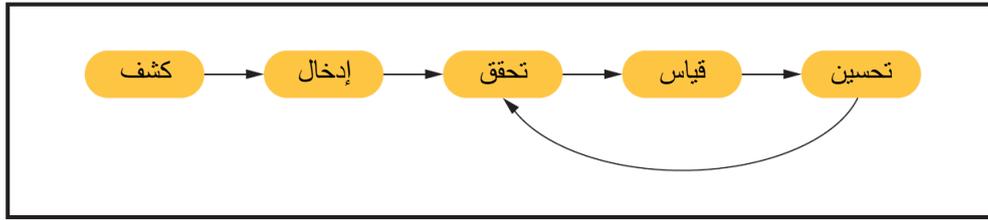
• الكشف عن التوازي. تحليل البرمجيات (إما سكونياً أو ديناميكياً) للكشف عن فرص الموازاة.

\* نُشر هذا البحث في مجلة IEEE SOFTWARE، آذار (مارس)/نيسان (أبريل) 2012، الصفحات 22 – 25.

<sup>1</sup> مدير بحوث في المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا.

- إدخال التوازي. التعبير عن لبنات الموازاة في الرماز المصدري (إما يدويًا، باستعمال لبنات أو شروح لغة برمجة، وإما آليًا، بواسطة أدوات إعادة البناء [refactoring] [3]) أو في الرماز التنفيذي (بواسطة مصرّف موازاة (parallelizing compiler)).
- التحقق من التوازي. التحقق من صحة تحويل الرماز.
- قياس التوازي. تحليل أداء البرمجيات الموازاة.
- تحسين التوازي. إعادة هيكلة التوازي، وموازاة مناطق رماز إضافية، وإلغاء موازاة unparallelizing مناطق رماز، وهكذا دوليك، على أساس أهداف القياسات والأداء.

يوضح الشكل 1، أنّ إجرائية الموازاة نموذجيًا هي إجرائية متكررة جدًا، بحسب حلقة راجعة. أولاً، يكتشف المطورون فرص الموازاة ويطبقونها. ثم يقيسون درجة التوازي، ويقدمون اقتراحات لمزيد من التحسين، الذي يمكن إجراؤه في التكرارة التالية.



الشكل 1. حلقة التغذية الراجعة لإجرائية التوازي. بعد تكرارة أولى من تكرارات موازاة الرماز، يمكن إجراء المزيد من التحسينات في تكرارات متعاقبة بالاعتماد على معلومات جُمعت من أدوات قياس الأداء المخصصة.

## مناهج البرمجة المتوازية

توجد مجموعة واسعة من الاستراتيجيات لإدخال التوازي في البرمجيات. علينا أن نميّز بين البرمجة المتوازية الصريحة والبرمجة المتوازية الضمنية، وبين مناهج الموازاة الآلية والموازاة شبه الآلية. يلخص الجدول 1 تلك الاستراتيجيات، ويقدم بعض أدوات دعم هذه الاستراتيجيات.

### البرمجة المتوازية الصريحة

يوفر نموذج البرمجة المتوازية الصريحة للمبرمج مكتبات ولبنات لغة تسمح بالتعبير عن أجزاء البرنامج التي يمكن أن تتقدّم على التوازي. وعلى المبرمج تحديد التوازي ووصفه.

من الأمثلة الرئيسية على نماذج البرمجة المتوازية الصريحة: مقيس نياشب Posix، وواجهة API<sup>2</sup> للنياسب في نظام ميكروسوفت من ويندوز، وواجهة API للنياسب جافا، وغير ذلك من النماذج المماثلة. إنّ الاستعمال المباشر لواجهات

<sup>2</sup> API (Application Programming Interface): واجهة برمجية للتطبيقات.

API للنسبة هذه، يشجع على اتخاذ منهجٍ نيسيبيّ التوجه<sup>3</sup> للتحويل إلى التوازي. وهذا النمط البرمجي مناسب جداً لأداء المهام غير المتزامنة، مثل عمليات الدخل/الخروج I/O، وتحديثات واجهة المستعمل البيانية في الخلفية. ومع ذلك، ينبغي أن يأخذ المبرمجون هذه المناهج على أنها مستوى تجميعٍ للبرمجة المتوازية، لأنها تكشف مفاهيمٍ على مستوى منخفض، مثل النياسب وبدئيات التزامن بين النياسب (على سبيل المثال، المتغيرات mutex<sup>4</sup> لحراسة المقاطع الحاسمة critical sections، ومنغيرات الشرط، والتومئات semaphores، والحواجر، الخ). وفي حين أن مثل هذه الآليات ضروري، فإنها كذلك مصدر رئيسي لحالات السباق *race conditions* (محاولة عدة نياسب تعديل المعطيات ذاتها بدون تزامنٍ مناسب<sup>5</sup>) ولحالات التوقف التام *deadlocks* (انتظار النياسب بعضها بعضاً بلا نهاية). ولذلك، يجب أن يتجنب المبرمجون استعمال بدئيات التزامن صراحةً كلما كان ذلك ممكناً.

### الجدول 1. مناهج البرمجة المتوازية.

أمثلة	الوصف	استراتيجية البرمجة المتوازية
نياسب Posix threads، OpenMP، Intel Cilk++، MPI، Intel Threading Building Blocks، X10، وغيرها كثير	يصف المبرمج التوازي الموجود، ويضمن صحته	التوازي الصريح
Chapel، SQL، Matlab، Microsoft's Axum، وعدداً من اللغات الوظيفية مثل: ZPL and Haskell	تسمح لبنات لغة البرمجة ضمناً بالتنفيذ المتوازي	التوازي الضمني
مصرفات الموازة الآلية	يستخرج المترجم التوازي من لغةٍ مصدريةٍ تتابعية	الموازاة الآلية
ReLooper <sup>6</sup> : netfiles.uiuc.edu/dig/Refactorin gInfo/tools/ReLooperVectorFa brics: www.vectorfabrics.com	تقود أدوات إجرائية الموازة. لا يزال على المبرمج القيام بالعمل، والتحقق من الصحة، لكن الأدوات تُساعد قدر الإمكان.	الموازاة شبه الآلية

<sup>3</sup> thread-oriented approach.

<sup>4</sup> Mutex: مختصر mutual exclusion أو الاستبعاد المتبادل.

<sup>5</sup> تحدث حالة السباق (race condition) بين زوج من النياسب threads مثلاً عندما يقوم كل منهما بالنفاذ إلى متغيرٍ تشاركي في وقتٍ واحد. يقرأ كل من النيسبين القيمة ذاتها للمتغير التشاركي، ثم يقوم كل منهما بعملياته على القيمة، ويستيقان لمعرفة أي منهما سيكتب أخيراً القيمة في المتغير التشاركي. القيمة التي كُتبت أخيراً هي التي تُحفظ، لأنها كُتبت فوق القيمة التي كتبها النيسب الآخر. (المترجم)

<sup>6</sup> ReLooper: Refactoring for Loop Parallelism، إعادة البناء لتحقيق توازي الحلقات.

تعمل نماذج تجريد التوازي الموجه بالمهام *task-oriented* على مستوى أعلى من التجريد (مستوى المهام بدلاً من النياسب)، وتُغني عن الاستعمال المباشر لبدئيات التزامن. تتيح هذه النماذج للمبرمج التعبير مباشرة عن تعابير عديدة في البرمجة الموازية (حلقات متوازية، قنوات توارد *pipelines*، عمليات اختزال، الخ) دون اللجوء إلى بدئيات من مستوى منخفض. ومن أمثلة هذا المنهج: Cilk plus من إنتل، و X10، و Chapel.

الجدول 2. عينة من الأدوات التي تدعم تحقيق موازاة البرمجيات. هذه القائمة هي بلا شك غير شاملة، والغرض منها هو بيان ماهية أنواع الأدوات المتاحة.

الأداة	مكان الحصول عليها	نوع الأداة	اللغات المدعومة	النشاط المدعوم
Intel Parallel Studio	<a href="http://software.intel.com/en-us/articles/intel-parallel-studio-home">http://software.intel.com/en-us/articles/intel-parallel-studio-home</a>	طقم أدوات لتطوير برمجيات متوازية، مكون من أربع أدوات: Parallel Advisor, Parallel Composer, Parallel Inspector, and Parallel Amplifier	C/C++	كشف، إدخال، تحقق، قياس، تحسين*
VectorFabrics	<a href="http://www.vectorfabrics.com">www.vectorfabrics.com</a>	أدوات للكشف عن التوازي، وتقييمه (اعتماداً على التحليل الديناميكي وتحليل المعطيات أثناء تنفيذ الرماز)، وجعل الرماز متوازيًا	C	كشف، إدخال، تحقق، قياس، تحسين*
The Portland Group (PGI)	<a href="http://www.pgroup.com">www.pgroup.com</a>	مصرّفات محقّقة للموازاة الآلية، مفلّيات debuggers متوازية، أدوات جمع ملامح <sup>7</sup> الأداء المتوازي	C/C++, Fortran	كشف، إدخال، تحقق، قياس
IBM Multicore Development Software Kit (MDSK)	<a href="http://www.alphaworks.ibm.com/tech/msdk">www.alphaworks.ibm.com/tech/msdk</a>	مجموعة أدوات، في الأغلب تستعمل التحليل الديناميكي، لتقلية حالات السباق، وحالات التوقف التام deadlocks، واستعمال الأقفال	Java	قياس
TotalView Family	<a href="http://www.roguewave.com/products/totalview-family.aspx">www.roguewave.com/products/totalview-family.aspx</a>	مجموعة أدوات لتقلية مشاكل الذاكرة في البرامج المتعددة النياسب، وتقلية مشاكل الأداء في تعدد النيسبة، وتتضمن أيضاً أداة تسجيل وإعادة عرض record-replay	C/C++, Fortran, CUDA (Nvidia GPUs)	قياس، تحسين*

<sup>7</sup> جمع الملامح (profiling): جمع معلومات عن سلوك برنامج معطى، خصوصاً عن استعمال البرنامج للموارد. (المترجم)

كشوف، إدخال	C, Fortran	[تحقيق] موازاة آلية وشبه آلية	www.par4all.org	Par4all
تحقق	OpenMP	مدقق رماز سكوني	www.viva64.com	VivaMP
تحقق	C/C++	مدقق رماز سكوني	www.gimpel.com	PC-Lint
قياس	برامج قابلة للتعفيذ	مجموعة أدوات لقياس الأداء باستعمال أجهزة قياس ديناميكية	www.paradyn.org 4	Paradyn Tools Project
إدخال، تحقق	Java	أداة إعادة بناء مفتوحة المصدر لإدخال توازي الحلقات، تُنجز بأحد مقابس Eclipse وهي توسعة محرّك إعادة بناء Eclipse	http://netfiles.uiuc.edu/dig/RefactoringInfo/tools/Relooper	Relooper3
كشوف، إدخال، تحقق، قياس	رماز لغة C/C++ ولغة المجمع	بيئة تحليل، واستكشاف، وتحقق لتجزير البرمجيات واستمثالها على البنىانات المتعددة النوى	www.criticalblue.com/prism	Prism

\* لاحظ أن نشاط التحسين مشار إليه في حالة واحدة هي عندما تعطي الأداة تلميحات إلى مكان التحسين وكيفيته، بدلاً من مجرد اعتباره قياس أداء.

وتجدر الإشارة بوجه خاص إلى المنهج الهيكلية للتوازي، الذي يلتقط هياكل النماذج النمطية المتوازية المتكررة. تحدد الهياكل skeletons كيفية تنفيذ نموذج نمطي متواز تنفيذاً فعالاً، في حين يكفي المبرمج أن يملأ المهام الفعلية. من الأمثلة على هذا المنهج: أحجار بناء النياسب Threading Building Blocks من إنتل، ومكتبة النماذج النمطية المتوازية Parallel Pattern Library من ميكروسوفت؛ ومن الجهود الأكاديمية (الجامعية) لدينا الهيكلان: Fastflow و Skandium.

نقول عن البرامج المتوازية إنها حتمية عندما يقدم كل تنفيذ للبرنامج النتيجة نفسها. إن هذه الخاصية مرغوبة جداً، لأنها تسهل إجراءات التقلية debugging كثيراً. من الأمثلة على النظم التي تضمن تحقيق توازي حتمي: نظام Codeplay Sieve والمشروعان الجامعيان Deterministic Parallel Java و Concurrent Collections.

### البرمجة المتوازية الضمنية

توفر لغات البرمجة المتوازية الضمنية لبنات تحوي معلومات صحيحة عن الفرص المحتملة للتنفيذ المتوازي. فعلى هذا النحو، يمكن للمبرمجين تعريف البرامج باستعمال اللغة، حتى دون الأخذ بالتوازي. على سبيل المثال، يمكن تعريف عملية تقابل map بلغة معطاة، بحيث يكون تنفيذ العملية بالتوازي صالحاً دائماً. من الأمثلة على اللغات المتوازية الضمنية: SQL، وماتلاب، و Axum من ميكروسوفت، و Chapel من Cray، و Fortress من Sun، والعديد من لغات البرمجة الوظيفية. وثمة جهود بحثية هامة جارية الآن لتعريف لغات مخصصة المجال تستند إلى دلالة متوازية ضمناً [5, 6].

## الموازاة الآلية

تفترض نماذج البرمجة المتوازية الصريحة أن المبرمج يقوم بتحليل البرنامج وتحويله يدوياً. لكن في الموازاة الآلية يقوم المصرف (أو المترجم، compiler) بتحليل نص البرنامج، ويستخرج آلياً التوازي المتاح. إن الموازاة الآلية بعيدة كل البعد عن أن تكون عادية. فأكبر النجاحات حدثت في حالة البرامج العلمية، التي تفترض في كثير من الأحيان استعمال لغة البرمجة فورتران. لكن التعامل مع لغات مثل ++C/C أو جافا، يجعل تطوير مصرفات الموازاة parallelizing compilers هذه تحدياً أكبر أيضاً. إن جميع بائعي البرمجيات الكبرى لديهم مصرفات الموازاة الآلية الخاصة بهم، وكذلك الحال لدى عدد من الشركات المتخصصة، مثل مجموعة Portland. إن Par4all، وهو مصرف موازاة آلية معتمد على PIPS<sup>8</sup>، وهي أداة جامعية لتحويل الرماز المصدري. ويدرس الباحثون كيفية جعل الموازاة الآلية أشد فاعلية، باستعمال نماذج البرمجة المتوازية الضمنية [7, 8].

تعتمد جودة الرماز المحوّل إلى متوازٍ اعتماداً كبيراً على المصرف. لا تتعرف جميع المصرفات التوازي في التعبيرات ذاتها (فعلى سبيل المثال، ترفض بعض المصرفات موازاة حلقة يجري التكرار فيها على صيغة من البنى)، ويمكن أن تضع المصرفات افتراضات مختلفة تتعلق بالتوقيت الذي تكون عنده موازاة حلقة معطاة تحسن الأداء. ولهذا، يجب أن يكون المبرمجون على معرفة أعمق بكيفية عمل المصرف، وأن يقوموا بتحليل: متى يُوازن الرماز، ولماذا يُوازنه. وهذا ما يجعل الموازاة الآلية غير حرة تماماً، والأداء المكتسب معتمداً على المصرف.

## الموازاة شبه الآلية

ثمة مشكلة كبيرة تواجه المطورين عند تحويل برمجية تتابعية أو أحادية النيسب إلى برمجية متوازية، هي تحديد مكان إدخال التوازي. وهناك أسئلة كثيرة: أين سيكون ذلك مفيداً؟ أين سيكون ذلك قانونياً؟ وإذا كان غير قانوني، فكيف يمكننا تغيير البرنامج كي نجعله قانونياً؟ تُرشّد تقنيات الموازاة شبه الآلية إجرائية الموازاة، وذلك بتسهيل اتخاذ القرار وتحويل الرماز. ويبقى المبرمج مسؤولاً عن أداء الرماز المتوازي وصحته، لكن الأدوات تقدّم المساعدة قدر الإمكان. والغرض النهائي في معظم الأحيان هو الحصول على نموذج برمجة متوازية صريحة.

## التوازي وتقلية الأداء

مع أن المناقشة التفصيلية لاستعمال التوازي في البرمجيات تقع خارج نطاق هذا المقال، نود أن نؤكد أن ذلك مرتبط بشدة بالأداء الذي نحصله باستعمال التوازي، سواء عبّرنا عن الأداء بدلالة التلبث latency، أو بالتدفق throughput، أو بدرجة الاستجابة responsiveness. ولذلك، عادةً، لا يجري الخوض في موازاة البرمجيات إلا إذا كان ذلك سيحقق أهداف الأداء. وإن مسألة قياس الأداء وأدوات التحليل هي حاسمة للتوصل إلى الاستمثال الفعال.

<sup>8</sup> PIPS هو في الأصل مختصر التسمية (الفرنسية): Parallélisation Interprocédurale de Programmes Scientifiques (الموازاة على مستوى الإجراءات البنينة للبرامج العلمية). وأيضاً، تفسّر PIPS حالياً على أنها: Programming Integrated Parallel System (برمجة النظم المتوازية المتكاملة) أو Parallelization Infrastructure for Parallel Systems (بنية أساسية للنظم المتوازية). (المترجم)

في الوقت الحاضر، تتركز معظم جهود تطوير البرمجيات المتوازية في البرمجة المتوازية الصريحة، وربما بمساعدة من أدوات تُرشِد عملية استكشاف التوازي وتقييم فوائده (الموازاة شبه الآلية). وحين يكون اختيار لغات البرمجة ممكناً في المشروع البرمجي، نجد أن اختيار اللغات التي تدعم التوازي الضمني مفيداً إلى حدٍ بعيد.

ويبقى التساؤل: هل ينبغي أن نعتمد على الموازاة الآلية بصفاتها حلاً عاماً. في النهاية، ليس هناك ضمان ألا تُترك تغييرات الرماز الصغيرة إجراءات المصرف التي يؤديها لإدخال التوازي. وعلى أقل تقدير، لا بد أن لديك الرغبة في التعاون مع المصرف الخاص بك على موازاة الرماز والمساعدة على ضبط الرماز لذلك المصرف.

إنها أوقات عصيبة تمر بها برمجة متعدد النوى، مع أن العديد من التقانات والمناهج الجديدة تُطرح بوتيرة سريعة. سوف يستغرق الأمر بعض الوقت كي "ينقش الغبار" وينفق المجتمع على لغات وأدوات ومناهج محددة. وبسبب هذا الغموض، فإن من الحكمة أن نفكر ملياً في تكلفة ترك كل تقانة - إياك أن تعتمد أكثر مما ينبغي على تقانة محددة بعينها، فقد ترغب في تركها في وقت لاحق.

## المراجع

- [1] S. Amarasinghe, "The Looming Software Crisis due to the Multicore Menace," lecture, Nati'l Science Foundation, 2007; <http://groups.csail.mit.edu/commit/papers/06/MulticoreMenace.pdf>.
- [2] H. Sutter, "The Free Lunch Is Over: A Fundamental Turn toward Concurrency in Soft-ware," Dr. Dobb's J., vol. 30, no. 3, 2005; <http://drdobbs.com/web-development/184405990>.
- [3] D. Dig, "A Refactoring Approach to Parallelism," IEEE Software, vol. 28, no. 1, 2011, pp. 17–22.
- [4] B.P. Miller et al., "The Paradyn Parallel Performance Measurement Tools," Computer, vol. 28, no. 11, 1995, pp. 37–46.
- [5] S. Kamil, D. Coetzee, and A. Fox, "Bringing Parallel Performance to Python with Domain-Specific Selective Just-in-Time Specialization," Proc. 10th Python in Science Conf. (SciPy 11), 2011.
- [6] H. Lee et al., "Implementing Domain-Specific Languages for Heterogeneous Parallel Computing," IEEE Micro, vol. 28, no. 5, 2011, pp. 42–53.
- [7] M. Bridges et al., "Revisiting the Sequential Programming Model for the Multicore Era," IEEE Micro, vol. 28, no. 1, 2008, pp. 12–20.
- [8] H. Vandierendonck, S. Rul, and K. De Bosschere, "The Paralax Infrastructure: Automatic Parallelization with a Helping Hand," Proc. 19th Int'l Conf. Parallel Architectures and Compilation Techniques (PACT 10), ACM, 2010, pp. 389–400.

## الكاتبان

**هانس VANDIERENDONCK** هو زميل في مؤسسة Research Foundation Flanders التابعة لقسم المنظومات الإلكترونية والمعلومات في جامعة Ghent. يمكن الاتصال به بواسطة البريد الإلكتروني (hvdieren@elis.ugent.be).

**توم MENS** هو أستاذ في مختبر هندسة البرمجيات في كلية العلوم في جامعة Mons ببلجيكا. يمكن الاتصال به بواسطة البريد الإلكتروني (tom.mens@umons.ac.be).

# عقد من التقدم في إنتاجية البرمجة المتوازية

## A DECADE OF PROGRESS IN PARALLEL PROGRAMMING PRODUCTIVITY\*

John T. Richards, Jonathan Brezin, Calvin B. Swart, Christine A. Halverson

ترجمة: د. محمد سعيد دسوقي  
مراجعة: د. نزار الحافظ

### تأمل في تصميم لغة X10 وفوائدها.

في عام 2002، أطلقت وكالة مشاريع أبحاث الدفاع المتقدمة (DARPA) Defense Advanced Research Projects Agency في الولايات المتحدة الأمريكية، مبادرة كبرى في نظم الحوسبة العالية الإنتاجية (HPCS) High-Productivity Computing Systems. كان دافع البرنامج هو الاعتقاد أن استعمال الجيل القادم من الآلات المتوازية سيصادف صعوبة في الكتابة، والتفلية (تصحيح الأخطاء)، والضبط، والحفاظ على البرمجيات على مقياس بيتا (peta scale). شجعت وكالة مشاريع أبحاث الدفاع المتقدمة العمل على لغات البرمجة وبيئات وقت التنفيذ والأدوات الجديدة، بوصفها جزءاً من هذه المبادرة. كان من المعتقد أن تسهيل التعبير عن اللغات المتوازية، ومطابقة نماذج التنفيذ مع بنيانات المعالجات الهجينة التي لا تزال في قيد التطوير، وتوفير أدوات تطوير قوية ومتكاملة، يمكن أن يحسن من إنتاجية المبرمج. وهذا تخمين معقول، لكننا نرغب في تجاوز التخمين إلى قياسات فعلية لمكاسب الإنتاجية. مع أنه ليس هناك طريقة مؤسسية لقياس إنتاجية المبرمج، من الواضح أن مقياس الإنتاجية يجب أن يأخذ شكل نسبة النتائج البرمجية التي جرى الحصول عليها إلى تكلفة الوصول إليها. في هذه الحالة، تُعرّف النتائج على أنها الإنشاء الناجح لمجموعة من البرامج المتوازية التي تُنفذ على نحو صحيح على نواتي محطة عمل. إن هذا بعيد جداً عن مقياس بيتا، لكن لما كانت البرمجيات المتوازية الجديدة تبدأ غالباً بهذه الطريقة (ثم يجري توسيعها وضبطها على عدد أكبر من المعالجات)، فإننا نراه تقريباً معقولاً. زيادةً على ذلك، يجب أن تكون النتائج التي جرى الوصول إليها باستعمال نواتين مهمةً لأولئك الذين يبرمجون أي تطبيق موازٍ مشابه، مهما كان صغيراً. كان حساب التكلفة أبسط بمجرد تعريف النتائج، لأنه يمكن تقريبها على نحو معقول بالزمن الذي تطلبه إنشاء مجموعة البرامج المتوازية هذه.

\* تُشير هذا البحث في مجلة *Communications of the ACM*، المجلد 57، العدد 11، تشرين الثاني (نوفمبر) 2014، الصفحات 60 – 66.

<sup>1</sup> مدير بحوث في المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا.

كان الهدف من هذه الدراسة قياس إنتاجية المبرمج، المعرفة بهذه الطريقة، على مدى الجزء الأفضل من العقد بدءاً من عام 2002، وهو بداية مبادرة نظم الحوسبة العالية الإنتاجية. ركزت المقارنة في المقام الأول على نهجين في البرمجة المتوازية: نموذج البرنامج الواحد والمعطيات المتعددة (single program multiple data) SPMD الذي تمثله واجهة تمرير الرسائل (C/MPI (message-passing interface)، ونموذج فضاء العنونة الشمولي المجزأ غير المتزامن APGAS (asynchronous partitioned global address space) المدعوم في لغات جديدة مثل X10 (<http://x10-lang.org>)، ورغم الاختلافات في البيئة والأدوات التي جرت دراستها أيضاً. لاحظ أن المقارنة لم تكن بين C/MPI بحالتها التي أصبحت عليها و X10 بحالتها الآن. بل كانت مقابلة تاريخية لما كانت عليه الأمور في عام 2002 مع ما هي عليه الآن. في الحقيقة، يمكن على الأرجح للغة ++C واستثناءاتها وواجهة MPI-2 وبروتوكول الاتصال ذي الجانب الواحد أن تُحسن من إنتاجية المبرمج، وهي تستحق دراسة مستقلة.

انطلاقاً من هدفنا، سعينا بأمانة قدر الإمكان إلى نسخ البيئة البرمجية التي كانت موجودة عام 2002 لمستعملي C/MPI. يتضمن ذلك أداة التقلية وتصحيح الأخطاء gdb مع مجموعة نموذجية من أدوات الأوامر السطرية. في حالة X10 استعملنا Eclipse (<http://www.eclipse.org>) مع مقبس X10 كما وُجد في عام 2010، وهو تاريخ هذه الدراسة. جرى تطوير X10 بوصفه جزءاً من مبادرة نظم الحوسبة العالية الإنتاجية. يجمع X10 محاسن لغات جديدة مثل Scala ([www.scala-lang.org](http://www.scala-lang.org)) مع نموذج في البرمجة التسايرية يقابل على نحو رائع نموذج فضاء العنونة الشمولي المجزأ للأجهزة المتوازية الحديثة. وبعد عقد، ما زالت اللغة تتطور، لكن النموذج الأساسي كان مستقراً عندما بدأت هذه الدراسة. أهم من ذلك أنه لم يكن X10 برنامجاً تقليدياً وتصحيح أخطاءً متاحاً إلى أن استكملت هذه الدراسة، لذلك فإنَّ مستعملي X10 الحاليين يمكن أن يتوقعوا رؤية مكاسب أكبر من تلك المذكورة هنا.

## العمل السابق

ليست هذه الدراسة هي الأولى لمحاولة قياس إنتاجية البرمجة في X10. يصف إيبسيوغلو Ebcioğlu وآخرون [5] ودانيس Danis وهالفيرسون Halverson [3] تجربةً دُرِّبَ فيها طلاب المرحلة الجامعية الأولى (حديثو العهد بالبرمجة المتوازية) إما على نموذج C/MPI أو على لغة C المتوازية الموحدة UPC (Unified Parallel C) أو (على نسخة أولية من) X10 ثم حاولوا موازنة<sup>2</sup> خوارزمية مطابقة السلاسل المحرفية string matching algorithm الخاصة بتطبيق تركيب مصغر قابل للتصعد SSCA 1 (Scalable Synthetic Compact Application 1)، كما هي موصوفة في بحث بادر Bader وآخرين [2]. كان وسطي الزمن حتى تمامها يقارب 510 دقيقة في C/MPI، و 550 دقيقة في UPC، و 290 دقيقة في X10. عندما حُذفت الفروق في زمن تنفيذ الرماز خلال الاختبار، كانت هذه الأزمنة تقارب 360 دقيقة في C/MPI، و 390 دقيقة في UPC، و 180 دقيقة في X10. مع ذلك، كان تفسير هذا الكسب في الإنتاجية الذي يقارب الضعف معقداً إلى حد ما، بسبب غياب معيار واضح للنجاح في إتمام تنفيذ الرماز.

في دراسة لاحقة، أضاف هالفيرسون Halverson ودانيس Danis [6] بيئة البرمجة Eclipse إلى الأدوات المتاحة لمبرمجي X10. كان المشاركون في هذه الدراسة أكثر خبرةً، فقد تلقوا بعض التدريب في البرمجة المتوازية في دورات

<sup>2</sup> موازنة خوارزمية (to parallelize an algorithm) أي تحويلها إلى خوارزمية متوازية. (المراجع العلمي)

سابقة. عُثر هنا أيضاً على كسبٍ في الإنتاجية لمصلحة X10 و Eclipse على C/MPI، لكن حساب حجم هذا الكسب كان معقداً، لأنَّ واحداً فقط من المشاركين السبعة في C/MPI أكمل المهمة (في 407 دقيقة) مقابل خمسة من المشاركين السبعة في X10 بوسطي 321 دقيقة.

في كلتا الدراستين السابقتين، جرت كتابة رماز لبرنامج واحد فقط (جزء من SSCA 1)، وجرى اختبار مبرمجي برمجة متوازية مبتدئين نسبياً فقط، وكانت المهمة مقتصرة على موازاة خوارزمية متوازية طبيعياً رُود بها المشاركون على شكل رماز تسلسلي مختبر. نناقش هذه العيوب الثلاثة جميعاً في التقييم الذي أعددنا تقريراً عنه هنا.

## المنهج التجريبي

في دراسة طويلة الأمد قمنا بقياس الزمن اللازم لتطوير ستة برامج متوازية في كل من اللغتين، لما مجموعه 12 برنامجاً. طُوّر كل برنامج من نص لمسألة و/أو وصف كخوارزمية دون الاستفادة من أي عينات رماز موجودة سلفاً. انتهى وقت إنجاز المهمة بأول تنفيذٍ متوازٍ ناجحٍ باستعمال نواتي محطة عمل ثنائية النواة.

عُرّف اثنان من البرامج الستة في المرحلة الثانية من مبادرة نظم الحوسبة العالية الإنتاجية الخاصة بوكالة مشاريع أبحاث الدفاع المتقدمة SSCA 1 و SSCA 2 وهما مُوصَّفاتان في بحث بادر Bader وآخرين [2]. إنَّ SSCA 1 هو مسألة مطابقة السلاسل المحرفية المستعملة في الدراستين المذكورتين سابقاً. لكن في هذه الدراسة جرى تطوير إصدارين من SSCA 1 في كل لغة: الإصدار المتوازي طبيعياً الذي يعمل جيداً عندما تكون السلسلة المحرفية المستهدفة أقصر بكثير من سلسلة البحث؛ وإصداراً أكثر تعقيداً ذو قطرٍ معاكس ويناسب الحالات التي تكون فيها السلسلتان متساويتا الطول تقريباً. كان SSCA 2 جديداً في هذا التقييم، بمجموع أربع نوى kernels جرى ترميزها في كل لغة.

إضافةً إلى مسألتي SSCA هاتين، عُرِّفت أربع مسائل أخرى، تعتمد على تحليل أسباب بيركلي Berkeley motifs [1]. سنوصِّف المسائل الست جميعها.

استغرق تطوير هذه البرامج الاثني عشر مدة سنة تقريباً. وعلى قدر رغبتنا في توفر عدة مبرمجين مؤهلين لأداء هذه المهمة، فإن ذلك سيتجاوز بشدة الميزانية المتاحة. بدلاً عن ذلك، جرى احتواء تكاليف الدراسة بالاعتماد على مبرمجٍ واحد - عضو في فريقنا الخاص بتقييم الإنتاجية وأحد مؤلفي هذا التقرير - ليكون مشاركاً في الاختبار. هو حائز دكتوراه في الرياضيات بالتدريب، ويمارس البرمجة بلغة C باحترافية منذ عام 1979، وكان قد كتب الواجهة الأمامية للمترجم الأول للغة C الخاص بشركة IBM، وقد كان يكتب بلغة MPI للنظم المتعددة النوى منذ عام 2007. بدأ البرمجة بلغة X10 في عام 2007 أيضاً، وطوّر منصة الاختبار الدراسية لهالفيرسون Halverson ودانيس Danis [6]، وكتب عدة فقرات من دليل تعليم X10. ومع أنه من المغربي رؤية النتائج من مبرمج واحد سردية، فإنَّ مكاسب الإنتاجية التي لوحظت كانت ضمن المجال نفسه للمكاسب التي وجدها المبرمجون المبتدئون على مهام أبسط، وهي تبدو محافظة جداً إذا اعتبرنا مهنية المبرمج الكبيرة في لغة C وغياب برنامج ترقية وتصحيح أخطاء للغة X10 خلال مدة الدراسة.

**البرامج.** عُرِّفت ست مسائل برمجية لهذه الدراسة، تمثل كل منها صفاً لتطبيق متوازٍ. وهي تسمح مجتمعة مجالاً كبيراً من برامج متوازية نموذجية صغيرة:

◀ *SSCA 1 (النواة الأولى)*. وتتضمن مسألة مطابقة سلاسل محرفية دوافعها دراسات عن الكروموسوم (الصبغي) والبروتين. يُطلب إيجاد المطابقة التقريبية الفضلى بين السلاسل الجزئية من زوج من السلاسل المحرفية ذات الأحرف الكبيرة.

◀ *SSCA 2 (النوى الأربع جميعها)*. تتضمن هذه المسألة التمثيل الفعّال لبيان مخلخل sparse graph، مجموعة وصلاته معروفة سلفاً والمطلوب توزيعها عشوائياً على مجموعة المعالجات المتاحة. تبني النواة الأولى البيان بصيغة تُمكن من استعماله مدخلاً في بقية النوى جميعها. وتستخرج النواة الثانية الوصلات بحسب وزنها من تمثيل البيان وتشكّل قائمة من الوصلات ذات الوزن الأعظمي. تستخرج النواة الثالثة سلسلة من البيانات الجزئية المشكّلة بتتبع طرق ذات طول محدد انطلاقاً من مجموعة بدء من رؤوس أولية. تحسب النواة الأخيرة مقياساً لمركزية الشبكة يحدد الرؤوس ذات الأهمية الكبيرة على طول أقصر الطرق في البيان.

◀ *المستهلك-المنتج*. تستعمل هذه المسألة إجرائية واحدة كمخدمٍ يدير رتلاً لإجرائيات زبائن متعددة تُضاف وتُحذف عشوائياً من الرتل. لمّا كان هدف جميع العمليات هو صوان buffer واحد، فإنّ المسألة البرمجية الأولى هي تخفيض التنازع إلى الحد الأدنى. ولمّا كانت إضافة العناصر إلى الرتل وحذفها منه تحدثان في طرفين متعاكسين، فإنّ هذه هي الفرصة الرئيسية لتجنب التنازع؛ يمكنك القيام بهاتين العمليتين في آنٍ معاً بأمان إذا كان الرتل كبيراً إلى حدّ كافٍ.

◀ *البحث في شجرة غير متوازنة*. بخلاف المسألة السابقة التي تدير فيها التنسيق إجرائية مخدم مركزية، لدينا هنا مجموعة من الإجرائيات المتماثلة التي تدير كل منها رتل العمل الخاص بها، وعند الحاجة، تتشارك في العمل مع إجرائيات أخرى. المهمة الإجمالية هي بحث بالعرض أولاً في شجرة معروف أن لديها أوراق في أعماق عن الجذر متفاوتة كثيراً. يدير كل معالج رتلاً خاصاً به من عقد الشجرة التي لم تجر زيارتها بعد، لكن يُمكن أن يُطلب منه نظيرٌ خاملٌ تزويده ببعض العقد ليتابع العمل.

◀ *خوارزمية فلويد Floyd*. في بيان موجه مع وصلات موزونة ولا يحوي حلقات أو يحتوي فقط أوزاناً غير سالبة، نحسب مجموع الأوزان لأقصر الطرق بين كل أزواج الرؤوس.

◀ *تحويل فوربييه المتقطع*. الخوارزمية المنجزة هي تحويل فوربييه السريع الأصلي الخاص بكولي توكي Cooley-Tukey. الدخل هو صفيقة من  $2^n$  عدد عقدي، وكذلك الخرج. الخوارزمية التسلسلية التقليدية تتفوق على كولي-توكي على الأقل حتى  $n=3$  و  $2^n=8$ ، وهذا ما يعني أنك يمكن أن تستفيد فتوزّع الصفيقة على  $8/2^n$  إجرائية.

## كسب الإنتاجية الملاحظ

يلخص الجدول المرافق عدد الأيام للوصول إلى أول تنفيذ متوازٍ ناجح وعدد أسطر الرماز المكتوبة لكل من البرامج الاتني عشر. تطلبت البرامج الست بلغة X10 إجمالاً 39 يوماً لتطويرها. وتطلبت البرامج الست بلغة C مع MPI إجمالاً 129 يوماً لتطويرها. وبذلك كان كسب الإنتاجية الكلي بسبب اللغة (والبيئة ثانوياً) يزيد عن ثلاثة أضعاف. على مدى 39 يوماً من كتابة X10، كُتبت 6.195 سطر رماز بمعدل إجمالي 159 سطر رماز في اليوم. وعلى مدى 129 يوماً من كتابة C مع MPI، كُتبت 10.245 سطر رماز بمعدل إجمالي 79 سطر في اليوم. ومع أننا لم نقس أداء هذه البرامج، فإنّ دراسة قام بها سارسوات Saraswat وآخرون [7] فحصت الأداء المتوازي الممتاز لتتجزئ X10 لبرنامج بحثٍ في شجرة غير متوازنة مشابه كثيراً لتتجزئنا.

الجدول 1. عدد الأيام للوصول إلى أول تنفيذ متوازٍ ناجحٍ على نواتين، وعدد أسطر الرماز في البرامج المكتملة.

البرامج	أيام X10	أسطر X10	أيام C/MPI	أسطر C/MPI
SSCA 1	9.0	1625	20	1225
SSCA 2	7.9	1150	28	3000
المستهلك-المنتج	5.0	1275	24	1750
البحث في شجرة غير متوازنة	7.5	1125	30	2200
خوارزمية فلويد	3.8	520	12	1400
تحويل فوربييه المنقطع	5.6	500	15	670
الإجمالي	38.8	6195	129	10.245

## العوامل المساهمة في الإنتاجية

ما الذي يفسر الكسب الثلاثي الأضعاف في الإنتاجية الذي وجدته هذه الدراسة؟ مع أن بعض الكسب هو نتيجة للأدوات المتكاملة التي يوفرها Eclipse ومقبس X10، فإنَّ معظمه يعود إلى ميزات لغة X10. ومن ضمن تلك الميزات تقسيم المهام والمعطيات الذي توفره اللبنتان `activity` و `place`، والدعم المرن للمهام الذي توفره اللبنتان `async` و `finish`، وآلية معالجة الاستثناءات الكاملة على نحوٍ جيد. بسَّطت هذه الميزات مجتمعةً التعبير عن التوازي وسمحت لبنية البرنامج أن تُجسِّد البنية الطبيعية للمسألة بدقة. إضافةً إلى ذلك، أزال تجميع الفضلات الآلي الأعمال الروتينية في إدارة الذاكرة، وبسَّطت المفاهيم الغرضية التوجه مهمة التعامل مع البنى المعقدة، واجتنبت في الوقت نفسه الحساب الخاطئ لمرجعيات الذاكرة. تعطي الفقرات الآتية أمثلة على كيفية مساهمة هذه الميزات في الإنتاجية.

**التعبير عن التوازي.** تبدأ برامج X10 بنشاط `activity` واحد يُنفَّذ في مكان `place` واحد. النشاط هو نيسب واحد للتنفيذ التتابعي، والمكان هو قطعة من النظام تضم قدرة معالجة وتشاركاً في الذاكرة الشمولية المجزأة. يمكن للنشاط، عند الحاجة، أن ينشئ نشاطات جديدة في المكان الذي يُنفَّذ فيه حالياً أو في أي مكان آخر مناسب.

**النيسبة المحلية *local threading*.** كمثال بسيط، يتطلب SSCA 1 قراءة زوج من السلاسل المحرفية من مصدر طرفي ما. إذا كانت السلسلتان طويلتين جداً (وقد تكونا كذلك لأن المسألة مصممة للتصعد إلى سلاسل بطول غير محدد)، فمن المرغوب قراءتهما على التساير. وإذا كان من الضروري النفاذ إلى كلا التيارين `streams` من معالج واحد، فالرماز الذي تحتاج إليه في لغة X10 مبيِّن في الشكل 1.

يجري توازي التشعب والضم `fork-join` البسيط في X10 باستعمال تعليمة `async` لإنجاز التشعب `fork`، مع إحاطة مجموعة النشاطات بكتلة `finish` لتتجزز الضم `join`. كتلة المحاولة `try` التي تحيط بالحساب في جملته تلتقط أية أخطاء يمكن أن تكون قد حدثت في إدخال/إخراج الملف أو إقلاع/توقيف النشاط.

```

try {
    val seq1: Array[Byte] (1); // seq1 and seq2 are arrays of bytes
    val seq2: Array[Byte] (1); // indexed by a single integer
    finish { // control leaves only when both activities complete
        async{ seq1 = readASequence(path1); } // spawns an activity
        seq2 = readASequence(path2); // runs in parallel
    }
    compare(seq1, seq2); // both sequences are available here
}
catch(e: Exception) { handleTheProblem(e); }

```

الشكل 1. رماز X10 اللازم لقراءة تيارين على التوازي.

في لغة C، تكمن المشكلة الأساسية في كيفية الحصول على نيسبٍ ثانٍ يمكن أن يتشارك النيسب الأصلي الذاكرة معه. يُبيّن الشكل 2 الرماز نفسه كما يمكن أن يُكتب في لغة C باستعمال نياسب POSIX. إنّ الملاءمة السيئة نسبياً لنموذج SPMD تطفو على السطح في الاختبار `my_id==0`، وهو عبارة اصطلاحية نموذجية في لغة C/MPI. إذا حدث خطأ إدخال أو إخراج، يجب على المعالج 0 أن يخبر المعالجات الأخرى بوجود مشكلة. لهذا السبب يجب أن يكون هنالك بث بعد قراءة السلاسل المحرفية سواءً كان هنالك مشاكل أو لم يكن. تُغلّف الدالة `do_the_read` مهمة النيسب الثاني. ومع أنها تقوم تماماً بالقراءة نفسها التي يقوم بها النيسب الجذر، فإنها يجب أن تكون منفصلة.

```

typedef struct {
    size_t size; /* of the data array in bytes */
    int rc; /* return code for the i/o, normally 0 */
    char buffer[]; /* either the string or an error message */
} ByteArray;

static void do_the_read(void *arg) {
    char *path = (char *)arg;
    pthread_exit(read_sequence(path));
}

...

int rc;
if (my_id == 0) { /* am I the processor with MPI rank 0? */
    pthread_t thread; /* yes, so I am in charge */
    ByteArray *seq1, *seq2;
    rc = pthread_create(&thread, NULL, do_the_read, path1);
    if (rc != 0) perror("Thread creation failed");
    else {
        seq2 = read_sequence(path2);
        rc = pthread_join(thread, (void *)&seq1);
        if(rc || seq1->rc || seq2->rc) {
            rc = report_the_problem(rc, seq1, seq2);
        }
    }
}
MPI_Bcast(&rc, 1, MPI_INT, 0, MPI_COMM_WORLD);
if (rc == 0) return compare(seq1, seq2);
else return rc;

```

الشكل 2. رماز C اللازم لقراءة تيارين على التوازي.

النسبة عن بعد. المثال السابق هو في غاية البساطة ومن السهل إساءة تقدير أهميته. للحصول على معنى أفضل، نتأمل تغييراً طفيفاً. افترض أنه بدلاً من أن يكون المعالج 0 هو الذي يؤدي معظم العمل، تكون المعالجات حيث توجد المعطيات، معروفة في وقت التنفيذ فقط، كما يكون الأمر لو كانت المعطيات تأتي من شبكة أو من مجموعة قواعد معطيات. كيف يتغير الرماز؟ يُبين الشكل 3 رماز X10.

للأماكن في برنامج X10 كما للإجرائيات MPI، معرفاً رقمياً ID وحيداً. في الشكل 3 تجري قراءة السلسلتين من المكانين ذوي المعرفين seq1Id و seq2Id. لا تختلف عملية القراءة عن عملية القراءة الأصلية إلا بضرورة إضافة عبارة at لتحديد مكان كل قراءة. ولا يتغير بقية الرماز، ومن ضمنه معالجة الأخطاء حتى لو جرت مشاركة عدة معالجات. هذه نتيجة من نتائج نموذج الاستثناء في X10، المصمّم ليبرز شجرة نشاط البرنامج. يسمح نموذج الاستثناء هذا لأي نشاط في تلك الشجرة بمعالجة الاستثناءات التي يرميها عنصر ما في الشجرة الجزئية التي تحتها. (لا يتضمن استثناء X10 آلياً مكان رُميهِ، مع أنه يمكن للمبرمج أن ينشئ بسهولة صفاً جزئياً للاستثناء ويُدج معلومات عن المكان. وكذلك فإن الاستثناءات لا تؤثر في أبناء النشاط الذي حدث فيه الاستثناء أو إخوته.) ومع أن لغة ++C أدخلت أسلوب معالجة الاستثناءات try/catch في الرماز التسلسلي قبل عام 2002، فإن أيّاً من إطارات عمل النسبة لا ينقله إلى مجموعات الإجرائيات المتعددة ببساطة X10 نفسها التي تدعم حاليّ النسب الواحد والنسب المتعددة بدون تغيير.

سلسلة النفاذ. إنّ رتلاً بمخدم واحد هو نمطٌ شائع حيث تُقرأ الكتابات التسلسلية لمجموعة من اللاعبين في تيار من العناصر بواسطة مجموعة من اللاعبين قد تكون مختلفة. يكمن الحل المعتاد في تصوين العناصر في صفيحة إلى أن تُستهلك. تُضاف العناصر في نهاية الصفيحة ولكن تُحذف من بدايتها.

بوجود عدة لاعبين، يكون احتمال وقوع حالات سباق في هذا المشهد بديهي. يجب أن تُسلسل عمليات الحذف remove من الصفيحة فيما بينها، شأنها شأن الإضافات adds. من ناحية أخرى، لا تحتاج عمليات الإضافة add والحذف remove إلى أن تُسلسل فيما بينها، إلا إن بقيت عناصر قليلة، لأنها تؤثر في طرفين متعاكسين من الصفيحة. كيف يمكن انتزاع الجزء الأخير من الأداء بتنفيذ عملية add على التوازي مع عملية remove عندما يكون ذلك آمناً؟ لا تحتاج سلسلة عمليتي add أو remove إلا إلى استعمال إصدار مصغر خفيف من عملية ++ للحقية في لغة C. عندما يبقى عناصر قليلة (في الصفيحة)، يجب أن تُسلسل كل العمليات، ويتطلب ذلك وجود كتلة مصغرة من الرماز لضمان أن يكون نسب، عندما يكون نشيطاً في الكتلة، النسب الوحيد في الكتلة إلى أن يخرج منها.

```
try {
    val seq1: Array[Byte](1); // seq1 and seq2 are arrays of bytes
    val seq2: Array[Byte](1); // indexed by a single integer
    val seq1Home = Place.place(seq1Id); // the id names a Place object
    val seq2Home = Place.place(seq2Id); // that reifies the processor
    finish {
        async { seq1 = at(seq1Home) readASequence(path1); }
        seq2 = at(seq2Home) readASequence(path2);
    }
    compare(seq1, seq2);
}
catch(e: Exception) { handleTheProblem(e); }
```

الشكل 3. رماز القراءة X10 باستعمال معالجات معروفة في وقت التنفيذ فقط.

في X10 يوَقَّر الصف AtomicInteger تحديثاً ذرياً لمتغير واحد ذي قيمة عددية صحيحة. ولما كانت هذه العملية تستعمل دعم العتاد، فإنها أخف بكثير من حماية كتلة كاملة. الكلمة المفتاحية *atomic* في مقدمة كتلة تعليمات، تُسلسل النفاذ إلى الكتلة. وبذلك يوَقَّر X10 ما هو ضروري لكتابة 650 سطرًا من الرماز يمكن قراءتها بسهولة تامة. حتى عام 2002 لم يكن هنالك واجهة API<sup>3</sup> مقيّسة في لغة C مماثلة لعملية AtomicInteger أو الكتل الذرية *atomic blocks*. (انظر <http://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc-4.1.1/gcc/Atomic-Builtins.html>). واجهة برمجة التطبيقات هذه هي أساساً ما جرى تقييسه في C11. يمكن تحقيق السلسلة التي تحتاج إليها من كلٍ من الكتل والتعديلات الذرية باستعمال استدعاءات MPI متزامنة مثل `MPI_Recv`، لكن الرماز الناتج سيكون أطول - 1,100 سطر في تجزيئنا - ومتابعته ستكون أصعب كثيراً.

لأولئك الذين يتساءلون ما هذا الرماز الذي يمكن أن يأخذ 1,100 سطر، مع أنّ جزءاً صغيراً من الرماز فقط يدعم عمليات الرتل. إنه تطبيق زبون-مخدم. يجب أن يبدأ المخدم بالعمل، ويجب أن يتوقف، ويجب أن يتقدم الزبائن بطلبات، ويجب أن يكون هنالك تحكم في النفاذ (لا يمكن للجميع استعمال كل الصفيفات)، وهكذا. إنّ ما يجعل إصدار X10 أقصر لهذه الدرجة هو معالجة الأخطاء التي هي أبسط والاستغناء عن واجهة API لكلٍ من الزبون والمخدم.

*التنسيق بين الأنداد.* في المثال السابق، كانت تدير التنسيق إجرائية مخدم مركزية. ما الذي يحصل عندما تدير كل إجرائية من مجموعة إجرائيات نظيرة *peer* الرتل الخاص بها، وعند الحاجة تتبادل العناصر مع الإجرائيات الأخرى؟ هنا تقوم كل إجرائية بدور الزبون والمخدم معاً لمجموعة جزئية ما من الإجرائيات النشيطة. يؤدي المثال الذي برمجهنا عملية بحثٍ بالعرض أولاً في شجرة معروف سلفاً أنها غير متوازنة إلى حدٍ بعيد. تدير كل إجرائية رتلاً خاصاً بها من العقد التي لم تجر زيارتها، ولكن لنشر حمل العمل على نحوٍ أكثر عدلاً، يُمكن أن يُطلب من الإجرائية نقل بعض العقد غير المعالجة إلى إجرائية أخرى لتعمل عليها.

المسألة الكبرى هنا هي الانتهاء: كيف تعرف إجرائية ما، ليس فقط متى انتهت هي من العمل، ولكن متى تكون جميع الإجرائيات الأخرى هي أيضاً انتهت من العمل؟ يعود تاريخ الخوارزميات التي تعالج هذه المسألة (على الأقل على مراتب منخفضة من القياس) إلى 30 عاماً مضت إلى خوارزمية ديجكسترا Dijkstra وآخرين [4]، وجرى تحسينها مراتٍ عديدة منذ ذلك الوقت. يعتمد حل SPMD على هذه الخوارزميات. وأما حل X10 فيختلف اختلافاً كبيراً إذ إنه يعتمد على النسبية عند الطلب.

لننظر إلى X10 أولاً. يبدأ نشاط X10 وحيد العمل بالطلب من كل ندٍ في مجموعة بيده البحث في جزء من الشجرة. إذا أنهى أحد هذه الأنداد ما لديه من العمل، يكون لديه قائمة بالأنداد المجاورين له الذين يُسمح له بطلب المزيد من العمل منهم. فيفعل ذلك بإرسال مرجعٍ له إلى كل جارٍ من جيرانه ثم يترك نشاطه الحالي يموت. لكن الغرض الذي يرسل هذه الطلبات يبقى حياً. لذلك، إذا كان لدى أحد جيران الند الخامل عملاً للإنجاز، يمكنه توليد نشاط *activity* جديد في مكان *place* الند الخامل ليُمكن ذلك الند من استئناف العمل. تجري مصادفةً صغيرة إذا كان الند يريد أن يضمن أنه أخذ عملاً واحداً فقط من جاره، وفيما عدا ذلك تنتهي القصة هنا. لما كان النشاط الجذر *root activity* قد ولد نشاطات

<sup>3</sup> Application Programming Interface: واجهة برمجة التطبيقات.

الأعداد المتعددة بالاستدعاءات asyncs ضمن كتلة finish واحدة، فيمكنه ببساطة الخروج من الكتلة عندما لا يبقى أي من الاستدعاءات asyncs نشيطاً، فينتهي بذلك العمل.

يختلف الحل بلغة C اختلافاً تاماً. فلا يوجد غرضٌ ندّ في كل معالج يكون جاهزاً لاستقبال طلبٍ من إجرائية بعيدة، وحتى لو كان الغرض موجوداً فليس هنالك ما يكافئ كتلة finish في X10. الطريقة السطحية لمعالجة ند خامل هي في تركه يعتمد على استقبالٍ متزامن، لكن عند ذلك من سيكون مسؤولاً عن معرفة وقت إرسال رسالة "انتهاء الكل" إلى ذلك الند؟ هذه هي بالضبط المسألة التي كان يتناولها بحث ديجكسترا وآخرين بطريقةٍ سبّير ذكية لكل الأعداد.

في حل لغة C يجب على كل معالج أداء ثلاثة نشاطات: العمل الرئيسي (تحديداً، البحث ومعالجة حصته من الشجرة)؛ التتصت من أجل رسالة تحكّم الانتهاء؛ والتتصت على جيرانه من أجل طلبات المشاركة في العمل. باستعمال عمليتي استقبال بلا إيقاف للتتصت على اتصالات التحكم والمشاركة، يملك كل معالج فعلياً ثلاثة نشاطات متساوية: النشاط الرئيسي وعملياتي الاستقبال مع الانتظار. تكون الحلقة الرئيسية في كل معالج مسؤولة عن التعامل مع طلبات التحكم والمشاركة في الوقت المناسب. ويتركز معظم التعقيد في تحديد من أرسل أية معلومات تحكّم إلى من.

**إدارة الذاكرة ومعالجة الأخطاء.** تتعلق المسائل التي ناقشناها في الفقرة السابقة بالتوافق بين نماذج النسبية الطبيعية المستعملة في برامجنا من جهة، ونموذجي التوازي APGAS من X10 و SPMD من MPI من جهة أخرى. هنالك أيضاً عيوب متعددة معروفة جيداً مرتبطة بلغة C أثرت في إنتاجيتنا في كتابة مقاطع تسلسلية من الرماز. هذه العيوب غير موجودة في X10. صادفنا وسطياً ستة أو أكثر من هذه المشاكل المعروفة جيداً في كل 1000 سطر من رماز C، والتأثير العام كان كبيراً. وتطلّب العديد منها جهداً إضافياً لأنها لم تكشف عن نفسها على مقربة من النقطة التي كان التصحيح فيها ضرورياً.

**تسريبات الذاكرة.** يملك X10 مثلما تملك لغات حديثة عديدة، لماً آلياً للفضلات. لطالما كانت الحاجة إلى إدارة صريحة للخرن واحدة من العوائق الخطيرة لإنتاجية الترميز بلغة C. قد تعتقد أنّ مسألة ببساطة SSCA 1 على سبيل المثال، ذات قرابة 1.200 سطر من رماز مطابقة السلاسل المحرفية البسيط نسبياً، هي مسألة لا تُعدُّ مشكلة -لكنها كذلك، خاصةً إذا كان الرماز سيُنفذ في مدةٍ طويلة (أو سيُدمج في مساقٍ مكتبةٍ يُستدعى بتواترٍ كبير). هنا يجب إيجاد تسريبات الذاكرة memory leaks وإلغاؤها، وهي مهمة يمكن بسهولة أن تأخذ يوماً أو يومين في حالة المواضيع الموجودة في رمازنا حيث حُصّصت الذاكرة ولم تُحرر قط.

**جعل مراجع الذاكرة صحيحة.** عدم وجود فحص ذاتي introspection في لغة C هي مشكلة مهمة أيضاً. ففي لغة غرضية التوجه مثل X10، تعرف الأغراض كم هي كبيرة وما تحتويه من مراجع واضحة. في لغة C يجب أن تُجرى هذه الحسابات يدوياً، وليس الأمر كذلك في X10، فلا يمكنك أن تخطئ حساب امتداد صفيقة. ويبقى ذلك ممكناً، لكن X10 سيلتقط أي نفاذ خارج الحدود إلى صفيقة في وقت التنفيذ عند نقطة النفاذ. وحتى مبرمجو لغة C المهرة لا يأخذون على الأرجح، وقتاً كافياً للتحقق من صحة كل نفاذ إلى صفيقة. لماً كانت النفاذات الخاطئة تُكتشف عادةً بعيداً عن النقطة التي يحتاج فيها الرماز إلى تصحيح، فإنّ هذه الأخطاء لا تُكتشف وتصحح بسهولة.

**معالجة الأخطاء.** إنّ عدم وجود آلية مناسبة للاستثناءات في لغة C تُجبر المبرمجين أن يكونوا أكثر بياناً. واجهنا ذلك في خوارزمية فلويد Floyd، على سبيل المثال، عندما أراد مبرمجنا أن يجعل تيار دخل عمومي يقرأ تيار ASCII من قيم رقمية. تضمّنت واجهة API الخاصة به مدخلاً يقطع التيار إلى علامات tokens، ثم يحوّل العلامات إلى

النمط الرقمي المناسب، ويتحقق من صحة القيمة. من الواضح أن هنالك عدداً من المشاكل يمكن أن يواجهها التيار. والسؤال هو كيف يمكن معالجة هذه الأخطاء.

في حالة الأخطاء في X10، يُرمى استثناء يحدد نوعه المشكلة الحاصلة. يمكن أن يتجنب التطبيق توفير رماز خاص لكشف الأخطاء العمومية مثل نهاية ملف غير متوقعة، التي تكشفها وظائف منخفضة المستوى، لأنها هي أيضاً يمكن أن تدل على الأخطاء برمي استثناءات. يمكن للتطبيق من ثم أن يهتم بالإشارة إلى الأخطاء الدلالية في المحتوى. في معظم الرماز الذي يُرمى، لا تكون معالجة الأخطاء أمراً خطيراً. لكنه بالتأكيد هو كذلك في الرماز المُعد للنتاج وفي أنماط الاتصال المعقدة مثل خوارزمية الانتهاء الخاصة بديجسترا وآخرين. آلية الإشارة في لغة C مناسبة أكثر للاستعمال الخبير. مع ذلك فإن مشاكل لغة C تحصل على عمق أكبر في عالم نموذج SPMD المتعدد النياسب. لناخذ مساق المكتبة القياسية strtoll الذي يستدعيه التيار لتحويل علام عثر عليه إلى عدد صحيح طويل (long integer). فيما يلي نقاش حول دلالة أخطاء strtoll كما نجدها في صفحة الدليل التعليمي "man" الخاص بها:

"تعيد الوظائف strtol, strtoll نتيجة التحويل، إلا إذا كانت القيمة ستتجاوز الحد الأدنى أو الأعلى. إذا لم يكن بالإمكان إجراء التحويل تُعاد القيمة 0، وتوضع في المتغير العام errno القيمة EINVAL (الميزة الأخيرة لا تعمل على كل المنصات). إذا تجاوزت القيمة الحد الأدنى أو الأعلى توضع في errno القيمة ERANGE ...

تأمل الرماز الذي يحتاج إليه تطبيق بلغة C للتعامل مع الأخطاء المختلفة الممكنة. هل يجب على الرماز التحقق من وضع القيمة 0 في المتغير errno قبل طلب strtoll؟ فقد تكون قيمته مختلفة عن الصفر بسبب مشكلة سابقة لا علاقة لها أبداً بالمشكلة الحالية. وإضافةً إلى ذلك، حتى يفهم الرماز الذي يتفحص errno ما الذي حصل لا يكفي مجرد التحقق من أن قيمة errno مختلفة عن الصفر، لأن الخطأ يمكن أن يكون خطأ إدخال أو إخراج، أو خطأ تحليل، أو خطأ مجال. وكذلك، لا يمكنك التحقق من أن errno مأمون النيسب<sup>4</sup> - فهو ليس كذلك في كل النظم. ماذا إذن؟ وفي أي موضع من التطبيق يمكنك مسح قيمة errno الذي له قيمة شمولية؟ ما هي الإجراءات الأخرى التي تحتاج إلى تحذير من المشكلة، وكيف يجب تحذيرها؟

## الخلاصة

هنالك أسباب وجيهة لهيمنة C و MPI على مجتمع البرمجة المتوازية. فهما موثقتان جيداً ولهما تصاميم أنيقة ونظيفة منجزة بعناية. وفي أيدي شخص مهني مختص وخبير، توفران مستوى من التحكم ببساطة غير متوفر في أدوات أخرى. ليست C أو MPI هدفاً مستقراً: فكلهما في تحسن مستمر، مع أنهما الآن من التقانات الناضجة. في أي حال، كم مرة فاقت فيها فوائد C/MPI تكاليفها؟ خلال دراستنا الثلاث جميعها، وخاصةً في هذه الدراسة الأخيرة، رأينا فوائد هامة - سرعة تطوير للوصول إلى أول تنفيذ متوازٍ ناجح أعلى مرتين إلى ست مرات - مقابل استعمال لغة ونموذج برمجي من مستوى أعلى. يمكن أن تكون فوائد الإنتاجية هذه أعظم في حالة البرامج الضخمة التي تحتاج إلى الحفاظ عليها لسنوات.

<sup>4</sup> مأمون النيسب thread-safe: أي يمكن لعدة نياسب النفاذ إلى المتغير errno في آن واحد دون أن يؤثر أحد النياسب فيما يكتبه نيسب آخر في ذلك المتغير (المراجع العلمي).

يجري حالياً استكشاف X10 ونموذج برمجة APGAS في أماكن بحثية وجامعية متعددة. ومع أن هذه اللغة قد تأخذ طريقها إلى الاستعمال الرئيسي أو لا، من المحتمل أن الصفات التي جعلتها أكثر إنتاجية لهذه الدرجة في نظرنا، ستصبح على الأرجح راسخة تماماً في مجتمع البرمجة المتوازية: فالنيسبة المرنة، ولمَّ الفضلات آلياً، وتفحص الأخطاء المقود بالنوع في وقت التنفيذ، والذاكرة الشمولية المجزأة، ومعالجة الاستثناءات المتجزأة، كلها صفات قيّمة. نأمل أن تُشجّع تجاربنا أولئك الباحثين عن سبل تحسين إنتاجية المبرمج في البرمجة المتوازية على دراسة تصميم X10 وفوائدها دراسةً جديةً.

## المراجع

- [1] Asanovic, K., Bodik, R., Catanzaro, B. C., Gebis, J., Husbands, P., Keutzer, K., Patterson, D., Plishker, W., Shalf, J., Williams, S. QW, and Yelick, K. The landscape of parallel computing research: a view from Berkeley. Technical Report No. UCB/EECS-2006-183. Electrical Engineering and Computer Sciences, University of California at Berkeley, 2006; <http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2006/EECS-2006-183.pdf>.
- [2] Bader, D., Madduri, K., Gilbert, J., Shah, V., Kepner, J., Meuse, T., Krishnamurthy, A. Designing scalable synthetic compact applications for benchmarking high productivity computing systems, 2006; <http://www.cse.psu.edu/~madduri/papers/SSCA-CTWatch06.pdf>.
- [3] Danis, C., Halverson, C. The value derived from the observational component in an integrated methodology for the study of HPC programmer productivity. In Proceedings of the Third Workshop on Productivity and Performance in High-End Computing, 2006, 11-21.
- [4] Dijkstra, E., Feijen, W. van Gasteren, A. Derivation of a termination detection algorithm for distributed computations. Information Processing Letters 16 5(1983), 217-219.
- [5] Ebcioğlu, K., Sarkar, V., El-Ghazawi, T., and Urbanic, J. An experiment in measuring the productivity of three parallel programming languages. In Proceedings of the Third Workshop on Productivity and Performance in High-End Computing, 2006, 30-36.
- [6] Halverson, C. and Danis, C. Towards an ecologically valid study of programmer behavior for scientific computing. In Proceedings of the First Workshop on Software Engineering for Computational Science and Engineering, 2008.
- [7] Saraswat, V. A., Kambadur, P., Kodali, S., Grove, D., and Krishnamoorthy, S. Lifeline-based global load balancing. In Proceedings of the 16th ACM Symposium on Principles and Practice of Parallel Programming, 2011, 201-212.

## المؤلفون

**جون ريتشاردز John Richards** مدير بحث في مجموعة واتسون -شركة IBM، ويشغل منصب أستاذ فخري Honorary Professor في مدرسة الحوسبة School of Computing في جامعة دوندي Dundee في سكوتلندا.

**جوناثان بريزن Jonathan Brezin** عالم في الرياضيات مدرب وشغل مناصب في جامعة مينوسوتا Minnesota وجامعة نورث كارولينا North Carolina في الستينيات والسبعينيات من القرن الماضي. ولاحقاً، انضم إلى IBM Research، وتقاعد منها هذه السنة.

**كال سوارت Cal Swart** انضم إلى IBM Research في عام 1982 وهو حالياً عضو رفيع في الجهاز الفني في مجموعة واتسون في شركة IBM. وهو عضو في مجموعة Watson Life Research التي تستكشف تطبيقات جديدة في الحوسبة الإدراكية cognitive computing.

**كريستين هالفيرسون Christine Halverson** مستشارة مستقلة في وادي السيليكون Silicon Valley. عملت سابقاً في IBM Research، حيث قضت خمس سنوات تعمل في مبادرة وكالة مشاريع أبحاث الدفاع المتقدمة (DARPA) Defense Advanced Research Projects Agency في نظم الحوسبة عالية الإنتاجية (HPCS) High-Productivity Computing Systems التي تدرس المبرمجين في البرمجة المتوازية.

# الباحثون يُبسِّطون البرمجة المتوازية

## RESEARCHERS SIMPLIFY PARALLEL PROGRAMMING\*

Gary Anthes

ترجمة: د. زكريا الزعيم  
مراجعة: د. محمد عباسي

مع استمرار صنّاع الرقاقات في وضع المزيد والمزيد من نوى المعالجات على رقاقات منفردة أصبحت الحوسبة المتوازية ذات أهمية متزايدة.

أظهر علماء الحواسيب، باستعمال النماذج الإحصائية، أن أنواعاً معينة من الحوسبة المتوازية ليست بالصعوبة التي كانت تُظنُّ سابقاً. وأظهر باحثون من كل من معهد ماساتشوستس للتقانة (MIT)، ومن شركة مايكروسوفت للبحوث، ومن معهد Technion للتقانة أن الخوارزميات الخالية من القفل (lock-free)، وكذلك الخوارزميات الخالية من الانتظار (wait-free) الأكثر تعقيداً، ستعمل على نحو كامل في فئة كبيرة من البرامج المتوازية العديمة الإعاقة (non-blocking). يقول السيد نير شافيت (Nir Shavit) أستاذ علوم الحواسيب في معهد ماساتشوستس للتقانة "إن ما بيّناه هو أننا لا نحتاج فعلياً إلى تصميم هذه الخوارزميات الخالية من الانتظار. إن معظم الطرق الخالية من القفل هي أيضاً خالية من الانتظار".

إن هذين النوعين من الخوارزميات هما جزء من فئة من التقانات المستعملة في أنظمة الذاكرة المشتركة الخالية من القفل، بمعنى أن النياسب (threads) المتواقة في برنامج لا تُوقَّف إلى أجل غير مسمى بالاستثناء المتبادل. ويشير "الخُلُو من القفل" الآن عموماً إلى خوارزميات تضمن أن حدوث بعض العمليات المتواقة سوف يحقق التقدم دوماً؛ أي، إن ثمة تقدماً مضموناً في موضع ما في النظام، بصرف النظر عن الجدولة الزمنية. وتذهب الخوارزميات "الخالية من الانتظار" والأكثر صرامة بعيداً، بضمانها أن كل نيسب يُحقَّق بعض التقدم.

على حين تبدو الخوارزميات الخالية من الانتظار أنها الأفضل من الناحية النظرية، وجد الباحثون أنها مصممة للتعامل مع الحالات الأسوأ النادرة الحدوث. فقد نمذجوا، باستعمال تقانة سميت "سلسلة ماركوف الرافعة"، السلوك الواسطي لنياسب متعددة عبر النظام بكماله "سلوكها المقارب المتوقع". وأظهرت النتائج في الكثير من المسائل، أن أداء نوعي الخوارزميات هو نفسه تقريباً. وذكر الباحثون (أن الخوارزميات الخالية من الانتظار ما زالت هي الخيار الصحيح لأنظمة الزمن الحقيقي حيث للإجرائيات حدود زمنية قصوى ثابتة).

\* تُشير هذا البحث في مجلة *Communications of the ACM*، المجلد 57، العدد 11، تشرين الثاني (نوفمبر) 2014، الصفحات 13 – 15.



الشكل 1. فنيون من مخبر أرجون الوطني يعملون على MIRA، وهو خامس أسرع حاسوب عملاق في العالم تموز (يوليو) 2014.

ذكر السيد موريس هيرليهي (Maurice Herlihy)، أستاذ علم الحواسيب في جامعة براون، وهو غير مشارك في هذا العمل، أن نوع التحليل المطبَّق من قبل الباحثين قد تكون له انعكاسات أوسع في أماكن أخرى في علوم الحواسيب. وأضاف "أعتقد أنه يمكن تطبيق هذا النوع من الأشياء على كثير من الحالات، حيث تميل النظرية إلى التركيز على الحالة السُّوأى، بدلاً عن الحالة المتوقعة".

### العالم ذاهب إلى التوازي

أصبحت الحوسبة المتوازية ذات أهمية متزايدة في السنوات الأخيرة، حيث الانتقال من عالم الحوسبة الفائقة العلمية إلى عالم مخدمات قواعد البيانات المشتركة، وإلى الهواتف المحمولة وإلى الحواسيب الشخصية للمستخدمين. إن القيود على استهلاك الطاقة، وعلى التبريد الحراري، إضافة إلى أن تقانة الرقاقات الإلكترونية تعيق من زيادة سرعة المعالجات المنفردة بالمعدل الذي شهدناه في العقود الماضية. ولزيادة الأداء العام، يضع صنَّاع الرقاقات المزيد والمزيد من نوى المعالجات على رقاقة إفرادية. ولايزال استعمال كفاءة تلك المعالجات يتطلب المهمة الصعبة المتمثلة في تصيير برنامج للعمل في نيا سب متواقطة متعددة.

في بعض الحالات، كما في معالجة البيانات يعتبر ذلك سهلاً نسبياً، حيث يخصص لكل معالج جزء مستقل من المعطيات. ولكن معظم البرامج تحتوي على تعليمات تحتاج للمشاركة في المعطيات، وفي كثير من الأحيان يقفل المبرمجون تلك المعطيات أثناء تنفيذ البرامج عليها بحيث تُحمى المعطيات في الذاكرة خلال العمل عليها. استعمل المبرمجون مثل هذه الأقفال سنوات عديدة، ولكنهم دفعوا الثمن. إن العمليات داخل القفل الواحد، والتي قد تصل إلى عشرات التعليمات، يمكن أن تُشكل فيما بعد عنق زجاجة للتنفيذ الشامل للنظام. إن أحد أهداف أنظمة الذاكرة المشتركة هذه هو الحد من الاختناقات المتتالية الناجمة عن الأقفال كما ذكر شافيت. ويمكن تصغيرها إلى الحد الأدنى، باستعمال القفل الدقيق الحبيبات الذي يوقف تنفيذ عدد أقل من التعليمات بآن واحد. إلا أن استعمال خوارزميات "خالية من القفل" يُبسِّط إمكانية التوازي عند أدنى مستوى ممكن للحبوية، أي عند مستوى التعليمات الفردية للحواسيب. ثمة مشكلة أخرى مع الأقفال ولها "دلالات رهيبية" كما قال شافيت. فيمكن أن يضع المبرمجون قفلاً في مواضع من البرنامج، ويُحرِّرونه في عدد آخر من المواضع لا يمكن التنبؤ بها، وهذا مما يجعل من الصعب قراءة وتصحيح الرَّماز (code).

ففي حين تحلُّ الخوارزميات "الخالية من القفل"، بعض الصعوبات، فإنها بدورها يمكن أن تكون مضللة لكتابة الرَّماز وتصحيحه. ومع أن الانتقال إلى الحوسبة المتوازية يؤدي إلى زيادة الاهتمام بهذه الخوارزميات، فإن معظم المبرمجين ليسوا معنيين بهذه التحليلات الأخيرة، التي جرَّت بين الخوارزميات "الخالية من القفل" مقابل "الخالية من الانتظار"، كما أشار السيد مارك سنير (Marc Snir) عالم الحواسيب في مختبر أُرغون الوطني والأستاذ في جامعة إلينوي في أوربانا - شامبين (UIUC - University of Illinois at Urbana-Champaign). وأضاف "إنها تعني الأشخاص الذين يعملون في أدنى مستوى في كدسة البرمجيات، ولنقل أولئك الأشخاص الذين يكتبون زمن التنفيذ (runtime) للغة C++ أو إطار العمل المتوازي (parallel framework) بلغة C#.

ذكر سنير أن النتائج الفعلية التي تم حُصل عليها من خوارزميات "خالية من الانتظار" كثيراً ما تكون أقل من الوعود النظرية لأسباب مختلفة. وأنه "عندما تُطبَّق خوارزميات التنسيق بالمستوى المنخفض جداً، فإن ثمة مجموعة من القضايا تؤدي دوراً مهماً، وأن استعمال خوارزميات "خالية من الانتظار" أو لا هو جزء ضئيل من هذه الاعتبارات".

## إدخال المبادلات

استرعت في السنوات الأخيرة، طريقة أخرى لضبط الخوارزميات "الخالية من القفل" اهتماماً كبيراً. سميت "ذاكرة المبادلات" (transactional memory)، وهي تعمل إلى حدٍّ ما كالمبادلات في قواعد البيانات، الضرورية للحفاظ على تكاملية قاعدة البيانات عند النفاذ إليها من قبل عدد من المستخدمين بآن واحد. في ذاكرة المبادلات، يجري التعامل مع وحدة رَماز مخصصة للقراءة وللكتابة في الذاكرة المشتركة على أنها مبادلة فردية غير مجزأة (single atomic transaction)، إلا أن الذاكرة غير مقفلة أمام نفاذ نيا سب أخرى. وإذا حدثت تغييرات متضاربة في الذاكرة عن طريق نيا سب مختلفة في آن واحد، توقف المبادلات، ومن ثم تُعكس التغييرات. والنتيجة الجوهرية هي أن التوازي أصبح ممكناً فعلياً على مستوى تعليمات الآلة وعند أدنى مستوى ممكن للكائن البرمجي.

أدخلت ذاكرة المبادلات المعتمدة على العتاديات، في العام الماضي، ضمن المعالج الصغري هاسويل (Haswell) من إنتل و بور8 (POWER8) من آي بي إم. كما توجد ذاكرة المبادلات أيضاً في مستوى البرمجيات، ومنها على سبيل المثال، في بعض مترجمات كل من اللغات: C و C++ و C# وجافا.

ذكر السيد هرليهي (Herlihy) في جامعة براون أنه من المبكر جداً معرفة مدى نجاح الرقاقات المدعّمة بالمبادلات الجديدة بعملها. ويتوقع أن يظهر "نموذجٌ لبرمجة المبادلات" يتجنّب القفل الناتج عن مزيج من أعتدة وبرمجيات المبادلات. وأضاف "أمل أن المزج الصحيح بين العتاديات المنخفضة المستوى السريعة والبرمجيات العالية المستوى التي هي أبسط، سيعطينا شيئاً فعالاً ومنظماً جداً على حد سواء"

يمكن لمثل تلك الأنظمة، أن تُعزّز بلغات برمجة جديدة موجهة خصيصاً للتطبيقات المتوازية. هذه اللغات "الوظيفية" تعالج الحوسبة كما لو كانت سلسلة من التتابع الرياضية التي تعتمد مخرجاتها على المدخلات فقط، وليس على قيم مرحلية من برامج أخرى أو من متحولات النظام. وتتضمن أمثلةً عن تلك اللغات: هاسكل (Haskell) وسكالا (Scala)، ويتوقع هرليهي أن أفكاراً من تلك اللغات سوف تخترق المزيد من لغات البرمجة السائدة.

يوضّح هرليهي أن، "ذاكرة المبادلات تشبه إلى حدّ ما مَحامل الكرات (ball bearings)، حيث تتزامن فيها الأجزاء المتلاقية المتواقة. لكن لغات البرمجة التي تضبط بشدة أجزاء البرنامج التي يمكن مشاركتها وتعديلها على نحو متزامن، والتي يمكن أن تذهب بعيداً لجعل الأنظمة المتوازية الكبيرة أسهل للفهم والصيانة.

## الانطلاق إلى الأمام

ركّزت المناقشات والبحوث المحيطة بالطرق المختلفة لضبط التزامن على مُدَد التأخير الممكن حدوثها خلال تنفيذ البرنامج، وعلى أثر تلك المُدَد في أداء النظام. وذكر السيد سنير (Snir) وهو مستخدم حاسوب عملاق، أن معايير أخرى – من قبيل استهلاك الطاقة، والموثوقية، والمتاحة، والمصونية – تُحدّد على نحو متزايد مقياس الأداء. إن أكبر نظام على الإطلاق موجود حالياً لدى مخبر أرجون ويمتلك 750,000 نواة معالج. ويتوقع السيد سنير أن تصل طاقته الحوسبية إلى مرتبة الإكساسكيل (exascale) حيث تتفد التطبيقات الإفرادية ما بين 100 مليون إلى بليون نيسب. وذكر أنها ستتطلب رمازات جديدة هجينة مؤلفة من ذاكرة مشتركة وبنى تمرير إرساليات. وعند تلك المستويات، قد يصبح مصمم النظام أقل قلقاً بشأن الخوارزميات التي ينشأ عنها أقصر مدة تأخير من قلقه أيها الأسهل للتصحيح وأيها الأقل استهلاكاً للطاقة.

يوافق شافيت على أن أنظمة المبادلات الهجينة ستصبح هي المعيار، بحيث ينفذ فيها العتاد السريع المبادلات الأبسط والأصغر وتنفذ البرمجيات المبادلات الأكبر والأكثر تعقيداً. ويتوقع أن مثل هذه الأنظمة الهجينة ستجد الدعم في النسخة المقبلة من مترجم لغة C المدعوم من المشروع "GNU" وذلك خلال العامين المقبلين. وحالما تصبح جاهزة لدى "GCC" فإنها سوف تظهر في كل مكان، كما ذكر شافيت. وأضاف "سيعمل الناس أكثر فأكثر مع المبادلات وأقل فأقل مع القفل".

إن مفاهيم الخلوّ من القفل، والخلوّ من الانتظار، وذاكرة المبادلات، تهم حالياً في المقام الأول المبرمجين الذين يكتبون برمجيات نظم متوازية عالية الأداء كتلك التي في أنظمة التشغيل أو في طبقات برمجيات الاتصالات. لكن هذا سيتغير مع زيادة عدد النوى على الرقاقة كما ذكر شافيت. وأن "ما هو الآن في مجال رجال قاعدة البيانات ورجال نظم التشغيل، سيصبح العمل اليومي لمبرمجين آخرين. وسيكون لدى أولئك المبرمجين لغات برمجة أدمجت فيها كل تلك

الآليات. وسيكونوا قادرين على استعمال المبادلات، وسيولد المترجم رمازاً خالياً من القفل وسنصل إلى حد كافٍ لأدنى مستوى ممكن للكائن البرمجي."

ذكر هرليهي: لم يكن هناك وقت أكثر إثارة للبحث في الحوسبة المتوازية" لقد تغير الاقتصاد، وتغيرت التقانة، وهناك كافة أنواع التطبيقات الجديدة والمثيرة من قبيل التعلم الآلي والبحث البياني كل هذه الأشياء تتطلع إلى توازٍ أفضل".

### قراءات للاستزادة

- *Alisarth, A., Censor-Hillel, K, Shavit, N.* Are lock-free concurrent algorithms practically wait-free? 46<sup>th</sup> ACM Symposium on Theory of Computing (STOC 2014), New York, NY, May 2014, <http://bit.ly/1rUSxTz/>
- *Amdahl, G.*, Validity of the single processor approach to achieving large-scale computing capabilities. Proceedings of the AFIPS Spring Joint Conference, 1967 <http://bit.ly/1rUSxL7/>
- *Ferri, C., Wood, S., Moreshet, T, Bahar R. I. and Herlihy, M.*, Embedded-TM: energy and complexity-effective hardware transactional memory for embedded multicore systems. Journal of Parallel and Distributed Computing (JPDC), Volume 70, Issue 10, October 2010. <http://bit.ly/lpLwZ4g>
- *Herlihy, M., Shavit, N.*, The Art of Multiprocessor Programming. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, March 2008 <http://bit.ly/1sbBYRo>
- *Intel Corp.*, Introduction to Parallel Programming video lecture series, 2012. <http://intel.ly/1AuM2pc/>

### المؤلف

غاربي أنتيس (Gary Anthes) هو كاتب ورئيس تحرير تقني من أرلنغتون (Arlington, VA)

# الحوسبة العصبونية تتحفّر لتحقيق نجاح باهرٍ (حقاً)

## NEUROMORPHIC COMPUTING GETS READY FOR THE (REALLY) BIG TIME\*

Don Monroe

ترجمة: د. أحمد حصري

مراجعة: د. خالد مصري

تقانة مستلهمة من مبادئ بيولوجية، لكنها «حبيسة مكبوحة على مدى عقود»، تتأهب اليوم للانطلاق مع اقتراب قانون مور Moore's Law من نهايته المرتقبة منذ زمنٍ طويل.

في حين يبدو أن النهاية التي طال توقُّعها لقانون مور باتت وشيكةً أكثر من أي وقتٍ مضى، يعكف العلماء في شتى أنحاء العالم حالياً على استشراف تقويم رصين لمنهجٍ مختلفٍ جداً لحوسبةٍ واسعة النطاق، مستوحاةٍ من المبادئ البيولوجية. فطبقاً لبنيان فون نُويمان Von Neumann architecture الحاسوبي التقليدي، تعمل نواة منطقية logic core عالية القدرة (أو عدة نوى على التوازي) تسلسلياً على معطياتٍ تستحضرها من الذاكرة. وفي المقابل، تقوم الحوسبة «العصبونية»<sup>1</sup> بتوزيع الحساب والذاكرة كلاهما على عددٍ هائلٍ من «العصبونات» neurons البدائية نسبياً، بحيث يتواصل كلٌّ منها مع مئاتٍ أو آلافٍ من العصبونات الأخرى بواسطة «ممسّات»<sup>2</sup> synapses. وثمة مشروعات قائمة تستكشف هذا البنيان على نطاقٍ واسعٍ غير مسبوق، تُضاهي المنظومات العصبية عند الثدييات، وتسعى إلى تطوير بيئاتٍ برمجيةٍ تستفيد من تلك المنظومات وتستثمرها. ومع ذلك فإن تفاصيل التتجيز، كاستعمال الدارات التماثلية، تختلف من مشروعٍ إلى آخر، وقد تتقضي سنوات عديدة قبل أن يصبح بالإمكان تقييم مزاياها النسبية.

وقد أدرك الباحثون منذ زمن طويل الاقتصاد الفائق في الطاقة للحوسبة البيولوجية، وبدا ذلك واضحاً في ورقة بحثٍ مستبصرة نشرها عام 1990 كارفر ميد Carver Mead [من معهد كاليفورنيا للتقانة (كالتك)] الذي يعود إليه الفضل في

\*نشر هذا البحث في مجلة Communications of the ACM، المجلد 57، العدد 6، حزيران (يونية) 2014، الصفحات 13 - 15.

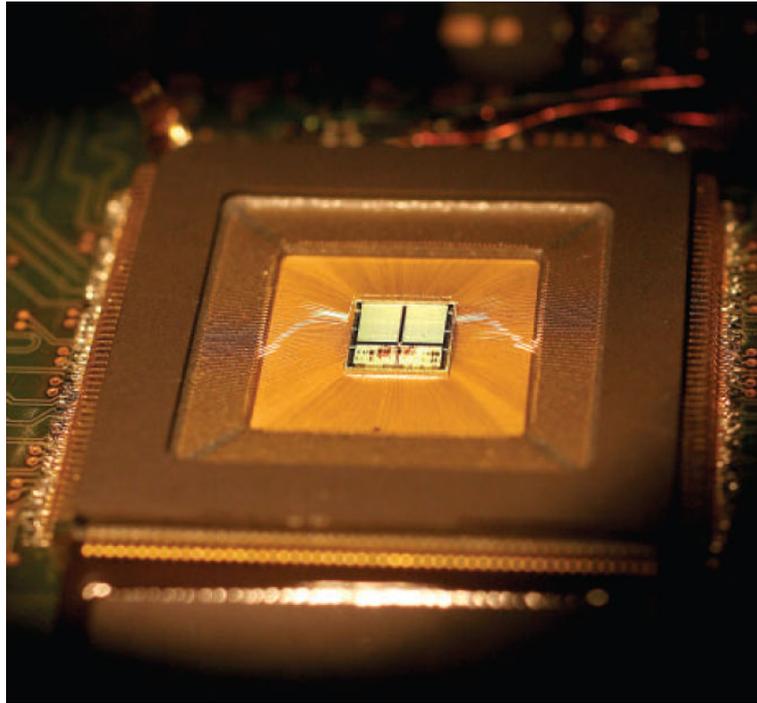
<sup>1</sup> neuromorphic computing وتعرف أيضاً بالهندسة العصبونية هي مفهوم ابتدعه Carver Mead في أواخر الثمانينيات، يصف استعمال منظومات متكاملة على نطاق كبير very-large-scale integration (VLSI) تحوي دارة إلكترونية تماثلية لمحاكاة البنىات العصبية-البيولوجية الموجودة في الجملة العصبية. (المراجع)

<sup>2</sup> نقاط الالتقاء بين الخلايا العصبية. المترجم

طرح مصطلح "neuromorphic". ومع هذا فإن النجاح المطرد الذي حقّته الصناعة في ضبط التقانة التقليدية وتوسيعها أسهم في إقصاء الضغوط.

«بقي جمهور الحوسبة العصبونية مكبوتاً طوال عقود من الزمن، لأن قانون مور كان يحرز نجاحاً وتحسناً أكثر فأكثر... ومن ثم كان هؤلاء الناس عاجزين عن اللحاق بالركب»، هذا ما يقوله تود هيلتون Todd Hylton [من مؤسسة براين Brain Corporation في سان دييغو بولاية كاليفورنيا]، الذي أنشأ عام 2008 برنامج "منظومات الإلكترونيات المتصعدة اللدائنية التكييفية العصبونية" <sup>3</sup>SynAPSE عندما كان يعمل في وكالة مشروعات بحوث الدفاع المتقدمة (DARPA) في الولايات المتحدة الأمريكية. ويتابع هيلتون القول: «على أن الأمر لم يعد كذلك الآن.»

ويقول جل برات Gill Pratt [المدير الحالي لبرنامج SynAPSE]: «إنها حالة موازنة في التصميم design trade-off بين متطلبات القدرة power في مقابل التعقيد complexity»، وذلك باستعمال عدد كبير جداً من العناصر الحسابية تخصص لكل منها مهمة فرعية محددة. ولا تتغير المدخلات inputs إلا نادراً، وبذلك يُستغنى عن الحمل المضاف من الطاقة energy overhead اللازم لتحريك الشحنات ونقل المعطيات. يقول برات: «نعتقد أن هذا هو السبب الرئيس الذي يجعل الدارات البيولوجية أعلى كفاءة بكثير، وليس بوسعك تحاشي ذلك إلا إذا كانت الأبعاد لا تمثل عائقاً»،



تمثل النائنة «سبايكي Spikey» أول رقاقة عصبونية neuromorphic chip، ابتكرتها مجموعة الرؤى الإلكترونية (Electronic Visions) في جامعة هايدلبرغ، في إطار مشروع الأدمغة البشرية الذي يتولاه الاتحاد الأوروبي.

<sup>3</sup> اختصاراً لـ : Systems of Neuromorphic Adaptive Plastic Scalable Electronics.

وهذا محقق فعلاً في الدارات المتكاملة الحديثة.

وإضافةً إلى التوازي الغزير massive parallelism، فإن المشروعات العصبونية الكبرى تتعقب «الناثات»<sup>4</sup>، وهي النبضات القصيرة التي تنقل المعلومات فيما بين العصبونات البيولوجية. يشار إلى أنه عندما دُرست الشبكات العصبونية الصناعية الغزيرة التوازي بدءاً من ثمانينيات القرن الماضي، كانت الناثات تُمثلُ عموماً بمتوسط معدّلها فقط. وفي أواخر التسعينيات وجد علماء الأعصاب أن التفاصيل الزمنية لهذه الناثات في الدماغ تنقل معلومات هامة. وليس من بين الرقاقت chips الجديدة ما يستنسخ الناثات المُفصّلة، وإنما تستنسخ زمن حدوثها فقط، بصورة غير متزامنة مع أي مؤقتة شاملة للنظام كما هو الحال في الرقاقت التقليدية. تجدر الإشارة إلى أن الفلسفة الموجهة هي عدم تكرار عمل الدماغ أو محاكاته بكامل تفاصيله، وإنما البحث عن مبادئ تنظيمية يمكن تطبيقها في التجهيزات العملية.

تُرسل ناثاتٌ ناشئةٌ من مئات العصبونات، عن طريق ممسات، على أنها مدخلات لعصبونٍ آخر يتلقى المعلومة ويقوم بدوره بحساب احتمال إطلاق ناثتةٍ منه إلى عصبونات يرتبط بها. تقوم الموسطات (البارامترات)، التي تحدّد ذلك الدخل والحسابات لكل عصبون، بتوصيف بنيان الرقاقة. تُجري بعض مجموعات البحث هذه الحسابات باستعمال داراتٍ تمثالية تخفّض من استهلاك الطاقة على حساب زيادة الحساسية للضجيج وقابلية التجهيزات للتغيّر، في حين رأى باحثون آخرون أن ما يختصرونه من الطاقة باستعمال بنيان متوازي غزير هو أكثر أهمية، فقاموا بتجيزها بداراتٍ رقمية.

ومن الموسطات الرئيسية شدة الممس أو «وزنه»، وهو ما يحدّد - كميّاً - مقدار إسهام كل عصبونٍ من الدخل. إن تعديل الأوزان الممسية استجابةً لنشاطٍ موضعي عبر الشبكة هو آلية حرجة للتعلّم. يقول نارايان سرينيفاسا Narayan Srinivasa [من مختبر هيويز Hughes للبحوث سابقاً] في مالبو بولاية كاليفورنيا [Malibu, CA]، الذي يرأس إحدى المجموعتين التشاركيّتين الكبيرتين اللتين تمولّان وفقاً لبرنامج SyNAPSE التابع لوكالة DARPA، إن استنساخ ذلك التعلّم، أو ما يُطلق عليه اسم اللدونة plasticity، هو جُلُّ ما يسعى فريق عمله إلى تحقيقه. وقد صمّموا رقاقت تستعمل توقيت الناثات لضبط الأوزان الممسية، ووجد فريق العمل أن رقاقةً محاكية simulated تمكنت من اكتشاف سماتٍ جديدةٍ يمكن البحث عنها في الصّور، دون حاجةٍ إلى تدريب خارجي. يقول سرينيفاسا: «إذا تغيرت المعلومات فإن الرقاقة ستتكيف معها». ويضيف إن أحدث تحدّد لنا من برنامج وكالة DARPA يكمن في تدريب نموذج من رقاقتهم، التي تشتمل على 576 عصبوناً و 73,000 ممس فقط، على توجيه عربةٍ طائرةٍ ذاتيةٍ التحكم بحجم الطائر الطنان hummingbird.

أما مجموعة SyNAPSE التشاركية الأخرى، التي يرأسها دارمندرا مودها Dharmendra Modha [من شركة IBM في مدينة ألمان Almaden بولاية كاليفورنيا]، فلم تركّز حتى الآن على التعلّم باستعمال الرقاقة on-chip learning، بل يقوم فريق العمل بدلاً من ذلك بتجميع منظومةٍ بأبعاد غير مسبوقه تشتمل على بليونين من النوى cores لها 100 تريليون ممس، ومع ذلك فإن هذا أقل مما يشتمل عليه دماغ الإنسان، لكنه يقارب ما يشتمل عليه دماغ الفأر. وتعتمد شركة IBM الطريقة الرقمية في تنجيز العصبونات، وذلك يعود جزئياً إلى أن التسرب الخلفي background leakage لأحدث الترانزستورات لديهم وتباين هذه الترانزستورات لا تتلاءم مع الدارات التمثالية. كذلك فإن تنجيز كل شيء رقمياً يتيح إجراء مقابلةٍ كاملة بين الدارة والمحاكاة، حسبما يرى "مودها"، الذي يضيف قائلاً: «فالعصبونات الرقمية إذن هي مفتاح النجاح.»

<sup>4</sup> spikes: نبضات كهربائية عابرة ذات أمِد قصير جداً، ومطالٍ كبير عادةً. (المترجم)

يقول "مودها" إن من مستلزمات استثمار هذه الرقاقات الجديدة اعتماد مُقاييسه paradigm جديدة لبرمجتها. وقد استحدث فريق عمله فعلاً إطار عمل تُربط بموجبه كتل العصبونات- مفاهيمياً- معاً لتوليد «نويات» corelets تؤدي وظيفةً محدّدة، لكن طرائق عملها الداخلية مكبّسة (مغلّفة) بصورة تشبه البرمجة الغرضية التوجّه object-oriented programming. ويمكن هذا «النظام البيئي المتّصل» end-to-end ecosystem المطوّرين من تصميم نويات منفصلة، ثم ضمّها معاً تراتيباً لتؤلف عناصر وظيفية أكبر.

ويقول مودها أيضاً: «إن القدرة ممتازة» حتى مع العصبونات الرقمية، وذلك بسبب البنيان المتوازي الغزير. ومع هذا فإن كوابينا بوهن Kwabena Boahen [الباحث في مشروع الشبكة العصبونية Neurogrid project في جامعة ستانفورد] يستعمل عصبونات تماثلية، بحيث تعمل الترانزستورات وفق النمط تحت-العنبي ذي القدرة الفائقة الانخفاض ultra-low-power subthreshold mode، الذي يؤيده كارفر ميد Carver Mead. ويقول: إن هذه الدارات غالباً ما تستجيب للضجيج الكهربائي، إلا أن فريق عمله يبحث عن مبادئ تنظيمية بحيث «تظهر الموثوقية على مستوى المنظومة، لا على مستوى العناصر التي تتركب منها». ويرى بوهن، وكذلك مودها، أن دعم البرمجيات أمر مهمّ لاستثمار المنظومات الجديدة، وهو يعمل مع كريس إلياسمث Chris Iliasmith [من جامعة ووترلو في كندا] على تطوير «مصرّف عصبوني» neural compiler يسمح للمطوّرين بنقل خوارزمياتهم المثبتة إلى البنيان الجديد.

ويخطط كثيرٌ من المشروعات العصبونية بين هدفين مختلفين هما: استكشاف البيولوجيا، وتحسين التقانة. ويقول طوني لويس Tony Lewis [من شركة كوال كوم Qualcomm في مدينة سان دييغو بولاية كاليفورنيا]: «إن فهم آلية عمل الدماغ ذاته يختلف عن بناء سماعة handset أفضل، وأعتقد أن عليك أن تختار أحدهما». وقد اختارت شركته التركيز على التطبيقات، وأعلنت خطأً لإنتاج "معالج ذي نواة عصبونية" neural core processor أطلق عليه اسم المعالج الصّفري zeroth. وستعمل الرقاقة الجديدة جنباً إلى جنب مع الرقاقات الرقمية التقليدية «للحصول على نوع الذكاء الذي يربطه الناس عادةً بالسحاب وصولاً إلى السماعة»؛ مثال ذلك تحليل الصّور وتعرّف الصوت. ويصرّح لويس أن ليس في نية الشركة إنشاء هذه التطبيقات، بل جعل إنشائها ممكناً فحسب، ويقول: «إنما نحن ممكنون ولسنا من سيكتب هذه التطبيقات النهائية». وأعلنت شركة كوال كوم عن خططها فيما يتعلق بالرقاقات في وقتٍ مبكر بغية الحصول على تغذية راجعة على سلسلة الأدوات البرمجية التي تسمح للمبرمجين بالإفادة من البنيان الجديد عندما يغدو متاحاً.

وتوفّر شركة كوال كوم أيضاً تمويلاً استثمارياً venture funding لشركة براين Brain Corporation الموجودة في نفس الموقع ولكنها مستقلة، والتي أسسها المختص بالأعصاب أوجين إزهيكيفتش Eugene Izhikevich. يقول هيلتون، الذي انتقل إلى الشركة من وكالة DARPA عام 2012، إن الشركة حريصة على فهم آلية عمل الدماغ وعلى تطوير إنسالات ذاتية العمل autonomous robots، وبحث عن حلولٍ لذلك بمنهجيات مختلفة، وليس عن طريق استعمال الحوسبة العصبونية فقط. وفي نهاية المطاف قد يجري تجيز بعض الخوارزميات باستعمال العتاديات التقليدية، كما حدث في الشبكات العصبونية. يقول هيلتون: مع أن التواؤم مع بيانات أكثر حداثة أمر مهم، فإن من الضروري كذلك مشاطرة التعلم، وذلك لإعطاء كل تجهيزه إمكانات أساسية. ويضيف قائلاً: «ليس من الضروري أن تذهب كل الإنسالات إلى المدرسة كي تتعلم».

كذلك يمضي الاتحاد الأوربي قدماً في متابعة الحوسبة العصبونية على نطاقٍ واسع، في سياق مشروع المليار يورو المسمّى مشروع الأدمغة البشرية (HBP) Human Brain Project. على أن «المفهوم الأوربي يرى أن هذا المجال كله

ما زال متأخراً، لأن المبادئ الأساسية لعمل الدماغ ما زالت لغزاً مبهماً لو استطعنا حلّه إذن لقطعنا أشواطاً بعيدة إلى الأمام»، حسبما يقول ستيف فيرير Steve Furber [من جامعة مانشستر في بريطانيا]، ويتابع: «على الجانب الأمريكي... ثمة شعور بقدرتنا على بناء وحدات إدراكية cognitive units صغيرة يجدر بنا النظر فيما يمكننا استنباطه من تطبيقات لها.» ويشار إلى أن فيرير يتولى منذ عشر سنوات إدارة مشروع بنیان النانئات في الشبكة العصبونية Spiking Neural Network Architecture، أو SpiNNaker (اختصاراً)، الذي يجمع نوى معالجات ARM<sup>5</sup> في شبكة غزيرة التوازي، علماً بأن تمويل مشروع الأدمغة البشرية (HBP) سيسهم في توسيع نطاقه كثيراً ليشمل مليون نواة.

البنیان الرقمي لمشروع SpiNNaker بنیان متمم للمشروع العصبوني HBP الآخر، الذي يرأسه كارل هاينز ماير Karlheinz Meier [من جامعة هايدلبرغ Heidelberg]، وهو يستعمل عصبونات مختلطة الإشارات جرى تحرّرها في وقت سابق في مشروع "الحساب المتعدّد الأبعاد والدماغيّ البواعث في المنظومات الهجينة العصبونية" (BrainScaleS<sup>6</sup>)، وتوحيّاً لتقليص الحاجة إلى تشغيل التوصيلات البينية من خارج الرقاقة off-chip interconnections، يستعمل هذا المشروع تكاملاً على نطاق الشريحة wafer-scale integration لـ 200,000 عصبون و50 مليون ممسّ، بواسطة إجرائية تصنيع 180 نانومتر زهيدة التكلفة نسبياً على شريحة قطرها 8 إنش. يقول ماير: «لقد قررنا أن نكون أسرع من البيولوجيا: ليس بالملّي ثانية وإنما بعشرات من النانو ثانية». وهذا ما يسمح للباحثين بدراسة آليات بطيئة كالتعلّم. ويضيف قائلاً: «في منظومتنا أنت تحتاج إلى 10 ثوانٍ لمحاكاة يوم كامل». وينهض فريق العمل، بدعم من مشروع HBP، ببناء منظومة تستعمل شريحة 20 إنش ستستوعب أربعة ملايين عصبون ومليار ممس، على أن تُستكمل المنظومة في غضون عامين.

ويلاحظ أن أكثر المشروعات العصبونية الجديدة طموحاً تمثّل صوراً تجريدية مستمثلة لأدمغة بيولوجية؛ وهي تفترض أن توقيت حدوث النانئات هو الأمر المهم، وتستبدل بهندسة «العناد السائل» wetware الثلاثية الأبعاد شبكات ثنائية البعد مؤلفة من أسلاك سريعة تنقل الوقائع المضمّمة multiplexed events. ويلاحظ أن ممّرات التغذية الراجعة التي تساعد على توليف أداء الدماغ توليفاً دقيقاً غائبة إلى حدّ بعيد. ومع هذا فإننا نواجه «زمناً مثيراً جداً»، كما يقول برات [من وكالة DARPA]، ويضيف: إن حجم هذه المشروعات «يسمح لنا بعرض أشياء لم نكن لنراها عندما تكون المشروعات صغيرة.»

ولنا أن نتساءل: هل ستكون المنظومات العصبونية المعتمدة على النانئات spike-based neuromorphic systems أكثر نجاحاً من الشبكات العصبونية الصنعية artificial neural networks التي كانت سائدة قبل ربع قرن؟ يقول ماير: في واقع الأمر «لم تكن الشبكات العصبونية فاشلة، فقد أدخلت الخوارزميات في عمليات تعلّمية معمّقة deep learning»، كذلك التي استعملها موقع Google في تعرّف الوجوه facial recognition. وبعد، فإن المنظومات العصبونية تؤدّن بمستقبلٍ واعدٍ يتخطى الخوارزميات إلى العناديات المتخصّصة، التي تستثمر تعقيدات الدارات المتكاملة الحالية لإجراء حسابات كبيرة باستعمال تجهيزات نقالة منخفضة القدرة.

<sup>5</sup> Advanced RISC Machine (processor): من أنواع المعالجات الدقيقة التي تتعرّف أعداداً محدودة من الأوامر (RISC= Reduced Instruction Set Computing)، يُستعمل بكثرة في الأجهزة ذات الإمكانات المحدودة، كالهواتف النقالة والحواسيب المحمولة وأجهزة اللعب المحمولة والآلات الحاسبة، وذلك لقدرته على الاقتصاد في استهلاك الطاقة. (المترجم)

<sup>6</sup> Brain-inspired multiScale computation in neuromorphic hybrid Systems.

## لمزيد من الاطلاع

- “A New Era of Computing Requires a New Way to Program Computers,” Dharmendra S. Modha, <http://bit.ly/1i2rxqh>
- “Low-Power Chips to Model a Billion Neurons,” Steve Furber, *IEEE Spectrum*, August 2012, <http://bit.ly/1fuotGv>
- “Cognitive Computing,” Dharmendra S. Modha, Rajagopal Ananthanarayanan, Steven K. Esser, Anthony Ndirango, Anthony J. Sherbondy, Raghavendra Singh, *CACM*, August 2011, <http://bit.ly/1i2rtqz>
- “A Computer that Works like the Human Brain,” a TEDx talk with bioengineer Kwabena Boahen, <http://bit.ly/1gOY0UM>

## المؤلف

دون مونرو (Don Monroe) كاتب في مجال العلم والتقانة، مقيم في مري هل Murray Hill بولاية نيو جيرسي الأمريكية.

# مرحباً، اسمي هو ...

## HELLO, MY NAME IS ...\*

Erica Klarreich

ترجمة: م. نوار الداحول

مراجعة: د. رضوان قسطنطين

### تعرف الوجوه ومخاوف الخصوصية.

في الثامن عشر من كانون الأول عام 2013، كانت شركة Facial (network.com) السبب بإطلاق صرخات دعاء الخصوصية بعد إعلانها نشر أول تطبيق لتعرف الوجوه في الزمن الحقيقي لنظارة غوغل، وهو حاسوب قابل للارتداء ابتكرته شركة غوغل، ويدعى هذا التطبيق بـ Nametag. وكما أعلنت الشركة فإنه سيستعمل الكاميرا الموجودة في نظارة غوغل لالتقاط وجه في حشد من الناس، ثم تحديد هوية هذا الوجه في غضون ثوان وعرض اسم صاحبه وصور إضافية له وملفاته الشخصية الموجودة على وسائط التواصل الاجتماعية.

تستعمل تقانة تعرف الوجوه الآن في تطبيقات متنوعة، مثل منع تزوير جواز السفر أو فك قفل الهاتف الذكي ببساطة بمجرد النظر إليه. ومع ذلك فإن Nametag فتح أفقاً جديداً وممكناً لتغيير النموذج: وهي فكرة أن تكون قادراً فوراً



ستيفن بلابان، وهو المؤسس المشارك لمختبرات لامبدا، التي أوجدت واجهة برمجية لتطبيقات تعرف الوجوه المفتوحة المصدر لنظارة غوغل.

على تحديث هوية أي شخص غريب يسير في الشارع من دون علمه أو موافقته.

وعلى الرغم من إعلان Nametag، فإن هذا الأفق ليس بالضرورة محققاً بعد. فهذا التطبيق ما هو إلا إصدار بيتا، وقال المتحدثون باسم نظارة غوغل في حزيران الماضي بأنهم لن يوافقوا حالياً على أي من تطبيقات تعرف الوجوه لنظارات غوغل. كما أنه ليس من الواضح حتى الآن جواب ما يلي: هل الخوارزميات الخاصة بهذا التطبيق دقيقة إلى حد كافٍ، أو هل قواعد معطياته كبيرة بقدر يكفي للسماح بتعرف الوجوه على مستوى اللد للند على نطاق عالمي حقيقي؟

\*نشر هذا البحث في مجلة Communications of the ACM، المجلد 57، العدد 8، آب (أغسطس) 2014، الصفحات 17 – 19.

إذا لم تأخذ قطع التقانة مكانها إلى الآن، فإن ذلك سيحدث قريباً كما يتوقع خبراء تعرّف الوجوه. إن قواعد المعطيات الضخمة من الأسماء والوجوه، والتي تمكّن خوارزميات تعرّف الوجوه من إيجاد تطابق لوجه غريب، موجودة الآن على مواقع وسائط التواصل الاجتماعية مثل الفيسبوك واللينكد إن (LinkedIn) مع إمكان نفاذ محدود للطرف الثالث. رفع مستخدمو الفيسبوك، على سبيل المثال، أكثر من 250 مليار صورة إلى الموقع، ووسموا بكمٍ منهم كثيراً منها بأسمائهم وأسماء أصدقائهم. "لم توجد سابقاً في تاريخ البشرية قاعدة معطيات للقياس الحيوي كالموجودة في الفيسبوك على سبيل المثال"، كما يقول أليساندرو أكوستي من جامعة كارنيجي ميلون في بيتسبرغ.

جرى تحسين أداء خوارزميات تعرّف الوجوه على مدى العقدين الماضيين عدّة مراتب كبير<sup>1</sup>. "ولا يوجد أي سبب للاعتقاد بأن هذا التحسين سيتوقف" كما يقول رالف غروس من جامعة كارنيجي ميلون، ويتابع: "نحن قريبون من النقطة التي يكون فيها مشهد تحديد هوية غرباء في الشارع أمراً واقعياً جداً، ومن المحتمل أن يحدث ذلك خلال السنوات الخمس القادمة".

سيكون من الصعب أن نبالغ في تقدير التأثير الذي سيتركه تحديد هوية غرباء في الزمن الحقيقي على الأعراف الاجتماعية كما يقول وودرو هارتزوغ، من جامعة سامفورد في برمنغهام. ويضيف "إذا صار هذا التحديد في كل مكان، فإنها سيمثل خنقاً للقواعد العامة الراسخة الخاصة بالطريقة التي نعيش بها حياتنا".

## مسيرة مُطرّدة إلى الأمام

عندما يتعلق الأمر بصور المعتقلين (صور أمامية مع التحكم في الإضاءة)، فإن أداء خوارزميات تعرّف الوجوه أفضل الآن من أداء البشر لحل مشكلة "التحقق من الوجوه": أي تحديد ما إذا كانت صورتان تمثلان الشخص نفسه، كما يقول جوناثون فيليبس من المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا (NIST) في غايثرسبيرغ. ما بين عامي 1993 و 2010، وهي السنة الأخيرة التي توفرت فيها المعطيات، انخفضت نسبة الخطأ في مثل هذه المقارنات إلى النصف كل عامين، كما يقول فيليبس.

إن خوارزميات تعرّف الوجوه تصبح أقل دقة عندما يتعلق الأمر بمطابقة وجوه مختلفة بعضها عن بعض في الأوضاع والإضاءة وتعابير الوجه. ولكن هناك أيضاً تقدماً سريعاً على مدى السنوات القليلة الماضية. ففي آذار، على سبيل المثال، كشف الفيسبوك عن خوارزمية جديدة للتحقق من الوجوه وبأداء قريب من الأداء البشري على قاعدة معطيات متاحة للعموم تضم صوراً لمشاهير بأوضاع مختلفة وإضاءة متفاوتة، حيث تحدد فيما إذا كان وجهان هما للشخص نفسه على نحو صحيح بنسبة 97.25% من الزمن.

إن مشكلة تحديد هوية الوجوه أي إيجاد تطابق صحيح لوجوه الغرباء ضمن معرض كبير من الوجوه والأسماء هي أصعب بكثير من مشكلة التحقق من الوجوه، لأنها تشمل مقارنة وجه ليس فقط بآخر وحيد وإنما قد يحتاج إلى المقارنة مع ملايين أو مليارات من الوجوه. ومع ذلك، هناك مؤشرات إلى أن هذه المشكلة الأصعب قد بدأت تشق طريقها نحو الحل. ففي عام 2010، وجدت NIST (بعد إعطائها إحدى صور المعتقلين ومعرضاً مكوناً من 1.6 مليون من الصور الأخرى

<sup>1</sup> orders of magnitude، أي  $10^n$  (عدد صحيح: 2، 3، ...). (المراجع اللغوي)

لمقارنتها بها) أن أفضل خوارزميات تعرّف الوجوه المتاحة أوجدت تطابقاً صحيحاً مع الوجه المعطى بنسبة 93% من الزمن، ومن المرجح أن يكون هذا الرقم قد تحسن على مدى السنوات الأربع الماضية كما يقول فيليبس. في عامي 2010 و 2011، قام غروس وأكويستي وفريد ستوتزمان، من شركة حلول الثمانين بالمئة في تشابل هيل، بإجراء سلسلة من التجارب تظهر أن العمليات الجادة لاقتحام الخصوصية ممكنة الآن باستعمال تقانة تعرّف الوجوه المتاحة تجارياً، وقواعد المعطيات العامة للوجوه والأسماء. ففي تجربة واحدة، استطاعوا تحديد هوية 10% من المستخدمين المجهولين لمواقع تعارف رائجة في مدينة أمريكا الشمالية عن طريق مقارنة صور ملفاتهم الشخصية بنحو 280 ألف من صور الملفات الشخصية الأساسية لأعضاء الفيسبوك في نفس المدينة، وذلك باستعمال برمجيات تعرّف الوجوه من شركة تدعى PittPatt تمتلكها غوغل حالياً. ومع أن مستخدمي الفيسبوك يملكون خيارات إخفاء معظم صورهم عن العموم، فإن صور ملفاتهم الشخصية الأساسية لا يمكن إخفاؤها، كما يشير أكويستي، ومعظم هؤلاء الأعضاء تظهر وجوههم في هذه الصور.



معاينة كيفية عمل Name Tag: أثناء مشاهدة الصور (على اليسار)، يعرض التطبيق صوراً إضافية للوجوه التي تعرّفها (على اليمين).

في التجربة الثانية، التقط الباحثون صوراً عن طريق كاميرا الوب لـ 93 طالباً في كلية أمريكا الشمالية. ثم تمكنوا من تحديد هوية ما يقارب ثلث الطلاب بمقارنة صورهم بالموجودة في شبكة الفيسبوك الخاصة بالكلية، والتي تحوي نحو 25 ألف عضو. بعد ذلك، قام الفريق بضم تحديدات الهويات هذه إلى العمل السابق لـ غروس وأكويستي بنجاح للتعقب بالأرقام الخمسة الأولى من أرقام الضمان الاجتماعي لما يقارب 16% من الطلاب الذين تم تحديد هويتهم.

يقول غروس "يمكن لوجهك أن يكون قناة اتصال بين قواعد معطيات ومصادر معلومات مختلفة". وأخيراً، أنشأ الباحثون تطبيقاً لـ آيفون يستطيع تكرار تجاربهم في الزمن الحقيقي عن طريق تحميل صورة الهاتف المحمول الخاصة بالشخص إلى السحابة والحصول على الاسم ورقم الضمان الاجتماعي المتبأ به في أقل من ثلاث ثوان. هذا العمل هو مجرد إثبات للفكرة، كما يحذّر الباحثون. شملت توقعاتهم مئات آلاف الصور، ولكن نظام تحديد الوجه على نطاق كامل سكان الولايات المتحدة يتطلب العمل بسهولة مع مليارات الصور، وهذا الأمر يجعل العملية أبطأ ويزيد من فرص الإيجابيات الخاطئة (تحديد هوية الوجوه على نحو خاطئ). ومع ذلك، من المرجح أن تتخفف الإيجابيات الخاطئة عندما تصبح خوارزميات تعرّف الوجوه أكثر دقة، كما يتوقع أكويستي. ومشكلة تحديد هوية الوجوه وتطبيقاته ستمتد إلى نطاق أوسع عندما تصبح الحوسبة السحابية وتطبيقات تعريف الوجوه أكثر قوة وأقل تكلفة.

## حماية الخصوصية

إن تحديد هوية الغريب في الشارع في الزمن الحقيقي سيكون خطراً واضحاً للأشخاص الذين هم ضحايا العنف المنزلي أو المطاردة، على سبيل المثال. ويمكن أن تؤدي إلى حدوث أحد أنواع الأذى الأكثر دهاءً وعلى نطاق واسع والذي يصفه هارتزوغ باسم "الموت التدريجي البطيء death by a thousand cuts".

ويلاحظ إيفان سيلينغر من معهد روتشستر للتكنولوجيا في نيويورك ذلك بقوله "نحن نعيش في عالم يجري فيه تحديد مسارات المعطيات الخاصة بنا بشكل متزايد مع ما يكشفه الأشخاص الآخرون عنا" ويكمل بقوله "يمكن تجميع الأشياء غير الضارة لتصبح جزءاً من لوحتنا المتضخمة لإنشاء خرائط تكشف وبشكل لا يصدق من نحن".

يلاحظ هارتزوغ أن قدرة الناس على السير دون تمييزهم في الأماكن العامة يُعدُّ من المسلمات، وهذا يعطينا قدرًا كبيراً من السيطرة على هويتنا. أما القضاء على هذه السيطرة فمن شأنه أن يؤثر في المجتمع ككل وفي مفاهيم الاستقلالية الخاصة بنا، وأيضاً في قدرتنا على التفاوض في المساحات الاجتماعية مع التمتع بالحماية اللازمة".

إن تعرّف الوجوه في الزمن الحقيقي "سوف يسلب ما يُعرّف بالجزء الأساسي من الغموض العام لدينا"، يوافق سيلينغر على ذلك ويكمل "أعتقد أننا نستخف جذرياً بتأثيره المحتمل في الحياة الاجتماعية".

وبالنظر إلى الوتيرة السريعة التي تتطور بها خوارزميات تعرّف الوجوه فإن الطريق الأشد فعالية لمنع انتهاك الخصوصية يكمن بتقييد النفاذ إلى قواعد المعطيات للوجوه والأسماء، ذلك ما اقترحه هارتزوغ وسيلينغر، حيث يوجد عدد قليل من قواعد المعطيات الضخمة الحقيقية في الوقت الراهن، والجزء الأكبر منها يمتلكه كل من غوغل، وتويتر، والفيسبوك. وتعهد أصحاب تلك القواعد بالعمل مع لجنة التجارة الاتحادية الأمريكية قبل إجراء أية تغييرات لها تأثيرات رجعية كبيرة في سياسات الخصوصية. إن حقيقة كون قواعد المعطيات تلك محجوزة حالياً يعني "أن هناك متسعاً من الوقت للحديث عن هذه الأشياء قبل أن تصبح هذه التقنية معتمدة وراسخة، وعندما يتحقق ذلك فإن الأمر يصبح أكثر صعوبة لفعل أي شيء حيال ذلك" كما يؤكد هارتزوغ.

بدأت حكومة الولايات المتحدة الأمريكية بالبحث عن دور تنظيمي محتمل في منع انتهاك الخصوصية من قبل تطبيقات تعرّف الوجوه. ففي السادس من شباط عقدت الإدارة الوطنية للاتصالات والمعلومات (NTIA) أول سلسلة لقاءات حول هذا الموضوع، ضمّت خبراء صناعيين ودعاة الحريات المدنية. وفي اليوم السابق للقاء كتب السيناتور آل فرانكن (D-MN) إلى مبتكر Nametag (كيفن آلان تاسي) وطلب منه تأجيل الإطلاق الكامل لـ Nametag حتى إكمال NTIA دراستها وإنشاء أفضل الممارسات لاستعمال تقانة تعرّف الوجوه وقال تاسي إن شركته ستناقش هذا الطلب بجدية.

فمن غير المحتمل كما يقول هارتزوغ أن يتيح أصحاب قواعد معطيات القياس الحيوي الضخمة لتطبيقات تعرّف الوجوه لطرف ثالث. إن مجموعة الصور الموسومة الخاصة بفيسبوك "هي واحدة من أهم قواعد المعطيات في العالم" كما يرى هارتزوغ ويضيف "أنهم سيمانعون بشدة التخلي عن ذلك".

إذا حرم أصحاب مستودعات الصور الضخمة مثل الفيسبوك استعمالهم لتطبيقات تعرّف الوجوه، فإن ذلك سيغير هذه التطبيقات على الاختباء تحت الأرض، وسيحد كثيراً من توفرها كما يقول هارتزوغ، ويضيف قائلاً "من الصعب الحصول على التمويل الاستثماري عندما تستند كل فرضيتك الأساسية إلى خرق شروط الاستعمال للشركات الكبرى".

ومع ذلك، فإن مجرد وجود قواعد معطيات ضخمة هو مثل "الفيل في الغرفة"، ويتابع أكويستي قائلاً "بأن القصة الحقيقية هنا هي أن لدينا قاعدة معطيات للقياسات الحيوية لم تكن موجودة قط، مع توفر إمكان النفاذ إليها".

يقول أكوستي: إن شركات وسائط التواصل الاجتماعي تميل إلى القيام "بخطوتين إلى الأمام وخطوة واحدة إلى الوراء" وهو نوع من الرقص حول استعمال المعطيات الخاصة. فعلى سبيل المثال، في أواخر عام 2010 بدأ الفيسبوك باستعمال تقانة تعرّف الوجوه لاقتراح علامة عند تحميل المستخدمين لصور أشخاص، ولكن الشركة أوقفت استعمال هذه الأداة في عام 2012 "لإجراء بعض التحسينات التقنية"، ثم وعدت في وقت لاحق الهيئات التنظيمية الأوروبية بأنها لن تعيد هذه الميزة في أوروبا إلا بعد موافقتهم. ومع ذلك، استأنفت الشركة في وقت لاحق تقديم اقتراحات العلامات للمستخدمين في الولايات المتحدة الأمريكية.

ومن المرجح أن خطوات مثل هذه تهدف إلى تعويد المستخدمين تدريجياً على الحصول على مزيد من الخدمات الفضولية كما يقول أكوستي. "وهذه الكينونات ستتجاوز الحدود قليلاً، وعندما تقابل بالمقاومة ستتوقف وتتحسر، وربما بعد عام ستعود مجدداً" يقول هارتزوغ. ويتابع قائلاً "بالنسبة لي فإن الاتجاه واضح نحو المزيد والمزيد من استعمال القياسات الحيوية".

### قراءات متعلقة بالموضوع

- Grother, P., Quinn, G., Phillips, J. Report on the Evaluation of 2D Still-Image Face Recognition Algorithms. NIST Interagency Report 7709, August 24, 2011. [http://www.nist.gov/customcf/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=905968](http://www.nist.gov/customcf/get_pdf.cfm?pub_id=905968)
- Taigman, Y., Yang, M., Ranzato, M., Wolf, L. DeepFace: Closing the Gap to Human-Level Performance in Face Verification. <https://www.facebook.com/publications/546316888800776/>
- What Facial Recognition Technology Means for Privacy and Civil Liberties. Hearing before the Subcommittee on Privacy Technology and the Law of the Committee on the Judiciary, United States Senate. July 18, 2012. <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CHRG-112shrg86599/pdf/CHRG-112shrg86599.pdf>

# قابلات الارتداء: هل أتى أخيراً عصر الساعات الذكية؟

## WEARABLES: HAS THE AGE OF SMARTWATCHES FINALLY ARRIVED?\*

Reza Rawassizadeh, Blaine A. Price, Marian Petre

ترجمة: د. رضوان قسطنطين

مراجعة: د. أحمد حصري

سيخبرنا الزمن: هل ستجد الساعات الذكية المكانة اللائقة بها؟

إن فكرة ربط حاسوب بمعصم أحدهم ليست جديدة. لقد وُجد الكثير من الأمثلة على هذا، في الخيال العلمي، في منتصف القرن العشرين، كما شهدت سبعينيات القرن الماضي الساعات الأولى التي تعتمد على الديودات المصدرة للضوء LED وشاشات البلورات السائلة LCD مثل Pulsar NL C81. إن شركة غوردون مور Gordon Moore العائدة لشركة إنتل اشترت بكيفية تزيد من شهرتها شركة الساعات الرقمية Microma، على أمل تطوير حواسيب قوية تُربط بالمعصم. إلا أن التقانة آنذ كانت باهظة الثمن ولم تكن قوية بقدر كافٍ لتوفر وظائف أكثر بكثير من الساعات غير الرقمية. لذلك أخفقت جهود مشابهة مثل ربط المساعد الشخصي الرقمي PDA من شركة Fossil، وكذلك ربط الساعة اللوحية WatchPad من شركة IBM بالتعاون مع Citizen.

لقد استُعيض عن ساعات الجيب في القرن المنصرم بساعات المعصم، لأن المعصم مكان أكثر ملاءمة للحصول على معلومات الوقت بسرعة. أما حديثاً، فقد سبب انتشار الهواتف النقالة في كل مكان وتعدد وظائفها (التي تعرض الوقت أيضاً) الاستغناء عن ساعة المعصم باعتبارها حلية فائضة عن الحاجة، والعودة إلى ما هو فعلياً ساعة جيب. والآن، وبعد أكثر من 40 عاماً من التحسينات التقانية، يبدو أن الساعات الذكية تتقدم بالاتجاه ذاته الذي سار فيه تطور الهواتف النقالة أي تعدد الوظائف. ليست الساعات الذكية مجرد أداة لقياس الزمن<sup>1</sup>، وإنما يمكنها أيضاً أن تكون حاسوباً مرتبطاً بالشبكة، متعدد الأغراض مجهزاً بمجموعة محسات. فضلاً على ذلك، هذه الساعات تتبع نمودجاً مشهوراً في الاتجاه التقاني: لقد كان المبدأ مألوفاً مدةً طويلة، بيد أنه استغرق وقتاً أطول لتتقدم التقانة بقدر كافٍ وتحقق تنجيزاً

\* نُشر هذا البحث في مجلة *Communications of the ACM*، المجلد 58، العدد 1، كانون الثاني (يناير) 2015، الصفحات 45 – 47.

<sup>1</sup> Chronograph.

مناسباً له. إن التطورات الحديثة الحالية - تصغير حجم كل من البطارية والمعالج والمحسات وتقانات الاتصالات وتخفيض ثمنها - تتيح للساعات الذكية الانتقال من السوق الضيق إلى السوق العام. وللحصول على نظرة شاملة للإمكانيات البحثية وللعوائق التقنية لهذه التجهيزات، سنقدم وصفاً مختصراً للسوق الحالي. وبالاعتماد على حالة السوق الحالية ومراجعة أدبيات تقانات الهواتف الذكية، يمكننا تحديد القيود المفروضة على الساعات الذكية إضافة إلى مزاياها، ومن ثم، إلقاء الضوء على التحديات البحثية للساعات الذكية والفرص المرافقة لها.

## حاجة السوق وتوجهه

في أيار من عام 2012، حصل مصممو الساعة اليدوية ببيل Pebble على إحدى أكثر الشركات نجاحاً في تاريخ التمويل الجماعي في ذلك الوقت<sup>2</sup>. تعتبر قصة ببيل Pebble دليلاً على طلب السوق الضخم على مثل هذه التقنية. وتتنبأ شركة

Generator Research<sup>3</sup> بأن هذا السوق سينمو إلى

214 مليون ساعة ذكية في عام 2018<sup>4</sup>.

ليست Pebble أول ساعة ذكية حديثة؛ فقد سبقتها ساعة سوني Sony الذكية. بيد أنه لما كانت تجهيزات سوني تعتمد على ربطها ببلوتوث لتعمل واجهة متممة للهواتف الذكية المتوافقة معها من الشركة نفسها، فإنه يمكن اعتبار Pebble أول ساعة ذكية مستقلة استقلالاً تاماً.

شرح مصنعو الإلكترونيات المنزلية على نطاق

واسع في إصدار ساعاتهم الذكية أو تحديد مواصفات ساعاتهم الذكية المستقبلية. وبدأت بعض الشركات مثل سامسونغ وسوني بإطلاق ساعاتهم الذكية كواجهة متممة لتجهيزاتهم الذكية (الهواتف الذكية أو اللوحية)، على حين اعتمدت الشركات الأخرى منهجاً هجيناً. فعلى سبيل المثال، تتطلب الساعة Android Wear هاتفاً يعمل بنظام التشغيل أندرويد Android لتتصيب التطبيقات apps، ومن ثمّ يمكن أن تعمل الساعة باستقلال تام دون ربطها بهاتف ذكي. ثم إن الساعتين Apple Watch و Microsoft Band يمكنهما كذلك العمل باستقلال عن الهاتف الذكي، ولكنهما تستعملان الهواتف الذكية لبعض الاتصالات. قد يكون من المبكر أن نحكم: هل تعتبر الساعات الذكية تجهيزات حاسوبية مستقلة حقيقة، أم أن إمكاناتها المحدودة ومنافساتها في السوق تجعلها أكثر بقليل من واجهات تخاطب من بُعد، أو تجهيزات لياقة بدنية ذات وظائف محدودة. ومع ذلك، فإن هذه الخاصية تتطلب التركيز أساساً على تحليل قيودها وبيان مزاياها.

<sup>2</sup> انظر <http://kek.st/18KLHqM>.

<sup>3</sup> شركة يتركز اهتمامها على أثر التقانات الرقمية والإنترنت على وسائل الاعلام والاتصالات والتجهيزات المنزلية. (المترجم)

<sup>4</sup> انظر [bit.ly/1byRoEM](http://bit.ly/1byRoEM).

## القيود

تعاني الساعات الذكية من قيدين كبيرين عليها التعامل معهما لتبقى صغيرة بقدر كاف بحيث تُربط بالمعصم: فشاشاتها الصغيرة ينشأ عنها دخل/خرج I/O محدودان، وعتادياتها الصغيرة يترتب عليها إمكانيات حسابية أضعف خصوصاً ضمن الإمكانيات المحدودة للبطارية مقارنة بالتجهيزات الأكبر. ومع أن التجهيزات النقالة قد تطورت في السنوات الأخيرة، فإن تحديات تصغير الحجم مع الحفاظ على مزاياها وعمر البطارية مازالت قائمة.

يحدُّ حجم الشاشة الصغير من إمكانيات الدخل والخرج. على سبيل المثال، إن تركيب لوحة مفاتيح على شاشة ساعة ذكية أو سوار قميص هو بمثابة تحدٍّ أكبر من تركيبها على هاتف ذكي. وعلى الرغم من الجهود المبذولة لتمكين الساعات الذكية من عرض الوسائط المتعددة، فإن الحجم الصغير لشاشاتها يجعلها خياراً سيئاً كمشغل وسائط متعددة للفيديو وللصور. تكوّن أجهزة الإسقاط الصغيرة حلاً محيراً، ولكنها مازالت هذه الأجهزة باهظة الثمن لتحمل على محمل الجد بعد عدة سنوات من الإعلان عنها، وبذلك لا يمكن أن تكون أجهزة الإسقاط القابلة للارتداء منظورة حقيقة في المستقبل القريب. وتبدو الشاشات الأكبر، التي يمكن الحصول عليها بثي الشاشة حول المعصم، خياراً لحلّ موضوع الحجم، لكن ذلك يبقى غير كافٍ لمكاملته مع لوحة المفاتيح. أطلقت عدة شركات مثل LG شاشاتها المَحْنِيّة للعرض التلفزيوني، وأطلقت سامسونج أخيراً الساعات الذكية Samsung Gear S بشاشات مَحْنِيّة. إن أكثر شاشات الساعات التقليدية خفيفة الوزن وهي كتيمة، وتقاوم الخدش. وبقي أن نرى مدى محافظة الشاشات المَحْنِيّة على هذه الميزات. تتطلب القيود على هذه الشاشات أيضاً تفكيراً جديداً في تصاميم واجهة تخاطب المستثمر باستعمال تقانة التفاعل الجديدة، مثل تعرف الحركات الثلاثية الأبعاد باستعمال الأمواج فوق السمعية. تعتمد أطقم البرمجيات لنظام التشغيل أندرويد من شركة غوغل، بشدة، على الدخل الصوتي للتفاعل البسيط مع المستثمر، إلا أن هذا قد يحدّ من قيام المستثمر بمهام أكثر تعقيداً.

إن العتاديات الصغيرة تعني قوة حسابية أقل، وسعة بطارية أقل، ومحسّات أقل دقة. إن هذه التحديات موجودة في الهواتف الذكية وهي كذلك في الساعات الذكية، وإن كان بدرجة أقل. يعمل مزودو البرمجيات والعتاديات ببطء وهم يسعون باستمرار لمعالجة المواضيع التي تتعلق بالموارد. فعلى سبيل المثال، تتطلب منظومات تحديد الموقع العالمية GPS<sup>5</sup> عادةً استطاعة عالية. تحاول خدمات تحديد الموقع التغلب على هذه المشكلة بالاعتماد على مجموعة محسّات في GSM<sup>6</sup>، و Wi Fi<sup>7</sup> و GPS، مما يقلل من استهلاك الطاقة.

مع أن المكونات العتادية تصبح أصغر نتيجة التقدم الذي تحرزه تقنيات المحسّات والإلكترونيات [7]، فإن سمة الصغر تعني أن السمات الحسابية للساعات الذكية الموجودة في كل مكان ستكون أقل منها للهواتف الذكية. إن معظم الساعات الذكية التي تعتمد على الهواتف الذكية تتغلب على هذه المشكلة بتفريغ عمليات الحوسبة والمحسّات المستهلكة للطاقة إلى الهاتف الذكي، وتستعمل تقنية بلوتوث المنخفضة الطاقة لتحقيق التواصل. يُمكن هذا الأمر الساعات الذكية من الاتصال بالهواتف الذكية والاعتماد على إمكانياتها الحسابية الأعلى. وبهذه الطريقة، تستطيع الجذاذات chips النهمة للطاقة مثل GPS أن تستجر الطاقة من بطارية الهاتف الكبيرة واستعمال الساعة ببساطة كواجهة مناسبة للمستثمر، إلا أنه

<sup>5</sup> Global Positioning System

<sup>6</sup> Global System for Mobile

<sup>7</sup> Wireless Fidelity

يبقى للهاتف القسم الأكبر من "الذكاء". يشار إلى أن عمر الساعات الذكية المستقلة تماماً التي تتضمن جذاذات الجيل الثالث 3G و GPS هو أقصر.

## المزايا

من جهة أخرى، فإن للساعات الذكية ميزتان قويتان تمتاز بهما على التجهيزات الأخرى: أولهما موضع التركيب، والأمر الأهم التماس المستمر مع الجلد. وكما هو شأن نظارات الحقيقة الموسّعة، فإن التفاعل معها لا يتطلب كلتا اليدين. إذ لا يحتاج المستخدم إلى حمل الجهاز، كما هو الحال في الهواتف الذكية وتكون إحدى اليدين مشغولة تماماً. ومع ذلك، يضطر المستخدم إلى تغيير موضع المعصم، وحين يضطر إلى دخل صوتي أو لمسي يستعمل اليد الأخرى للتفاعل. تُركّب الساعات الذكية على الجسم في موضع معياري معروف. يساعد هذا بحثاً تعرّف الأنشطة البدنية على التخلص من عبء تحديد موضع الجهاز. لقد أُجريت أبحاث عديدة لتحديد المعلومات الصحية بواسطة تجهيزات نقالة (mHealth). إن هذا الموضع المعياري -أي المعصم- يتغلب على التحديات المرافقة للهواتف الذكية؛ فعلى سبيل المثال، عند قياس أنشطة المستخدم بالاعتماد على معطيات مقياس التسارع، فإن موضع الهاتف الذكي (سواء أكان في جيب قميص أو في حقيبة أو في جيب بنطال) يؤثر في هذه المعطيات.

إن الساعات الذكية، هي عادة، على تماس مباشر ومستمر مع حاملها، ولذا فهي قادرة على تعرّف الأنشطة الفيزيائية له ولموضعه. في حين يرافق الهواتف الذكية قصور يكمن في أنه حين لا يكون المستخدم ممسكاً بالهاتف فإن الهاتف يستطيع تحسس بيئة المستخدم الخارجية فحسب دون حالته الخاصة. فالهواتف الذكية تكون في مواضع متنوعة كأن تكون في حقائب أو في جيوب. في غالب الأحيان، حين يكون المستخدم داخل منزله أو في المكتب فإن الهاتف الذكي يكون ساكناً ولا يكون في نفس موضع صاحبه. وهكذا فإن التواصل المستمر بين الساعات الذكية والجلد يُعدّ ثورة في دراسات الصحة النقالة mHealth. لقد أدركت الشركات هذا فأعدوا حيزاً ضيقاً لهذه المعطيات في أطقم أدواتهم الصحية مثل Google Fit، Apple HealthBook، Samsung S.A.M.I، و Microsoft Healthvault.

يسمح موضع الساعات الذكية أيضاً بتسجيل معدل نبضات القلب، وتغيرات معدلها، ودرجة الحرارة، وأكسجة الدم، والاستجابة الغلافانية للجلد GSR<sup>8</sup>. يمكن استعمال هذه الاستجابة لتحديد الإثارة الفيزيولوجية، وخاصة حين تُضم إلى معدل نبضات القلب وتغيراتها. للعواطف بُعدان: البعد المزاجي (إيجابي أو سلبي) والبعد الإثاري (عالي أو منخفض) [4]. تقتصر مناهج تكمية العواطف ألياً (باستثناء تلك المعتمدة على تعرّف الصور) على البعد الإثاري وليس على البعد المزاجي. إن النشاط البيولوجي يعتمد منظومات التعرّف الفعالة الموجودة التي تستند إما إلى تعرف الصور أو على المدخلات اليدوية. ولكن لما كانت مدخلات المستخدم اليدوية هي مدخلات شخصية subjective، فإن دقتها تكون غالباً محطّ تساؤل. وبحلول الساعات الذكية وتجميع معطيات المحسات المتعددة الفعالة، يمكننا تطوير خوارزميات (دمج معطيات المحسات) لتحديد النشاط البيولوجي دون الحاجة إلى معالجة صور الوجوه.

<sup>8</sup> Galvanic Skin Response: تغيرات في المقاومة الكهربائية للجلد بسبب الضغط النفسي، ويمكن قياسه بمقياس غلفاني عالي الحساسية، مثلما هو الحال في اختبارات كشف الكذب.

## فرص البحث والرؤية المستقبلية

بالاعتماد على القيود والمزايا التي تم عرضها، يمكننا تحديد فرص عدة للتقدم في مجال الساعات الذكية.

◀ ربما يكون عمر البطارية والتكلفة، أكثر عوامل النجاح أهميةً في انتشار الساعات الذكية في السوق. إن فشل الساعة SPOT<sup>9</sup> من ميكروسوفت يعود إلى ارتفاع التكلفة ومحدودية عمر البطارية [1]، وإن تأخر إصدار الساعة Apple's Watch يعود إلى هذين العاملين بالذات. إن تحدي استمثال الموارد، لاسيما بما يتعلق بالطاقة، هو من مواضيع البحث الجارية حالياً. وهو تحدٍ متعدد الاختصاصات. يمكن في المستقبل مناقشة تطبيقات المستثمر النهائي end-user، والعنديات الداخلية (بطارية خفيفة الوزن، وتصغير العنديات)، والعنديات الخارجية (الشحن التحريضي اللاسلكي، والاستعاضة عن أيونات الليثيوم بمواد أخرى مثل الكهليليتات electrolytes الصلبة). كما يمكن أن يكون للأبحاث حول الاستفادة من الطاقة الحركية لحاملها أو حرارة جسمه في توليد الكهرباء أثرٌ أيضاً. ومع ذلك، يستمر مصنّعو التجهيزات في التركيز على إعادة اختراع البطارية وعملية شحنها، مثل الشحن لاسلكياً من خلال التحريض المغنطيسي. مازلنا بانتظار أن نشهد أية تحسينات جوهرية.

◀ يمكن أن تكون الساعات الذكية نعمة لا يُستهان بها لتقانات الصحة النقالة. جرى سابقاً استعمال تحسس النشاط الفيزيائي في العديد من الساعات الذكية وتجهيزات تتبع اللياقة البدنية، مثل: Nike+ SportWatch و Fitbit و JawBone و Basis و Microsoft Brand لإقناع المستخدمين بالتوجّه نحو نموذج حياة أشد نشاطاً. يمكن أن يُضم للساعات الذكية كذلك محسات حيوية أكثر لأخذ قياسات أكثر دقة من الشريط البسيط الذي يحيط بالمعصم والذي يعتمد على قياس التسارع. مازالت الخوارزميات التي تركز على تعرّف النشاطات الموقرة للطاقة، والتي تحوّل المعطيات الحيوية الخام إلى معطيات من مستوى أعلى، بحاجة إلى مزيد من التطوير.

◀ إن وجود الإمكانيات يستدعي المسؤولية. تستطيع الساعات الذكية بسهولة أن تتحسس المعلومات الأكثر خصوصية وتسجلها مثل الأنشطة الجنسية والمعلومات الطبية الحساسة ومعرفة نقاط ضعف حامل الساعة الأساسية. ونظراً لإمكان الساعات الذكية تحسس سلوك الأفراد ومعرفة استجاباتهم الوظيفية (الفيزيولوجية) وتسجيلها، فإن المحافظة على خصوصية هذه المعلومات يشكل تحدياً آخر للبحث.

◀ تمتلك الساعات الذكية الراهنة شاشات لمس صغيرة جداً، وهي مجهزة بعدد قليل من الأزرار الجانبية أو بدونها، مما يتطلب تقانات تفاعل جديدة مثل الواجهات الصوتية واللمسية والإيمائية والإسقاطات، واتصالات الحقل القريب NFC<sup>10</sup>. توفر بعض النماذج مثل Android Wear أوامر صوتية للتفاعل عالية الموثوقية. في حين تعمل بعض النماذج الأخرى على التفاعل بواسطة مقياس التسارع والتغذية الراجعة اللمسية. لذا فإن من المحتمل ظهور خوارزميات تفاعل وواجهات مستثمر UI<sup>11</sup> جديدة، وسيجري استمثال الطرائق الموجودة باتجاه دقة أفضل على شاشة صغيرة وباستعمال

<sup>9</sup> Smart Personal Object Technology: تقانة عرض شخصي ذكي.

<sup>10</sup> Near Field Communication.

<sup>11</sup> User Interface.

للموارد أخفض. أما الساعات الذكية التي تعتمد على الهواتف الذكية، فإن تقانات التفاعل توزع بين الجهازين، على سبيل المثال، يُدعم الدخّل باستعمال لوحة المفاتيح في الهاتف الذكي ويدعم الدخّل الصوتي من خلال الساعة الذكية.

◀ ثمة نقاشات متعددة حول الآثار السلبية للتقانات الحديثة على الذاكرة [2,5,6]. وذلك لكون الساعة الذكية هي بمثابة تجهيزة أخرى تسترعي الاهتمام والإدراك. ومع أن الإمكانيات المحدودة لدخّل وخرج هذه الساعات ستحول دون تفاعل المستخدمين معها تفاعلاً مفرطاً، فإن أثرها في النشاط والذاكرة والإدراك مازال يشكل مسألة مفتوحة يجب سبرها.

◀ والسؤال الآن ما هو أفضل نظام تشغيل للساعات الذكية؟ أطلق بعض المصنعين، مثل سامسونغ وكوالكوم Qualcomm، أولى تجهيزاتهم بنظام التشغيل Android OS، وطورت مخابر WIMM ساعات ذكية تعتمد على أندرويد قبل أن تحصل عليها غوغل في 2012. أصدرت غوغل نسخة خفيفة من أندرويد Wear للساعات الذكية وتجهيزات أخرى قابلة للارتداء. ومع أن نظام أندرويد هو نظام التشغيل الأكثر شيوعاً حالياً للساعات الذكية، فإنه من الواضح أننا بحاجة إلى نظام تشغيل أمثلي للتجهيزات الأصغر. تستعمل سامسونغ نظام التشغيل الأمثل Tizen لبعض تجهيزاتها القابلة للارتداء. واتبعت أبل ومايكروسوفت منهجاً مشابهاً بإنشاء نظام تشغيل جديد للتجهيزات التي تربط بالمعصم. من الواضح أن هناك فرصاً بحثية لمطوري نظم التشغيل إما لابتكار نظم تشغيل جديدة أو لمواصلة نظام تشغيل موجود لجعله خفيفاً بقدر كافٍ لاستعماله في الساعات الذكية.

إن الساعات الذكية في طريقها لأخذ مكانها في السوق، وكما أن الحواسيب اللوحية لم تحل محل الحواسيب الشخصية، ولم تحل الهواتف الذكية محل متحكّمات التلفاز، فإن الساعات الذكية ستجد طريقها إلى السوق دون أن تحل محل تجهيزات أخرى. تبرز حلبة سباق جديدة لبحوث الحوسبة المنتشرة، التي ستجذب الكثير من الباحثين والمقاولين، وباهتمامات تتفاوت بين تحليل المعطيات والتكمية الذاتية وبين تصميم العتاديات وواجهات التخاطب البشري والتصنيع.

## المراجع

- [1] Baker, C. How Microsoft lost the wrist-top. *Wired* 18, 7 (July 2010), 27.
- [2] Carr, N. *The Shallows: What the Internet Is Doing to Our Brains*, W. W. Norton, 2010.
- [3] Mistry, P. Maes, P. SixthSense: a wearable gestural interface. *In ACM SIGGRAPH ASIA 2009 Sketches*, (2009), 11.
- [4] Russell, J.A. A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology* 39, 6 (1980), 1161—1178.
- [5] Sparrow, B. Liu, J., and Wegner, D.M. *Google effects on memory: Cognitive consequences of having information at our fingertips*. *Science* 333, 6043, (2011), 776-778.
- [6] Spitzer, M. *Digital Dementia 2.0 Arguments about Risks and Side Effects of Digital Information Technology*. Schattauer GmbH, 2012.
- [7] Wright, A. Patient, heal thyself, *Communications of the ACM*, v.56 n.8, August 2013, 16-18.

# تَخَاطُبُ السِيَّارَاتِ

## CAR TALK\*

Tom Geller

ترجمة: م. سماح راغب

مراجعة: د. رضوان قسطنطين

### الاتصال بين سيارة/مركبة وأخرى قادم، فهل نحن مستعدون لذلك؟

تحتل السيارات من دون سائق مكانة كبيرة لدى وسائل الإعلام، وتعدُّ المسافرين اليوميين بساعة نوم إضافية وهم يجتازون الطرق السريعة في العالم. ومع ذلك فإن التقانات التي تساعدك على القيادة بدلاً من التحكم بها ستشكل جزءاً من تجاربنا الخاصة بالسيارات، قبل أن تُؤتي رؤية السائق - الروبوتي ثمارها بمدة طويلة. توسع المُحسَّات على متن السيارة مثل كاميرات الرؤية الخلفية حواسنا فعلياً عن طريق السماح لنا بمراقبة العالم مباشرة؛ ففي الوقت الراهن، تنتهي تقانات من سيارة إلى بنية أساسية (V2I) وتقانات من سيارة إلى سيارة (V2V) - المعروفة مجتمعة باسم "V2X" - ليجري اعتمادها على نطاق واسع، بحيث تظهر في الطُّرُز الجديدة للسيارات مع بدايات عام 2016، ومن المرجح أن تكون مطلوبة في نهاية المطاف، على الرغم من المخاوف الحالية للمستهلكين.

وكما هو الحال في كاميرات الرؤية الخلفية، تُعدُّ تقانات V2X بمزايا السلامة، حتى لو لم تصبح السيارات المُقوَّدة كلياً بدون سائق حقيقة على الإطلاق. افترض تقرير صادر عن وزارة النقل الأمريكية (DOT) في آب أن تطبيقين محدَّدين من تطبيقات V2V من شأنهما أن يمنعا ما يزيد على 500,000 حادث و 1000 حالة وفاة سنوياً في الولايات المتحدة، وهذان التطبيقان هما: "مُساعد حركة التقاطع" (IMA) الذي يُحدِّر من حركة المرور عند التقاطعات، و"مُساعد الانعطاف يساراً" (LTA) الذي يراقب حركة السير القادمة من الاتجاه المعاكس عند الانعطاف يساراً. يمكن أن تشمل تطبيقات V2V المتوقَّعة الأخرى تجنُّب التصادم في توقف وانطلاق stop-and-go حركة المرور وعند السرعات العالية على الطرق السريعة، وتحديد السرعة العليا (والاقتصاد في الوقود) تبعاً للإشارات وحركة المرور، والمساعدة على إيقاف السيارات في المواقع parking.

في الوقت الذي يراهن فيه أنصار V2X على بقاء السائقين مجهولي الهوية في ظل المعايير المقترحة، فإن بعض التطبيقات يمكن أيضاً أن تُستعمل عن طريق تطبيق القوانين، على سبيل المثال لمنع سيارة من دخول منطقة محظورة. هناك فرق كبير بين المُحسَّات على متن السيارة وتقانات V2X. يمكن الاستفادة من كاميرا الرؤية الخلفية لحظة تثبيتها على السيارة، بصرف النظر عما إذا كانت مثلثتها مثبتة على أي سيارة أخرى. ما يزال التطور الذي تشهده النظم التي لديها ميزات شبيهة بـ V2X كبيراً، مع أنها لا تتواصل فعلاً مع السيارات الأخرى أو البنية الأساسية للطريق. على

\* تُشير هذا البحث في مجلة Communications of the ACM، المجلد 58، العدد 3، آذار (مارس) 2015، الصفحات 16 - 18.



سييل المثال، شهد طراز العام 2009 إدخال أويل تقانة شبيهة بـ V2I وهي "Opel Eye" التي تستعمل كاميرات لتعرّف إشارات الطرق وعلامات المسارات، وكذلك طراز عام 2014 من مرسيدس بنز الذي ضم لأول مرة نظامها الشبيه بـ V2V ألا وهو نظام "Distronic Plus" الذي يستعمل الرادار لتقدير بُعدها عن السيارات الأخرى. توفر تقانة V2X الحقيقية قدرات لا يمكن لتلك النظم أن توفرها، مثل التحذير من ظروفٍ على مسافة قد تصل إلى 300 متر، ولا يمكن كشفها بالبصر أو بالرادار. تُحدّد مجموعة الرسائل بشكل فريد السيارات ومكوّنات البنية الأساسية باستعمال إشارة سريعة من نقطة إلى نقطة point-to-point تتطلّب القليل نسبياً من البروتوكولات.

### الحكومات وشركات صناعة السيارات والجمهور

ما تزال النظم V2X إلى الآن مفيدة فقط بمقدار فائدة الشبكة التي ترتبط بها، سواء كانت عُقد تلك الشبكة في سيارات أخرى (V2V)، أو على أعمدة الإنارة، أو على إشارات المرور، أو هي الطريق نفسه (V2I). يمكن أن يتسبب ذلك في حالة من الجمود، نظراً لأن شركات صناعة السيارات تعزّف عن الاستثمار في التنمية إن لم يكن أحد سواها يقوم بذلك، أو إن كانت تقاناتها لا تعمل معاً.

يقول نيلام باروا Neelam Barua، وهو محلل صناعة النقل والسيارات لشركة Frost and Sullivan: "عندما يكون من الضروري تقييس نظام، يجب منح تفويض". "هكذا كان الحال بالنسبة لنظم منع قفل المكابح وكاميرات الرؤية الخلفية". نتيجة لذلك، تعمل مجموعات صناعية مثل الاتحاد الأوروبي للاتصال بين السيارات Europe's CAR 2 CAR Communication Consortium والجمعية الأمريكية لوسائل النقل الذكية Intelligent Transportation Society of America على وضع مقاييس لاتصال سيارة بأخرى، في حين تقرر الحكومات كيفية تنفيذها.

يعتقد Barua أن متطلبات V2X ستُسُن قريباً في أوروبا بعد الانتهاء من التجارب الممولة من الاتحاد الأوروبي هذا العام، مع أن شركات صناعة السيارات الأوروبية تفضل النهج الذي تقوده السوق. قامت إدارة السلامة المرورية على الطرق الوطنية السريعة في وزارة النقل الأمريكية (NHTSA) بالمزاوجة بين إصدار تقريرها المطول و"إشعار قبلي حول سنّ القواعد المقترحة" (ANPRM) الذي "يؤسس لـ [مقترحات] ... تستلزم قدرة اتصال سيارة بأخرى (V2V) للسيارات الخفيفة" ألا وهي سيارات المسافرين والشاحنات الخفيفة.

برغم جاهزية V2V وفوائدها الواعدة، قد يقاوم الجمهور مثل هذه التفويضات - خاصة في الولايات المتحدة. أتاح إشعار إدارة السلامة المرورية على الطرق الوطنية السريعة NHTSA للعموم مدة زمنية تبلغ 60 يوماً لإبداء تعليقاتهم، وهذا الأمر نتج عنه ما يقرب من 1000 رد، توافقت 482 منها مع سياسة التسليم الخاصة بـ NHTSA. كان الإجماع سلبياً بأغلبية ساحقة، مشيراً إلى المخاوف من أن تقانات V2V ستؤدي إلى فقدان الخصوصية، وإهمال السائقين، وظهور القرصنة الخبيثين، وإلى مخاطر صحية محتملة على من يدعون حالة "فقدان الحساسية الكهربائية" التي فقدت صِدْقِيَّتَهَا على نطاق واسع. وزيادة على ذلك، أصيب البعض بالذهول من التكلفة المحتملة لإضافة مزاي V2V إلى السيارات الجديدة أو تحديث السيارات القديمة والمقدّرة بنحو 300-350 دولار أمريكي.

يعتقد Barua أن هذه المعارضة تغدو ضعيفة بالمقارنة بالتكاليف البشرية التي ستجتم عن منع تقانات V2V. يقول Barua: "أظهرت الدراسات أن الاتصالات بين سيارة وأخرى يمكن أن تُقلّل من الاختناقات المرورية، وإنقاذ الكثير من الأرواح". ويضيف: "حتى المشاة سيستفيدون - يمكنهم أخذ العلم بقدم سيارة بواسطة اهتزازات على هواتفهم المحمولة. أعتقد أنه يجب على الحكومات أن تتدخل وتأخذ زمام المبادرة لجعل اتصالات V2V فاعلة في أسرع وقت ممكن".

## على الطريق

يقدم تقرير وزارة النقل الأمريكية DOT قائمة شاملة لمقاييس الولايات المتحدة الأمريكية، ويشمل ذلك محتويات رسالة V2V ومتطلبات أداء الإرسال. المجموعة الأساسية من المقاييس الإجرائية والبنوية منصوص عليها في IEEE 1609 وهي "مجموعة مقاييس الوصول اللاسلكي في بيئات السيارات (WAVE)". إن IEEE 1609.2 "الخدمات الأمنية للتطبيقات ورسائل الإدارة"، الذي استُكمل ونُشر في نيسان 2013، ذو أهمية خاصة للذين يخشون القرصنة الخبيثين.

هناك مجموعة ثانية من المقاييس ما تزال حالياً في قيد التطوير، يمكن إيجادها في SAE J2735 و SAE J2945. يوضح هذان المقيسان ما هي المعلومات التي ستحملها كل رزمة رسائل، كما يتضمن المقيس الأخير قِسماً عن الخصوصية والأمن. يهتم مقيس ثالث، وهو IEEE 802.11p، بالموصفات المعيارية المادية "لاتصالات المخصصة للمدى القصير" (DSRC) والمتعلّقة بالسيارات. (وقد استُعملت DSRC لجمع الرسوم الإلكترونية أكثر من 10 سنوات، وكان هذا من حيث الجوهر أول تطبيق واسع النطاق لاتصال سيارة ببنية أساسية).

يجري نقل إشارات اتصالات V2I و V2V في الولايات المتحدة بواسطة طيف عرضه 75 MHz في الحزمة 5.9 GHz، التي خُصّصت لأغراض DSRC في عام 1999. قامت أيضاً كلّ من الصين وأوروبا واليابان بحجز عرض حزمة لـ DSRC بالقرب من هذا المجال؛ كما تستعمل اليابان طيفاً في الحزمة 760 MHz أيضاً، وتفكر كوريا في الانتقال إلى هذه المجال.

من جهة ثانية، لا تتوافق المقاييس الإقليمية لـ DSRC وجوانب أخرى لاتصالات V2V بعضها مع بعض على الدوام، لذلك فإنه من غير الواضح: هل السيارات المصممة لأحد الأسواق الإقليمية ستعمل في سوق آخر؟ هناك جهود تُبذل لمواءمتها إلى حد ما: على سبيل المثال، قد تطبّق اليابان الأمن وفقاً لمقياس IEEE ذي الرقم 1609.2، المستعمل حالياً في الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي.

بدأت الاختبارات العامة لـ V2V عام 2006، عندما تمكّنت شركة دايملر كرايسلر من جعل سيارتي مرسيدس بنز ودودج تتخاطبان، وأثبتت جنرال موتورز تجنب اصطدام سيارتي كاديلاك. وفقاً للإعلانات العامة، فإن أول سيارة للمستهلكين تتمتع بإمكانات حقيقية لاتصالات V2V، ستكون كاديلاك 2017 مجهزة بتقانة "سوبر كروز" الخاصة بالشركة.



<sup>1</sup> Frequency of Target Crashes for IntelliDrive Safety Systems (DOT HS 811 381), October 2010

<sup>2</sup> <http://www.its.dot.gov/connected-vehicle/connected-vehicle-research.htm> - December 3, 2013

<sup>3</sup> <http://www.its.dot.gov/connected-vehicle/connected-vehicle-research.htm> - December 3, 2013

وقد اعتمدت شركات صناعة السيارات عامّة تقانة V2X كجزء منطقي من الصورة الأعم للقيادة التي تعتمد على المساعدة. بيّنت Hideki Hada، المدير العام لأنظمة المركبات المتكاملة في هندسة وصناعة تويوتا موتور في أمريكا الشمالية، كيف يمكن للمُحسّنات ولتقانات V2I و V2V المتنوّعة أن تعمل معاً. "أعتقد أنها كمالية جداً. نحن نمتلك بالفعل نظاماً رادارية وكاميرات متطورة بحيث يمكننا رؤية السيارات التي أمامنا. ومع ذلك، يمكننا باستعمال V2V أيضاً الحصول على معلومات عن السيارات الأخرى، من قبيل سرعتها، أو إن كانت تضغط على المكابح، دون أن نكون بحاجة لمراقبتها. وسيكون أمراً رائعاً الحصول على معلومات عن إشارات المرور عند الاقتراب منها، ومن ثمّ سأعلم متى أتوقف، أو السرعة

التي يجب أن أقود بها كي أقطع الإشارات الثلاث المقبلة وهي خضراء اللون. ولكن بالنسبة للسائقين، أعتقد أن هذا سيكون مثال الكمال، فهم لن يعرفوا: هل V2V، أو V2I، أو المحسّات هي التي تقدم لهم الإرشاد".

### إنها ليست سيارات بلا سائق، بل سيارات "مؤتمتة ومرتبطة"

إحدى المنشآت التي تُدرّس التقانات الثلاث بفعالية هي معهد بحوث النقل في جامعة ميشيغان (UMTRI) الذي أخذ زمام المبادرة في نشر نموذج لسلامة المركبات المرتبطة استُكمل أخيراً بتمويل حكومي بلغ 31 مليون دولار أمريكي، وقد وضع هذا النموذج ما يقرب من 3000 سيارة مزوّدة بتقانة V2V في شوارع MI، Ann Arbor، ويشمل ذلك ما يقرب من 2600 سيارة خاصة، وثلاث حافلات لنقل الركاب، و 19 مركبة تجارية أخرى.

وفقاً لـ Debby Bezzina، كبير مديري برنامج UMTRI: "تم تجهيز غالبية المركبات في النشر التجريبي "بجهاز تحذير للسيارة" مزود بأجهزة إرسال فقط. تلك هي السيارات التي نسميها 'السيارات المستهدفة'، فهي باختصار تبث مُعلنةً موضعها، وسرعتها، ووجهتها. لذلك فهي تقول، أنا هنا! أنا هنا! أنا هنا! 10 مرات في الثانية".

تم تجهيز قرابة 400 سيارة بأجهزة يمكنها قراءة هذه الإشارات والرد عليها بنبرة مسموعة. عرضت شركات صناعة السيارات، ومنها فورد وجنرال موتورز، وهوندا، وهيونداي-كيا، ومرسيدس بنز ونيسان وتويوتا، وفولكس فاجن 64 سيارة متكاملة تفاعلت مع التحذيرات المسموعة، والمرئية، والتحذيرات الناجمة عن اللمس. (لم تملك أيّ من هذه السيارات قدرات "قيادة ذاتية"، بل قامت فقط بتبني السائق). أسفرت الدراسة التي امتدت على عامين عن ما يقرب من 47 تيرابايت من المعطيات المتعلقة بـ 27 مليون ميل على الطريق، وقد قام مُقيّم من وزارة النقل الأمريكية بتحليل هذه المجموعة من المعلومات، وأبلغ وزارة النقل الأمريكية بالتقرير في شهر آب.

لاحظت Bezzina موجة من النشاط الصناعي بعد نشر ذلك التقرير، فضلاً عن إعلان الرئيس التنفيذي لشركة جنرال موتورز ماري بارا Mary Barra أن الشركة ستقدم تقانة متقدمة من حيث الذكاء والارتباط في بعض طُرز عام 2017. ومع ذلك، تعتقد Bezzina أن الأمر سيستغرق سنوات حتى تعمل المحسّات، وV2I، وV2V معاً للوصول إلى السيارات "المؤتمتة والمرتبطة" التي تشابه إلى حد بعيد رؤية جوجل للسيارة "بلا سائق". حتى بعدما تبدأ هذه السيارات بالسير على الطريق، فإن Bezzina تتوقع أن ترى اختلافات بين الرؤيتين.

تقول Bezzina: "فيما يخص مركبة جوجل، كل شيء مستقل بذاته، إذ إنك لا تتخاطب مع السيارات الأخرى ولا مع البنية الأساسية". وتضيف: "لكنني أعتقد أن السيارة المؤتمتة كُلياً تكون مرتبطة أيضاً - أولاً بالمحسّات وGPS، ثم بنظام اتصال V2I، ونظام اتصال V2V بالمركبات الأخرى التي تسير على المسرّب نفسه. أعتقد أنه خلال مدة حياتي، سيكون هناك ممر خاص على الطريق السريع يمكنك السير عليه فقط إذا كنت تقود مثل هذه السيارة. ومن ثم يمكنك أن ترفع يديك عن المقود وتقرأ الصحيفة".

### قراءات مختارة

- Harding, J., Powell, G.R., Yoon, R., Fikentscher, J., Doyle, C., Sade, D., Lukuc, M., Simons, J., and Wang, J. (2014, August). Vehicle-to-vehicle communications: Readiness of V2V technology for application. (Report No. DOT HS 812 014). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration <http://1.usa.gov/1wYQ8TY>

- CAR 2 CAR Communication Consortium (European) <https://www.car-2-car.org>
- Intelligent Transportation Society of America <http://www.itsa.org>
- Vehicle-to-Vehicle Communications U.S. National Highway Traffic Safety Administration <http://www.safercar.gov/v2v/>
- University of Michigan Transportation Research Institute <http://www.umtri.umich.edu>
- Safety Pilot Model Deployment program [http://www.its.dot.gov/safety\\_pilot/spmd.htm](http://www.its.dot.gov/safety_pilot/spmd.htm)
- Toyota Collaborative Safety Research Center <http://www.toyota.com/csrc/>

# لمس العالم الافتراضي

## TOUCHING THE VIRTUAL\*

Logan Kugler

ترجمة: د. يمن الأتاسي  
مراجعة: د. غيداء ريدوي

تحسس الطريق الذي يعبر حدوداً جديدة عند واجهة التخابط بين البشر والآلات.

عمل الباحثون عملاً جاداً لإعادة تعريف واجهة التخابط بين البشر والآلة، وخصوصاً للنظر في طرائق أخرى للتفاعل مع الحواسيب باللمس، دون لمس شيء ما فعلياً. ليست الهولوجرامات تقانة جديدة، إلا أنّ نوعاً من الإثارة المستقبلية يحيط بالموضوع. يجري إنشاء هولوجرام مولّد حاسوبياً من سلسلة من صور ثلاثية الأبعاد (3D) تُحوّل إلى صورة افتراضية، أي خيال بصري. إذا حاولت لمس هولوجرام، فسوف تدخل يدك من خلاله.

الجديد هو مفهوم الهولوجرامات القابلة لللمس: فهي ليست مجرد إسقاطات في الهواء، لا تتراكب فوق جسم فعلي وحسب، وإنما هي "هولوجرامات لمسية" يمكنك لمسها والتفاعل معها وتحريكها. أُطلق اسم لمسيات الحاسوب على النظم اللازمة لإتاحة لمس الأجسام الافتراضية وتحسسها بمكوناتها العتادية والبرمجية. تخطو الهولوجرامات للمسية هذه خطوة إضافية: يمكنك الآن "لمس" إسقاط ثلاثي الأبعاد وتحسسه فعلياً مع أنه جسم افتراضي. تولّد الهولوجرامات للمسية أجساماً افتراضية ذات واجهة تخاطب رقمية يمكن تحسسها ورؤيتها، وذلك بنحت الصوت لجعل الملامح الرقمية المرئية تبدو وكأنها مادية يمكن تحسسها. وبهذا يبدو الشكل للمسّي الافتراضي الثلاثي الأبعاد عَرَضاً هولوجرافياً ملموساً.

### قصة اللمس

يعجّ الجلد الذي يغطي اليد بالمستقبلات التي تنقل الإحساس الموافق لللمس الخفيف، واللمس القوي، والضغط، والاهتزاز، والحرارة والبرودة والألم، مما يساعد هذا الدماغ على فهم تفاصيل لمسيةٍ بالغة الدقة مثل النعومة، والقساوة، والكثافة، والوزن وغير ذلك.

تولّد الأمواج فوق الصوتية (فوق السمعية) اهتزازاً في الهواء يجري إسقاطه على مسافة معينة لتتوافق مع سطح الهولوجرام. يشعر الجلد بهذه الاهتزازات ذات الأطوال الموجية المختلفة مما يحاكي إحساس النعومة والقساوة وغيرها. تمكّن هذه المعلومات من "لمس" صورة افتراضية ثلاثية الأبعاد.

\* تُشير هذا البحث في مجلة *Communications of the ACM*، المجلد 58، العدد 8، آب (أغسطس) 2015، الصفحات 16 – 18.



يجري تركيز الأمواج فوق الصوتية لتوليد شكل كرة افتراضية يمكن تحسسها.

بهدف المساعدة على تصميم تطبيقات واجهات التخاطب للمسية وتطويرها، قامت الباحثة الزائرة ماريانا أوبريست Marianna Obrist في جامعة نيوكاسل Newcastle والمحاضرة في "تصميم التفاعل" في جامعة سسكس Sussex، مع زملائها ببناء مفردات لمسية تتألف من 14 صنفاً من الإشارات للمسية، مثل الشانك/الواخز، والوارد/الصادر، والناضب/المستمر. تهتز إشارة "الناضب" بتواتر 16 هرتز مما يُحرّض جسيمات مايسنر المستقبلية الموجودة في الجلد والمسؤولة عن الحساسية للمس الخفيف.

يشارك سريرام سبرامانيان Sriram Subramanian، أستاذ التفاعل البشري-الحاسوبي في قسم علوم الحاسوب في جامعة بريستول Bristol في إدارة مجموعة التفاعل والبيانيات Interaction and Graphics Group. طوّرت هذه المجموعة بقيادة مساعد الأبحاث بن لونج Ben Long النظام فوق اللمسي (http://ultrahaptics.com/), الذي يولّد ردود أفعال لمسية في الجو (https://youtu.be/H6U7hI\_zIyU). تحرك الأمواج فوق الصوتية الهواء مسببة فرقاً في الضغط. عند وصول عدة أمواج إلى المكان ذاته في الوقت نفسه، يتولّد فرق ملحوظ في الضغط في تلك النقطة. ويرى لونج أنّ "الهولوجرامات القابلة للمس، والواقع الافتراضي الغامر الذي يمكنك الشعور به، وعناصر التحكم المعقدة التي يمكن لمسها في الفضاء الحر هي كلها طرائق ممكنة لاستعمال هذا النظام."

تسمح إضافة متحكم ليب موشن Leap Motion controller (https://www.leapmotion.com/) -وهو مُجسّ للأشعة تحت الحمراء يلاحق الموقع الدقيق لأصابع المستخدم في الفضاء الثلاثي الأبعاد- بتوجيه الأمواج فوق الصوتية توجيهاً دقيقاً إلى يد المستخدم لتوليد الإحساس باللمس، وهذا ما يولد انطباعاً باستكشاف سطح جسم ما، مما يعزز الواقع

الافتراضي. تعمل المجموعة على استعمال أشكالٍ أشدَّ تعقيداً وذات تفاصيل أكبر، وذلك ربما باستعمال عدد أكبر من مكبرات الصوت الصغيرة لتحسين الدقة.

يشرح سوبرامانيان Subramanian أن التحدي الرئيس يكمن في "فهم أعمق لكيفية إدراك المستخدم للإشارات الحسية ضمن نظام لمسي هوائي كنظامنا اللمسي الذي يستطيع أن يستهدف عدة مستقبلات ميكانيكية في اللحظة ذاتها. سيؤدي هذا الأمر دوراً مهماً في تحسين دقة الإشارة الحسية المدركة.

يتصور سوبرامانيان مجالاً من تطبيقات اللمسيات الإيمائية touchless haptics، يتضمن تطبيقات في لوحات التحكم في السيارات حيث يستطيع السائق أن يتفاعل مع لوحة التحكم دون أن يزيح الطرف عن الطريق (مثلاً يستطيع السائق أن يلوّح بيده أمام لوحة التحكم ليشعر بوجود قبضات وأزرار).

يوجد تطبيق رئيس آخر في الواقع الافتراضي يقوم على تطوير شاشات خفيفة الوزن وعالية الدقة محمولة على الرأس. تعتقد مجموعة البريستول The Bristol group أنّ اللمسيات الثلاثية الأبعاد تؤدي "دوراً مهماً" في زيادة انغماس المستخدم في ألعاب الواقع الافتراضي وتطبيقاته. تركز شركتهم الفرعية ألتراهابتيكس Ultrahaptics (اللمسيات الفائقة) على دمج هذه التكنولوجيا في عدد من المنتجات المختلفة بدءاً من الساعات المنبّهة، ثم الأجهزة المنزلية، وصولاً إلى السيارات.

قام باحثون من جامعة طوكيو بقيادة هيرويوكي شينودا Hiroyuki Shinodda بصنع شاشة لمسية فوق صوتية محمولة جواً Airborne Ultrasound Tactile Display، تسمح للمستخدم مثلاً بالشعور بقطرات مطر هولوغرامية ترتد عن يده. لاحقاً، صنع ياسواكي موناي Yasuaki Monnai-الأستاذ المساعد في المشروع في قسم المعلوماتية الإبداعية في الجامعة- وزملاؤه في مختبر شينودا - ماكينو Shinoda-Makino Lab شاشة لمس ثنائية البعد تطفو في فضاء ثلاثي الأبعاد. تستخدم هابتو مايم Hapto-Mime (<http://youtu.be/uARGRlpCWg8>) كلاً من الأمواج فوق الصوتية والمُحسّات تحت الحمراء لتعطي شعوراً لمسياً. إنّ واجهة التخابط هي شاشة افتراضية هولوغرافية على سطح عاكس طافٍ رقيق جداً. تُسلط الأمواج فوق الصوتية قوة ميكانيكية حيث تكون الحزمة مركزة، مما يولد الشعور بتحسس كائن افتراضي كلوحة مفاتيح بيانو أو لوحة أرقام صراف، إذ يعطي تغير الضغط فوق الصوتي شعوراً خادعاً بإحساسات لمسية مختلفة.

يهتم فريق طوكيو اهتماماً خاصاً بانتشار الأمواج الكهرومغناطيسية وأنظمة البث وتطبيقها على الاتصالات اللاسلكية والقياسات وواجهات التخابط البشرية- الآلية، ويتوقع الفريق توجيه حركات البشر باستخدام الصورة والقوة الافتراضيتين كما يقول موناي. "في نظامنا الحالي، يلمس المستخدمون الهولوغرام، أما في المستقبل، فمن الممكن أن يلمس الهولوغرام المستخدمين أيضاً. سيسمح هذا مثلاً بالحصول على مدرب رياضي افتراضي يخبرك كيف تحرك جسمك عن طريق تحفيزك بأحاسيس لمسية وبصرية في الوقت والموضع المناسبين."

لا تزال الإشارات اللمسية في نظام فريق طوكيو ضعيفة حالياً، لذا قام الفريق بتعديل التسلسل الزمني للقوة لإعطاء إحساس لمسي أكبر، حيث يحصل الشعور بالاهتزاز بشكل أوضح مما هو عليه في حالة القوة المستقرة، أو التسلسل الزمني أو الشكل الموجي (انفجار، موجة مستمرة، أو غيرها). يؤكد موناي أهمية مطابقة الإحساس للصورة البصرية التي يعيقها عدم وجود إرشادات راسخة حول مثل هذا التصميم. يستمر الفريق بالبحث عن طريقة لتوليد قوة أكبر، ويقول موناي

إنهم ينوون توسيع كل من الصور البصرية واللمسية من بعدين إلى ثلاثة أبعاد، ثم سيسعون لتصميم هولوغرام ثلاثي الأبعاد قابل للمس يسمح بتفاعل متبادل سلبي وإيجابي.

يعمل الأستاذ المساعد مايكل بايج Michael Page، في كلية الفنون في جامعة تورنتو (اوكاند) Toronto's OCAD University على نقل بيانات طبية وعلمية إلى الجيل الجديد من التقانة الهولوجرامية، مع تراكب بعض البيانات كي تصبح تفاعلية (قابلة للمس). صنع فريقه أدوات محاكاة لطلاب كلية الطب البشري، مما وفر لهم تقانةً بصريةً مجسمة تُسقط صوراً ثلاثية الأبعاد دون أن يتطلب ذلك من المستخدم وضع نظارات.

يقول بايج: "تقع الهولوجرامات في قمة أنظمة الرؤية الحسية المجسمة، ولا يوجد أي وسط آخر يقدم إحساساً أكثر واقعية منه". ويضيف: "إن ابتكار نظام بصري مستقل للهولوجرامات هو أحد التحديات الرئيسية".

عمل طالب الدكتوراه شون غاستافسون Sean Gustafson (الذي تخرج قبل حين) في معهد هاسو بلانتير Hasso Plattner في ألمانيا على تقانة فراغية تفاعلية جديدة، كوضع هاتف ذكي iPhone تخيلي على راحة يدك. أكمل باتريك بوديش Patrick Baudisch وزملاؤه في جامعة بوتسدام Potsdam هذا العمل لاستكشاف "واجهات تخاطب مُتخيلة" أخرى (كالواجهات الفائقة الحركة من دون شاشة)، وخصوصاً بالنظر إلى إشارات لمسية، فراغية، بصرية ومحسوسة.

"يراهن بوديش وفريقه على شيء حقيقي الآن" بدلاً من الخداعات البصرية، وذلك بالعمل على تطوير معدات تصنيع شخصية تعمل بنسب تفاعلية، تصبح في نهاية المطاف قريبة من الزمن الحقيقي. يطبع جهاز واير برينت WirePrint الخاص ببوديش وفريقه -وهو نتاج تعاون بين معهد هاسو بلانتير وجامعة كورنيل Cornell- أجساماً ثلاثية الأبعاد على شكل عروض ذات أطر سلكية للنمذجة الأولية السريعة، وذلك عن طريق بثق الخيوط مباشرة إلى الفضاء الثلاثي الأبعاد عوضاً عن طبع شرائح. يشرح بوديش: "يتفاعل المستخدمون عن طريق التلاعب بالشكل الثلاثي الأبعاد للجهاز تفاعلياً، في حين تأتي معظم المعرفة من الآلة داعمةً بذلك المستخدمين في العملية".

هناك مقارنة أخرى ألا وهي "قفازات البيانات" data gloves. يقول باتريك جوته Patrick Göthe في جامعة تشالمرز Chalmers في السويد: "يعتمد النموذج القادم لتقانة المستهلك في المقام الأول على نقل واجهة شاشة التفاعل بسلاسة إلى محيطنا على شكل هولوغرامات وإسقاطات". يقوم المبدأ على قفاز جزئي يغطي الإبهام والسبابة ويتصل بالرسغ، ويستطيع التفاعل مع لوحة مفاتيح هولوغرافية عن طريق رؤوس أصابع حساسة للمس.

من المحتمل أن تصبح الإشارة اللمسية تياراً سائداً. فقد أعلنت آبل Apple عن لوحة التتبع فورس نتش Force Touch trackpad في جهاز ماك بوك برو 2015 الأول MacBook Pro، ووصفته مجلة آبل إنسايدر AppleInsider (<http://bit.ly/1FKi2bg>) بأنه "عمل هندسي فذ". إذ تشعر بالضغطات كنفقات صغيرة تنقر إصبعك. تسمح لك واجهات تطبيق البرنامج الحساسة بالضغط أيضاً بكتابة توقيك على لوحة التتبع، وبضغط أكبر تولد خطوطاً أعرض. قد أدمجت الإشارة اللمسية بالفعل ضمن تحديث أي موفي iMovie 10.0.7، وهناك من دون شك المزيد من التطبيقات لنظم التشغيل OS X وغيرها من أجهزة iOS في الانتظار.

## اللمس في المستقبل

يمكن للهولوجرامات الثلاثية الأبعاد القابلة للمس أن توسع استعمال التفاعل اللمسي إلى مجالات غير تقليدية. نعرض فيما يلي بعض التطبيقات العملية:

**العقارات:** تسمح التطويرات الأخيرة في الإشارات للمسية للمشترين المحتملين بلمس طبيعة السطوح في منزل ما عند مشاهدته في جولة رقمية، كلمس الجدران الحجرية الخشنة، أو الرخام الأملس أو غيرها. في الوقت الحالي، يتوفر إمكان تلمس طبيعة السطوح في عينة سطوح محدودة ولا تتوفر لكل أنواع السطوح الموجودة فعلياً. لكن تبقى هذه التقنية أداة مفيدة للمبيعات.

**الفحص الطبي:** عند دمج الهولوجرامات للمسية في التصوير المقطعي المحوسب CT، والتصوير بالتجاوب المغناطيسي MRI والمسح بالأمواج فوق الصوتية لمنطقة من الجسم، سيستطيع الجراحون الإحساس بالورم مثلاً، قبل إجراء عملية جراحية واقعية. تتوفر هذه التقنية بالفعل تجارياً لدى شركات مثل شركة تصوير ريل فيو RealView، التي ابتكرت تصويراً طبياً هولوغرافياً خاصاً للتصوير التشخيصي والتداخلي القلبي.

التطبيقات الأخرى المحتملة: وتضم رواد المتاحف الذين يسكون آثاراً لا يمكن استبدالها في حال خسارتها؛ والطهاة بأصابعهم الدقيقة الذين يتصفحون الوصفات؛ والمستخدمين الذين يتجنبون الجرائم المختلفة الموجودة على لوحة مفاتيح الصراف الآلي وغيره من الأجهزة الإلكترونية للمسية في الأماكن العامة، والمستخدمين المكفوفين الذين يتحسون واجهاتهم التخاطبية الافتراضية. توجد إمكانات هائلة لاستغلال هذه التقنية في المجال العسكري والأمني والقطاع التربوي إضافة إلى الفنون.

### سنوات مضيئة قادمة

وفقاً لتقرير "سوق الشاشات الهولوجرافية" الصادر في كانون الثاني 2015 الذي نشرته ماركتستاند ماركتس MarketstandsMarkets، سيشهد سوق الشاشات القابلة للمس نمواً بمعدل سنوي مركب يفوق 30% ليبلغ 3.57 بليون دولار عام 2020، لعلّ هذا من شأنه أن يشجّع الباحثين الذين يتحسون طريقهم نحو حلول هولوغرافية لم يحلموا بها من قبل.

### قراءات للاستزادة

- Gustafson, S. (2013). Imaginary interfaces. Doctoral dissertation, Hasso Plattner Institute, University of Potsdam. <http://bit.ly/1IL02DG>
- Gustafson, S., Holz, C., and Baudisch, P. (2011). Imaginary phone: Learning imaginary interfaces by transferring spatial memory from a familiar device. In Proceedings of UIST 2011, 283-292. <http://bit.ly/1yuQ8Tu>
- Hoshi, T., Takahashi, M., Nakatsuma, N., and Shinoda, H. (2009). Touchable holography. Proceedings of SIGGRAPH 2009. <http://bit.ly/1JK14ju>
- Long, B., Seah, S.A., Carter, T., and Subramanian, S. (2014). Rendering volumetric haptic shapes in mid-air using ultrasound. ACM Transactions on Graphics, vol. 33. <http://bit.ly/1DHqIrl>
- Obrist, M., Seah, S.A., and Subramanian, S. (2014). Talking about tactile experiences. Proceedings of ACM CHI 2013 Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1659-1668). Paris, France. <http://bit.ly/1yrmCln>

**لوغان كوغلر**

كاتب عن التكنولوجيا، مستقل، مقره في تامبا Tampa فلوريدا. كتب أكثر من 60 منشوراً رئيسياً.

# أمن الهواتف النقالة والحدود السحابية في

## مجال العناية الصحية

### SECURITY FOR MOBILE AND CLOUD FRONTIERS IN HEALTHCARE\*

David Kotz, Kevin Fu, Carl Gunter, Avi Rubin

ترجمة: د. أميمة الدكاك  
مراجعة: د. عمران قوبا

على مصممي تقانات معلومات العناية الصحية ومطوريهما، الاهتمام بالضعف الأمني الموجود وبالتهديدات المستقبلية غير المشخصة.

"أخافُ اليوم الذي تقتل فيه متطلباتك الأمنية أحدَ مرضاي" قالها أحد الأطباء الممارسين لخبراء الأمان حين اقترحوا أماناً مُحسناً لنظام معلومات سريري (طبي). كل خبير أمني معتاداً للتحديات الناتجة عن نشر ممارسات أمنية قوية حول نظم معلومات المؤسسة (الشركة) وعلى تحفظ المشاركين (أصحاب المصلحة) ذوي النيات الحسنة ولكن غير المتعاونين. في الوقت نفسه، يمكن أن تكون الحلول الأمنية مرهقة كما يمكن أن تؤثر في نتائج المريض.

لتقانات المعلومات إمكانات واسعة لتحسين العناية الصحية، فهي تُعد بنفاذ متزايد (إلى المعلومات) وبجودة أفضل وتكاليف أقل. وبلاستفادة من هذه الفرص، يزيد العديد من منظمات العناية الصحية من استعمالها للأجهزة النقالة والخدمات السحابية والسجلات الصحية الإلكترونية (EHR) (Electronic Health Records). وتشجع جهات تخطيط الضمان (الصحي) والعناية المحاسبية على مراقبة المريض بانتظام أو حتى مراقبته باستمرار. إضافة إلى ذلك، وجدت صحيفة "واشنطن بوست" أن تقانات المعلومات للعناية الصحية ضعيفة وأن منظمات العناية الصحية متأخرة في معالجة المشاكل المعروفة [9]. وركزت خروجاً حديثاً في اثنتين من أهم شركات الضمان الصحي [1,7] على هذه النقطة: تتجه صناعة العناية الصحية إلى الأتمتة والسجلات الموصولة بالشبكة، إلا أنها متأخرة في معالجة الأمان والخصوصية، وتأتي في درجة أدنى فيما يتعلق بمفهوم الأمان السبراني [3].

ستكون فوائد تقانات المعلومات في العناية الصحية صعبة المنال إذا لم تُعالج مشاكلها على نحو مناسب. وفي استطلاع حديث للرأي، في قطاع الصحة والصحة النقالة [12]، يبقى الأمان أحد أهم الاعتبارات، وقد بيّن البحث المخاطر

\* تُشير هذا البحث في مجلة *Communications of the ACM*، المجلد 58، العدد 8، آب (أغسطس) 2015، الصفحات 21 – 23.

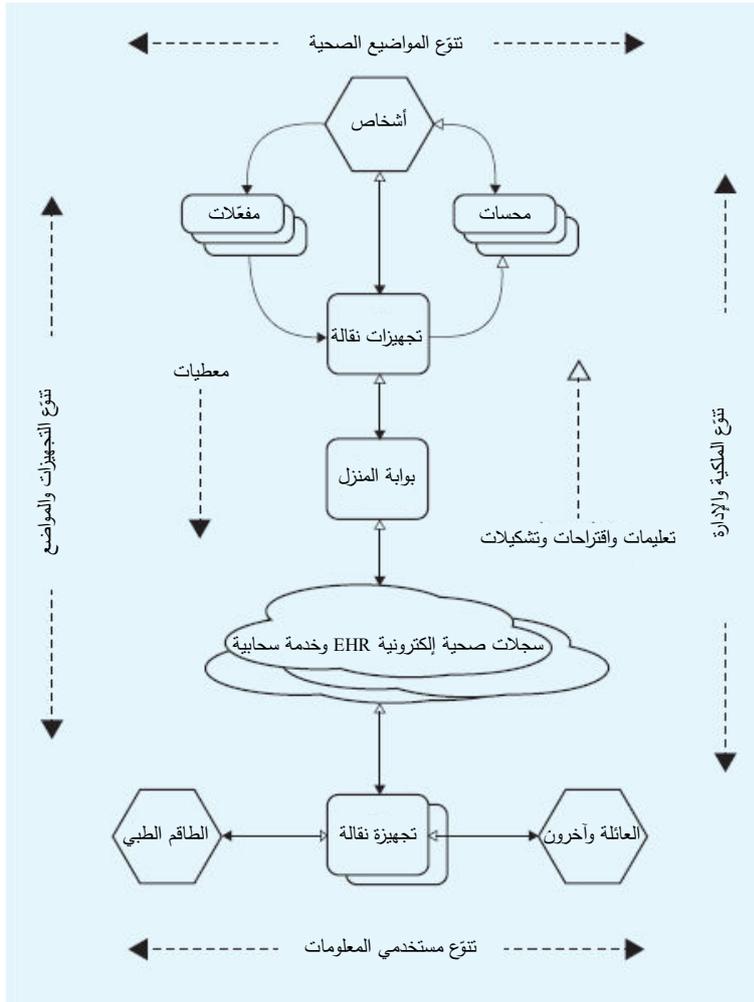
الناجمة عن الهجوم السبراني على التجهيزات الطبية مثل الناظمة القلبية [5] peace makers. ويقول أكثر من ثلثي المشاركين في الاستطلاع (69% منهم)، أن أمن نظم معلومات المؤسسات لا يوافق توقعاتهم المتعلقة بالتجهيزات الطبية التي أقرتها إدارة الأغذية والأدوية الأمريكية [6] (Food and Drug Administration) FDA. حماية الخصوصية ضرورية أيضاً في تقانات معلومات العناية الصحية؛ ومع أن هذه المقالة تركز على الأمان، فإنه علينا أن نلاحظ أن العديد من الثغرات breaches الأمنية تقود إلى تسريب المعلومات الشخصية، ولهذا الأمر تأثير في خصوصية المريض.

## تحديات البحث الجوهرية

يبين الشكل المرافق مدى تعقيد علاقات الثقة المعنية. يتنوع مستخدمو المعلومات الطبية: تمثل العائلات، والأطباء، والباحثون، وشركات الضمان، والموظفون بعض الأمثلة. ومن يزود بالمعلومات متنوعون أيضاً: المرضى العاديون، والرياضيون الأصحاء، والأطفال، والمسئون وغيرهم. التجهيزات النقالة والنظم السحابية متنوعة أيضاً ويديرها العديد من

المؤسسات. والنتيجة خليط معقد من علاقات الثقة ومقتضيات مرتتبة على كل من التقانة والبيئة الاجتماعية والاقتصادية والتنظيمية التي تعمل ضمنها التقانة.

يمكن أن يساعد مصممو تقانات المعلومات للعناية الصحية ومطوروها، بتصميم أمان داخل التجهيزات والتطبيقات والنظم، وبتطوير سياسات وممارسات تعترف بحقوق الأفراد المتعلقة بتجميع المعلومات عنهم: أين يجب خزن هذه المعلومات؟ كيف سيجري استعمالها؟ ومن سينفذ إليها؟ على الباحثين تطوير طرائق للاستيقان، وتحديد الهوية، وإخفاء هوية المعطيات، وضمان البرمجيات، وإدارة التجهيزات والنظم - وعلى العوامل البشرية أن تؤدي دوراً مهماً في كل هذه الطرائق. نصف فيما يلي بعض أكثر التحديات أهمية التي تواجه هذا البحث:



علاقات الثقة المعقدة المتعلقة بتقانات معلومات العناية الصحية.

**أدوات استيقان قابلة للاستعمال.** تطرح تقانات المعلومات الصحية الكثير من المشاكل الملحة (المتطلبية) بشأن استيقان المستخدمين أنفسهم لهذه النظم. يمكن لآليات الاستيقان التقليدية مثل كلمات السر أن تقطع سير العمل وتتداخل مع المهمة الأساسية للعناية بالمريض. يجب أن تُدمج آليات استيقان جديدة في فضاء العمل السريري، معترفين بأن الطاقم الطبي يرتدي غالباً قفاز<sup>1</sup> وأقنعة (تجنّب الحول المعتمدة على تعرّف الوجه وبصمات الأصابع)، ويستعمل هواتف ذكية وحواسيب مكتبية ومحمولة ولوحية.

يجب ألا تُحدّ نظم السجلات الصحية الإلكترونية تحكّماً (اعتباطياً) من اطلاع الطاقم الطبي، على كل السجلات- إذ إن رفض النفاذ، في حالة إسعافية، قد يؤدي إلى تأخير العناية وربما إلى الموت. إن احتياطات "كسر الزجاج" للكثير من السجلات الصحية الإلكترونية توفر النفاذ الإسعافي إلى سجلات المريض، إلا أنها تتيح معلومات أكثر مما نحتاج إليها في العناية. يجب أن تعرض آليات كسر الزجاج سجلات المريض على مراحل للتزويد بالمعلومات الضرورية دون التزويد بمعلومات أكثر بكثير، ويجب أن تطلق آليات تدقيق مؤسساتية وآلية.

يُطلب من المرضى على نحو متزايد استعمال (أو ارتداء) تقانات صحية نقالة (mHealth) خارج البيئة السريرية، ولكن قد لا يرغبون في أن تكشف المعطيات الصحية النقالة نشاطاتهم التفصيلية. قد يرغبون في تعليق إعطاء تقارير مُدداً من الزمن، أو منع النظم من خزن أو مشاركة المعطيات غير المهمة مباشرة لمعالجة حالتهم. يجب أن تفصل الآليات بين جمع المعطيات وتحليلها وعرضها، للحدّ من المعطيات التي تنتقل خارج دائرة ثقة المريض. كذلك، يجب أن تكون هذه الآليات سهلة الفهم والاستعمال، وأن تشير إلى كيفية جمع المعطيات وتخزينها ومشاركتها. يجب أن يتوفّر توصيف قبول (اتفاق) دقيق، يدير التعامل البيئي بين النظم الصحية النقالة والسجلات الصحية الإلكترونية، وأن ينتقل هذا التوصيف مع المعطيات التي تتدفق من نظام إلى آخر. إن أساس أيّ حلّ يدعم الخصوصية هو نظام أمن بالآليات قوية لتحديد هوية المستخدمين واستيقانها.

يمكن انخفاض تكلفة إيجاد الخريطة الصبغية<sup>2</sup> (الجينية) من إيجاد جيل جديد من الطب العالي الدقة. ومع أن هذه التقنية واعدة جداً، فإنه يجب معالجة قضايا أساسية: كيف يمكن للمرضى النفاذ إلى معلوماتهم الجينية؟ وكيف يتحكمون بمشاركتها مع مختصّي الصحة؟ وكيف يمكن توفير خدمات "إلى المستهلك مباشرة" بأفضل طريقة، مثل دعم الاستكشافات الجينية [8].

**تحكم جدير بالثقة في التجهيزات الطبية.** إن التجهيزات الطبية المتطورة اليوم، مثل مضخات نقل الدم ومراقب (شاشات مراقبة) الإشارات الحيوية موصولة على نحو متزايد إلى شبكات (من الممكن عن طريق الإنترنت)، وتنفذ برمجيات لابد منها من حيث الأمن. قد يكون للتجهيزات الطبية القادرة على الاتصال بالشبكة ضعفٌ فيما يخص أمنها السريري، وقد يكون لهذا نتائج على أمان المريض. يجب أن تتضمن التجهيزات الطبية دفاعات تجاه الضعف المعروف حالياً، والتهديدات المتوقعة في المستقبل [2].

يجب أن تُحمى التجهيزات الطبية من البرمجيات الخبيثة العادية التي تهاجم نظم تشغيلها القديمة. يمكن أن تخترق البرمجيات الخبيثة مثل Conficker و botnet النظم غير المصنوعة بسهولة؛ توفر نظم التشغيل القديمة خزانات كبيرة

<sup>1</sup> جمع قفاز.

<sup>2</sup> Genome sequencing: الخريطة الجينية: تتالي الحموض الأمينية في الصبغيات.

لبرمجية الودودة Conficker، ويمكن أن يكون للتجهيزات الطبية دورة حياة طويلة فتبقى مع برمجيات نظم تشغيل قديمة. لقد لوحظت آلات تصوير بالرنين المغناطيسي<sup>3</sup> تعمل بنظام التشغيل Windows 95، ومبرمجيات نواظم قلبية جرى تحديثها من نظام التشغيل OS/2 إلى Windows XP، وبرمجيات مركبات صيدلانية pharmaceutical compounders تعمل بنظام التشغيل Windows XP Embedded.

يجب أن تتحمل التجهيزات الطبية التهديدات التي توافقت دورة حياة المنتجات المستقبلية، ولكن، من الصعب ضمان أمان الجهاز على مدى عشرين عاماً. لا يمكن للحاسوب المكتبي من طراز العام 1995 أن يتحمل التهديدات الحالية من البريد غير المرغوب، والبرمجيات الخبيثة والتحميل من السواقات والتصيد. يصعب تصميم تجهيزات طبية في حالة التهديدات المتطورة. وبحسب الإدارة الطبية<sup>4</sup> Veterans Administration، يمكن أن تدخل البرمجيات الخبيثة من طريق تجهيزات USB<sup>5</sup> التي يستعملها المقاولون لتحديث برمجيات التجهيزات الطبية. نحتاج إلى طرائق أفضل لهندسة برمجيات آمنة وضمان تشغيل البرمجيات الصحيحة. نحتاج أيضاً إلى تحسينات تكشف محاولات الهجوم الشبكية (السلوكية واللاسلكية) وإلى التعامل مع الهجمات الجارية دون التقريط (المساومة) بأمان المريض. قد لا تعمل الحلول الموجهة للحواسيب المكتبية والمخدّمات في حالة التجهيزات الطبية. وللاستزادة حول هذا الموضوع تُنظر مقالة Communication للكاتب سامتغر Sametinger وآخرون [10].

**الثقة من خلال المحاسبة.** توفر تقانات المعلومات الصحية أساساً للتشخيص والمعالجة واتخاذ قرارات طبية أخرى. يجب أن يكون بالإمكان الاعتماد على هذا الأساس وأن يستحق الثقة في أن معاً. الأمن التقني أساسي، إلا أن الثقة تعتمد اعتماداً جوهرياً على أطر العمل الاجتماعية والتنظيمية والقانونية التي تقف وراء النقانة. يجب أن تخضع تقانات المعلومات الصحية للمحاسبة، وهذا يعني أن الناس والمؤسسات يجب أن يكونوا مسؤولين عن الطرائق التي يستعملون بها هذه النظم. يجب أن تدعم مؤسسات مسؤولية النظم المُشكّلة بحيث توفر نفاذاً للعديدين فتحدّد من ينفذ إليها ومتى ينفذ. يجب أن تكون آليات "كسر الزجاج" مقودة ببروتوكولات حول: من يستطيع كسر الزجاج، وبأية غاية.

سجل التدقيق ضروري في كل نظم تقانات المعلومات الصحية لمراقبة السلوكيات الخاطئة buggy أو غير المناسبة، ولدعم تحليل "ما بعد الحدث"، إضافة إلى تطوير التحكمات المناسبة في النفاذ [4]. لقد جرت دراسة معمقة لسجلات التدقيق والمحاسبة لسجلات مرضى المشافي، أما النظم والتجهيزات النقالة فتحتاج أيضاً إلى تدقيق صارم (دقيق). يمكن أن يكون التحليل المؤتمت (الآلي) في النظم الطبية مفيداً، وكذلك إمكان كشف الحالات الشاذة (مثل: فحص أعضاء من الطاقم لسجلات نادراً ما تُفحص، أو تغيير إعدادات جهاز من قبل شخص ليس مخولاً عادة بالنفاذ إلى الجهاز). يجب أن تُفرض قيود النفاذ وفقاً لتدفق عمل المعطيات و/أو لنماذج يجري تدريبها بواسطة التعلم الآلي لإنقاص الاعتماد على محاسبة ما بعد الحدث. ثمة فرص بحثية عديدة في هذا المجال.

<sup>3</sup> MRI Magnetic Resonance Imaging: التصوير بالرنين المغناطيسي.

<sup>4</sup> حرفياً "إدارة المحاربين القدامى".

<sup>5</sup> Universal Serial Bus: يشير إلى جهاز خزن حاسوبي صغير يُربط إلى الحاسوب بواسطة منفذ تسلسلي يناسبه.

## النتيجة

يجب على جمهور الباحثين مناقشة الكثير من التحديات الأساسية والعملية لتمكين تقانات المعلومات الخاصة بالعناية الصحية من الوصول إلى مستوى الأمان الضروري لجعلها مُعتمَدةً على نطاق واسع ومنتشرة بنجاح. فيما يتعلق بالأطباء وباقي مقدّمي العناية الصحية، لكي يعتمدوا حلولاً أكثر أمناً، يجب أن تكون هذه الحلول مفيدة وتقع ضمن أعمالهم السريرية. وفيما يتعلق بالمرضى وأفراد العائلة، لكي يقبلوا بهذه التقانات، نحتاج لأن تكون هذه الحلول مريحة وتحافظ على خصوصية معلوماتهم الشخصية، وأن يكونوا قادرين على استعمال هذه الحلول الأمنية التي تدعم آليات الخصوصية هذه. إننا ندعو مجتمع الباحثين لمعالجة هذه التحديات من أجلنا.

## المراجع

- [1] Eastwood, B. Premera says data breach may affect 11 million consumers. *FierceMobileHealthcare* (Mar. 18, 2015); <http://www.fiercehealthit.com/story/premera-says-data-breach-may-affect-11-millionconsumers/2015-03-18>.
- [2] Fu, K. Trustworthy medical device software. In *Public Health Effectiveness of the FDA 510(k) Clearance Process: Measuring Postmarket Performance and Other Select Topics*. IOM (Institute of Medicine) Workshop Report, National Academies Press, Washington, D.C., July 2011; <https://spqr.eecs.umich.edu/papers/fustrustworthy-medical-device-software-IOM11.pdf>.
- [3] Gagliord, N. Healthcare cybersecurity worse than retail: BitSight. (May 28, 2014); <http://www.zdnet.com/article/healthcare-cybersecurity-worse-than-retail-bitsight/>.
- [4] Gunter, C.A., Liebovitz, D.M., and Malin, B. Experience-based access management: A life-cycle framework for identity and access management systems. *IEEE Security & Privacy* 9, 5 (Sept./Oct. 2011); DOI 10.1109/MSP.2011.72.
- [5] Halperin, D. et al. Pacemakers and implantable cardiac defibrillators: Software radio attacks and zero-power defenses. In *Proceedings of the IEEE Symposium on Security and Privacy (S&P)*. IEEE Press (May 2008), 129–142; DOI: 10.1109/SP.2008.31.
- [6] Ponemon Institute. Third annual benchmark study on patient privacy and data security (Dec. 2012); [http://www.ponemon.org/local/upload/file/Third\\_Annual\\_Study\\_Patient\\_Privacy\\_FINAL5.pdf](http://www.ponemon.org/local/upload/file/Third_Annual_Study_Patient_Privacy_FINAL5.pdf).
- [7] Millions of Anthem customers targeted in cyberattack. *New York Times* (Feb. 5, 2015); <http://www.nytimes.com/2015/02/05/business/hackers-breached-data-of-millions-insurer-says.html>.
- [8] Naveed, M. et al. Privacy in the genomic era. *ACM Comput. Surv.* 48, 1, Article 6 (July 2015); DOI: <http://dx.doi.org/10.1145.2767007>.
- [9] O’Harrow, Jr., R. Health-care sector vulnerable to hackers, researchers say. *Washington Post* (Dec. 2012); [http://articles.washingtonpost.com/2012-12-25/news/36015727\\_1\\_health-care-medical-devicespatient-care](http://articles.washingtonpost.com/2012-12-25/news/36015727_1_health-care-medical-devicespatient-care).
- [10] Sametinger, J., Rozenblit, J., Lysecky, R., and Ott, P. Security challenges for medical devices. *Commun. ACM* 58, 4 (Apr. 2015), 74–82; DOI 10.1145/2667218.
- [11] White House. FACT SHEET: President Obama’s Precision Medicine Initiative (Jan. 30, 2015); <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2015/01/30/factsheet-president-obama-s-precision-medicine-initiative>.
- [12] Whittaker, R. Issues in mHealth: Findings from key informant interviews. *Journal of Medical Internet Research* 14, 5 (May 2012); DOI 10.2196/jmir.1989.

# علم الشبكات وعلم الوب وعلم الإنترنت

## NETWORK SCIENCE, WEB SCIENCE, AND INTERNET SCIENCE\*

Thanassis Tiropanis, Wendy Hall, Jon Crowcroft, Noshir Contractor, Leandros Tassioulas

ترجمة: د. خالد مصري  
مراجعة: د. أديب بطح

استكشاف ثلاثة مجالات متعددة الاختصاصات ومدى تراكبها. هل هي كلها جزء من مجال واحد أوسع؟

حفزَ رصد الأشكال النمطية التي تُميّز الشبكات، من البيولوجية إلى التقنية والاجتماعية، وأثر الوب والإنترنت في المجتمع والأعمال، البحوث المتعددة الاختصاصات إلى تطوير فهمنا لهذه الأنظمة. وقد كانت دراستها موضوعَ بحوث علم الشبكات عدداً من السنوات. مع ذلك، شاهدنا أخيراً نشوء مجالين جديدين متعددي الاختصاصات: علم الوب وعلم الإنترنت. يُمكن أن يُعزى علم الشبكات إلى منشئه الرياضي الذي يعود إلى العمل الأصيل seminal للعالم ليونار أولر Leonard Euler حول نظرية المبيان<sup>15</sup> graph theory في القرن الثامن عشر، وإلى أصله العلمي الاجتماعي، بعد قرنين،

بواسطة جهود الطبيب النفسي يعقوب مورينو Jacob Moreno<sup>25</sup> لتطوير علم "قياس العلاقات الاجتماعية" sociometry<sup>1</sup>. بعد ذلك بوقتٍ قصير، تناول علماء النفس<sup>2</sup> وعلماء الأنثروبولوجيا<sup>23</sup> anthropologists وعلماء الاجتماع الآخرون الإطار الرياضي لنظرية المبيان لتوليد علمٍ متعدد الاختصاصات يُسمى الشبكات الاجتماعية. توسّع علم الشبكات الاجتماعية المتعدد الاختصاصات أكثر من ذلك في نهاية القرن العشرين، مع انفجار الاهتمام باستكشاف الشبكات في النظم البيولوجية والفيزيائية والتقنية. وبرز مصطلح علم الشبكات الذي نشأ كمجالٍ متعدد الاختصاصات يعتمد على علوم مثل الفيزياء والرياضيات وعلم الحاسوب والبيولوجيا والاقتصاد وعلم الاجتماع، ليضم الشبكات التي ليست اجتماعية

### الأفكار الرئيسية

- يهدف علم الوب وعلم الإنترنت إلى فهم تطور الوب والإنترنت على الترتيب، والإعلام بالمناقشات عن مستقبلها. تؤدي هذه الأهداف إلى أولويات مختلفة في برامج بحثها، مع أن مجتمعيهما يتراكبان.
- يهدف علم الشبكات إلى فهم تطور الشبكات بقطع النظر عن مكان نشوئها ويشمل ذلك: الإنترنت بوصفها شبكة تُحوّل المعلومات وتُمرّرها بين الناس والأشياء، والوب بوصفها شبكة إبداعٍ وتعاون.
- نقترح مشاركة وتنسيق البنى الأساسية لمعطيات البحوث نظراً لتكاملها الفكري ولأنها تطورت في هذه المجتمعات الثلاثة المتعددة الاختصاصات.

\* نُشر هذا البحث في مجلة *Communications of the ACM*، المجلد 58، العدد 8، آب (أغسطس) 2015، الصفحات 76 – 82.

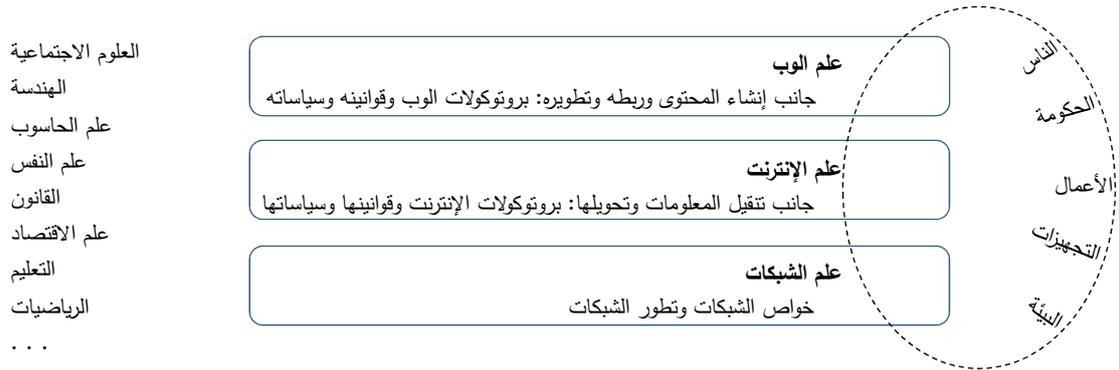
<sup>1</sup> الدراسة الكمية للعلاقات ضمن مجموعة من الأشخاص وقياس هذه العلاقات. (المترجم)

بالضرورة.<sup>35,26</sup> تستدعي دراسة الشبكات تطوير نماذج تفسيرية explanatory لفهم نشوء الشبكات، وبناء نماذج تنبئية للتكهن بتطور الشبكات، وبناء نماذج تنبئية لاستمثال مخرجات الشبكات. إحدى الركائز الرئيسة لعلم الشبكات هي تحديد المبادئ والقوانين المشتركة التي يقوم عليها، والتي تُطبق على شبكاتٍ شديدة الاختلاف، واستكشاف أسباب تغير هذه الأشكال النمطية في بعض الحالات. لقد أسرت شبكتنا الإنترنت والوب مخيلة علماء شبكات كثيرين، نظراً لنموهما وأثرهما المذهلين.<sup>13</sup> إضافةً إلى ذلك، حافظ نشوء الشبكات الاجتماعية على الإنترنت وإمكان دراسة التفاعلات على الإنترنت على نطاق عالمي ضخم، على وعد علماء الشبكات بإلقاء مزيدٍ من الإضاءات الممكنة والقيمة على تطور الشبكات.<sup>24</sup>

**علم الوب<sup>6</sup>** هو مجالٌ متعدد الاختصاصات وهو الأكثر حداثةً من مجموعة العلوم، ويدرس الوب ليس فقط على مستوى الإبداعات التقانية الصغيرة (مستوى صِغري مكروي)، ولكن كظاهرة تؤثر في الأنشطة الاجتماعية والاقتصادية على الصعيد العالمي (مستوى كِبري ماكروي) أيضاً؛ ويمكن اعتباره، إلى حدٍ بعيد، نظريةً وممارسة الآلات الاجتماعية على الوب. وضع تيم برنرز-لي Tim Berners-Lee تصوّر الآلات الاجتماعية في عام 1999 على أنها مصنوعات يُجري الناس فيها الأعمال الإبداعية والآلات الوسيطة.<sup>3</sup> يمكن أن توفرّ تقانات الوب الدلاليّ والمعطيات المترابطة linked الوسائل لتمثيل المعرفة ومحاكمتها، وتُمكن مزيداً من الدعم للآلات الاجتماعية.<sup>20</sup>

تتطلب دراسة الوب وتأثيره نهجاً متعدد الاختصاصات لا يُركّز على المستوى التقاني فقط، بل على المستويات الاجتماعية والسياسية والتجارية أيضاً. يُشكّل إرساء العلاقة بين هذه المستويات، وفهم كيفية تأثير بعضها في بعض، واستثمار القوانين المحتملة التي تقوم عليها واستكشاف طرق الاستفادة من هذه العلاقة في المجالات المختلفة للأنشطة البشرية، جزءاً كبيراً من برنامج agenda بحوث علم الوب. يعتمد علم الوب على اختصاصات تتضمن العلوم الاجتماعية، مثل الأنثروبولوجية، والاتصالات والاقتصاد والقانون والفلسفة والعلوم السياسية وعلم النفس وعلم الاجتماع، إضافةً إلى علوم الحاسوب وهندسته. يقوم التركيز الأساسي لبرنامج بحوث علم الوب على فهم كيفية تطور الوب بوصفه ظاهرة اجتماعية-تقنية، وعلى كيفية التحقق من أن الوب سيستمر في التطور وفي نفع المجتمع في السنوات القادمة.

**علم الإنترنت.** وفّرت الإنترنت البنية الأساسية التي يعتمد عليها الكثير من الأنشطة البشرية اعتماداً كبيراً. بعد بضعة عقودٍ فقط من نشوء الإنترنت، أصبح من البديهي أنه إذا لم تعد الإنترنت متاحةً، فإن العواقب على المجتمع والتجارة والاقتصاد والدفاع والحكومة ستكون وخيمةً جداً. يُنسب نجاح الإنترنت غالباً إلى نموذج الإدارة الموزعة الذي تتميز به، وإلى مبدأ حيادية الشبكة وانفتاحها<sup>14</sup>. في الوقت نفسه، برزت مخاوفُ ترتبط بالخصوصية والأمن والانفتاح والاستدامة، وأجريت البحوث حولها، لأنها غالباً ما تكون في مركز الطعون القانونية على الإنترنت<sup>11</sup>. يُمكن النظر إلى الإنترنت على أنها بنية أساسية، يجب الحفاظ على قيمتها الاجتماعية<sup>18</sup>. إنها البنية الأساسية التي مكّنت من تطوير الوب مع تطبيقات Peer to Peer (P2P)، والسحابة الإلكترونية cloud في الآونة الأخيرة، وإنترنت الأشياء في المستقبل القريب. لقد قيل إنه يجب الإبقاء على طبقة البنية الأساسية للإنترنت وتلك التي للوب مفصولتين لتشجيع الابتكار<sup>4</sup>. حدّدت دراسةً حديثة عدداً من التوجهات المبدئية التي تحتاج الإنترنت إلى تطويرها؛ وتتضمن هذه التوجهات الجاهزية والشمولية inclusiveness والتصدية scalability والاستدامة والانفتاح والأمن والخصوصية والمرونة resilience. هذا يُحفّز الحاجة إلى بحوثٍ متعددة الاختصاصات في علم الإنترنت، تهدف إلى فهم الآثار النفسية والاجتماعية والاقتصادية لتطور الإنترنت وفق هذه التوجهات المبدئية. لذلك فإن علم الإنترنت هو مجالٌ متعدد الاختصاصات ناشئ يجمع معاً العلماء في هندسة الشبكات



الشكل 1. جوانب علم الوب والإنترنت والشبكات.

والحوسبة والتعقيد complexity والأمن والأمانة والرياضيات والفيزياء و علم الاجتماع والاقتصاد والعلوم السياسية والقانون. ويتمثل هذا النهج تمثيلاً جيداً جداً بالدراسة الطوبولوجية المُبكرة للإنترنت.

**العلاقات المتعددة الاختصاصات.** تعتمد المجالات الثلاثة كلها في هذه الدراسة على عددٍ من الاختصاصات، وهي على الترتيب طبيعة الوب وأثره، والإنترنت والشبكات عموماً، والحكومة والأعمال والناس والتجهيزات والبيئة. مع ذلك، يختبر كل واحدٍ منها كيف تولّد هذه العناصر الفاعلة معاً طرقاً فريدةً، وكيف تطورت على نحوٍ منفصلٍ in distinct، كما يبين الشكل 1. فعلم الوب يتناول الجزء المتعلق بالربط بين هذه العناصر الفاعلة والمحتوى الذي تتفاعل معه، مقيماً الروابط فيما بينها ومفسراً لها. أمّا علم الإنترنت فيتناول جانب الاتصال بين العناصر الفاعلة والموارد مثل الإجراءات التي يمكنها تشكيل مُنقَلٍ relay للمعلومات وتحولها. وأمّا علم الشبكات فيتناول الجانب الخاص بكيفية إبداء هذه الكيانات بعضَ الخصائص، عند اعتبارها جزءاً من الشبكة، وقدرتها على الالتزام بالقوانين التي تقوم عليها، والتي تستطيع أن تساعد على فهم تطورها.

مع ذلك، نحتاج إلى إطار عملٍ لإجراء مقارنةٍ أكثر تفصيلاً، لكي نفهم فهماً أفضل أوجه التشابه والاختلاف بين هذه المجالات، ولإرساء إمكانات التآزر synergies.

### مقارنة المجالات المتعددة الاختصاصات

يحتاج المرء إلى قراءةٍ سريعةٍ لوصفٍ مختصرٍ لكلٍ من هذه المجالات المتعددة الاختصاصات فقط<sup>32و35</sup> ليدرك أنها تُستلّ كلها، وإلى مدىٍ بعيدٍ، من مجموعةٍ متشابهةٍ كثيراً من الاختصاصات. تدلُّ مُخططات Venn التي تُستعمل لتوضيح مشاركة الاختصاصات المختلفة في كل مجال، على هذا التراكم. فمثلاً، يُعدُّ علماً النفس والاقتصاد متعلقين بعلم الشبكات<sup>29</sup> و علم الإنترنت<sup>7</sup> و علم الوب<sup>20</sup>. يمكن أن يؤدي ذلك إلى بروز بعض الأسئلة مثل: "إذا كان هناك الكثير من التراكم، أفلا تكون هذه المجالات واحدةً وهي هي نفسها؟" أو "هل ستندمج كلها في المستقبل؟". وتتضمن أسئلةً أخرى التساؤلات: "أيُّ مجتمعٍ community أشدّ صلةً ببحثي؟" أو "ما هي التطورات التي يمكن أن نتوقعها من كل مجال في المستقبل؟". لاستكشاف هذه الأسئلة، نقترح إطار عملٍ لاختبار هذه المجالات المتعددة الاختصاصات، يتضمن البحث عن الطريقة التي تشكّلت بها هذه المجتمعات، ومختلف لغات الخطاب التي استعملتها هذه المجتمعات في بحوثها.

**تشكّل المجتمعات.** مع أن المجالات المتعددة الاختصاصات الثلاثة لم تنشأ كلها في الوقت نفسه، فيمكن القول أن البحث في هذه المجالات يعود إلى ما قبل تاريخ انطلاقها الرسمي. في الوقت ذاته، يمكن القول أيضاً أن هناك فروقاً في كيفية نشوء المجتمعات حول هذه المجالات.

يمكن تعقّب تشكّل مجتمعات الشبكات الاجتماعية إلى سلسلةٍ من المؤتمرات حول الشبكات الاجتماعية التي انطلقت في السبعينيات<sup>17</sup>، مع الإشارة إلى مؤتمر هامّ عُقد في دارتموث Dartmouth في عام 1975، جمع معاً علماء الاجتماع والأنثروبولوجية وعلماء النفس الاجتماعي وعلماء الرياضيات من الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا. تبع ذلك إطلاق لين فريمن Lin Freeman مجلة الشبكات الاجتماعية في عام 1978، وتأسيس باري ولمن Barry Wellman الشبكة الدولية لتحليل الشبكة الاجتماعية (INSNA) International Network for Social Network Analysis في عام 1976، ومؤتمره السنوي للشبكات الاجتماعية في سانبلت Sunbelt في عام 1981. في بداية التسعينيات، انضم إلى علماء الاجتماع دقق من العلماء من علوم الفيزياء والأحياء الذين بدؤوا باستكشاف الشبكات في الأنظمة الاجتماعية. وقد أُقِرَّ هذا الجهد وحُزِرَ أكثر بإطلاق المؤتمر السنوي لعلم الشبكات NetSci في العام 2006، وبضخّ تمويلٍ كبير من مخبر البحوث العسكرية Army Research Laboratory لتطوير تحالفٍ تقني تعاوني لعلم الشبكات متعدد الاختصاصات Network Science Collaborative Technology Alliance (NS-CTA)، وإطلاق مجلة علم الشبكات Network Science Journal في عام 2013 (<http://journals.cambridge.org/action/displayJournal?jid=NWS>). من الواضح أنه كان هناك مجتمعٌ بالفعل، يشارك بأعمالٍ متعددة الاختصاصات قبل هذه المبادرات بوقتٍ طويل. يمكن الادعاء أن المنهجية التي جرى اتباعها لتشكيل مجتمع علم الشبكات هي منهجيةٌ هجينةٌ من الأدنى إلى الأعلى bottom-up ومن الأعلى إلى الأدنى top-down.

أما مجتمع علم الوب فقد نشأ فُرايةً العام 2006، عندما ساد الاعتقاد بأن فهم أثر الوب جوهرِيٌّ للحفاظ على تطويره في المستقبل. أُسست مبادرة بحوث علم الوب Web Science Research Initiative (WSRI) في عام 2006، وتطورت لاحقاً لتصبح الثقة بعلم الوب Web Science Trust (WST) بوصفها من المنهج من الأعلى إلى الأدنى لتشكيل مجتمع علم الوب. رفعت مبادرة بحوث علم الوب (WSRI) شعار أولئك الذين يجرون أبحاثاً على الوب بوصفه ظاهرة اجتماعية تقنية، ومنهم مجتمع بحوث الشبكات الاجتماعية. وقد اتبع تشكيل مجتمع علم الإنترنت نموذجاً مشابهاً، حيث تُعدُّ الشبكة الأوروبية للتميز في علم الشبكات<sup>32</sup> European Network for Excellence in Network Science (EINS) (<http://www.internet-science.eu>) واحدةً من أعظم الأنشطة أهميةً لجمع بحوث المجتمع في هذا المجال. وقد جرى تأكيد مجالاتٍ مثل الخصوصية وحيادية الشبكة بوصفها أولويات في برنامج علم الإنترنت.

يُمكن القول إن نموذج تشكيل المجتمع من الأعلى إلى الأدنى يُسرّع البحث في مجالاتٍ ناشئةٍ متعددة الاختصاصات، ولكن نجاحها يتطلب استثماراً كبيراً للموارد من الأفراد ومن معاهد البحوث ومن الصناعة أو الحكومة. ومع أن مجتمعي علم الوب وعلم الإنترنت قد تشكّلا وفق النموذج من الأعلى إلى الأدنى، فقد كفل تمويلُ البحوث من معاهد البحوث الرئيسية ومجالس البحوث الوطنية والاتحاد الأوروبي والجهود الكبيرة للأفراد، استدامةً هذين المجتمعين.

**استعمال اللغة المشتركة.** إذا ذهبنا إلى أبعد من تشكل المجتمع، فإننا نلاحظ وجود فروقٍ في اللغة المشتركة (lingua franca) المُستعملة في كل مجال. تشارك علماء الشبكات في البداية نظريةً المبيان بوصفها لغتهم المشتركة، ولكنهم بدؤوا أخيراً باستعمال نماذجٍ مقتبسةٍ من العمليات الفيزيائية (percolation والإنتشار) ونظرية اللعب<sup>13</sup> لوصف

الإجرائيات على المبيانات. كما انتقلوا أيضاً من مقاييس الشبكات الوصفية إلى تطوير تقنيات استنتاجية inferential جديدة، لاختبار الفرضيات الخاصة بتطور شبكة ما اعتماداً على آليات ذاتية التنظيم self-organizing مختلفة.<sup>27,28</sup> وبالنتيجة، فإن استعمال نظرية المبيان ليس بالضرورة أساس بحوث علم الشبكات المعاصر. فضلاً على ذلك، يُستعمل تحليل الأنظمة المعقدة للتعامل مع تغيرات المراحل والانقطاعات بين مختلف أنظمة التشغيل؛ وقد استُعمل لدراسة سبب نفسي الأوبئة المحلية والعالمية epidemics and pandemics على نطاقٍ واسع. بالنتيجة، نُشر العديد من منشورات علم الشبكات في مجلات مثل *Nature*.

لم يعتمد مجتمع علم الوب بحد ذاته لغةً مشتركة حتى الآن، ولكن يمكن القول إن فهم مقاييس الوب وتقاناته ونماذجه (HTTP و XML و JavaScript وتمثيل حالة النقل<sup>2</sup> Representational State Transfer (REST) ونماذج الاتصالات والأنطولوجيات) وأطر النظرية الاجتماعية، هي مكوّنات ما يُمكن أن يتطور إلى لغةٍ مشتركة. وقد رعى اتحاد الوب العالمي<sup>3</sup> The World Wide Web Consortium (W3C) جزءاً كبيراً من النقاش حول موافيق protocols الوب وتداعياتها. يُعدُّ الفهمُ الأساسي لتطور الوب على كلا المستويين المكروي والماكروي أساسَ بحوث علم الوب.

تُستعمل وسائلُ خطابٍ مشابهة في مجتمع علم الإنترنت. تتضمن مكوّنات اللغة المشتركة في علم الإنترنت مجموعةً من مقاييس الإنترنت (RFCs)<sup>4</sup> والتعليقات والتجزئات المرافقة (وحتى رماز C) كما في كتب ستيفن Stevens<sup>30,31</sup>، إضافةً إلى وجود مقيسٍ بالأمر الواقع لتجزئات الأنظمة في التطوير المفتوح المصدر. كما تتضمن أيضاً فهماً أساسياً لمبادئ موافيق الإنترنت والبنية الأساسية (مُسيّرات ووصلات وطبولوجيا الأنظمة المستقلة) وعلم الاجتماع (نماذج ارتباط تقضيي) والقانون والسياسة.

**منهجيات البحث.** تستدعي منهجيات البحث في علم الشبكات نمذجة الشبكة وتحليلها<sup>9,10</sup> على شبكات تتضمن الوب والإنترنت، وإن كانت غير محصورةٍ بهما. وتسود في علم الإنترنت المنهجيات التي تستعمل قياسات ارتباط مستخدم الإنترنت مع الموارد online الموصولة إلى الإنترنت ومع "إنترنت الأشياء" (Internet of Things). وتُستعمل في علم الوب طرائق بحثٍ مختلطة تضم منهجيات تفسيرية ووضعية positivist على نطاقٍ واسع لفهم تطور الوب اعتماداً على مجموعات معطيات الشبكة الاجتماعية الموجودة على الخط online، وسلوكيات الاستعمال clickstream behavior واستعمال معطيات الوب.

يعمل مجتمع علم الوب فيما وراء المنهجيات على توفير راصد علم الوب<sup>33,34</sup>، وهو موردٌ مورّعٌ عالمياً مع مجموعات معطيات وأدوات تحليلية مرتبطةً بعلم الوب. بالمثل، يعمل مشروع EINS على توفير قاعدة أدلة لبحوث علم الإنترنت. ولمجتمع علم الشبكات تقليدٌ قديمٌ بصنع مجموعات معطياتٍ قانونية canonical للشبكة، متاحةً لاستعمال المجتمع ومصحوبةً ببرمجيات تحليل الشبكات مثل<sup>8</sup> UCINET<sup>5</sup> وخازنات ضخمة لمعطيات الشبكات مثل SNAP<sup>22</sup> (Stanford Network Analysis Platform).

<sup>2</sup> أسلوب بِنْيَانٍ لتصميم التطبيقات على الشبكة. (المترجم)

<sup>3</sup> مجتمع دولي يُطوّر مقاييس مفتوحة لضمان النمو الطويل الأمد للوب. (المترجم)

<sup>4</sup> Request for Comment: نوعٌ من النشرات من Internet Engineering Task Force (IETF) ومجتمع الإنترنت، وهي الهيئات المعنية بوضع التطويرات التقنية الرئيسية والمقاييس لعلم الإنترنت. (المترجم)

<sup>5</sup> حزمة برمجيات لتحليل معطيات الشبكة الاجتماعية. (المترجم)

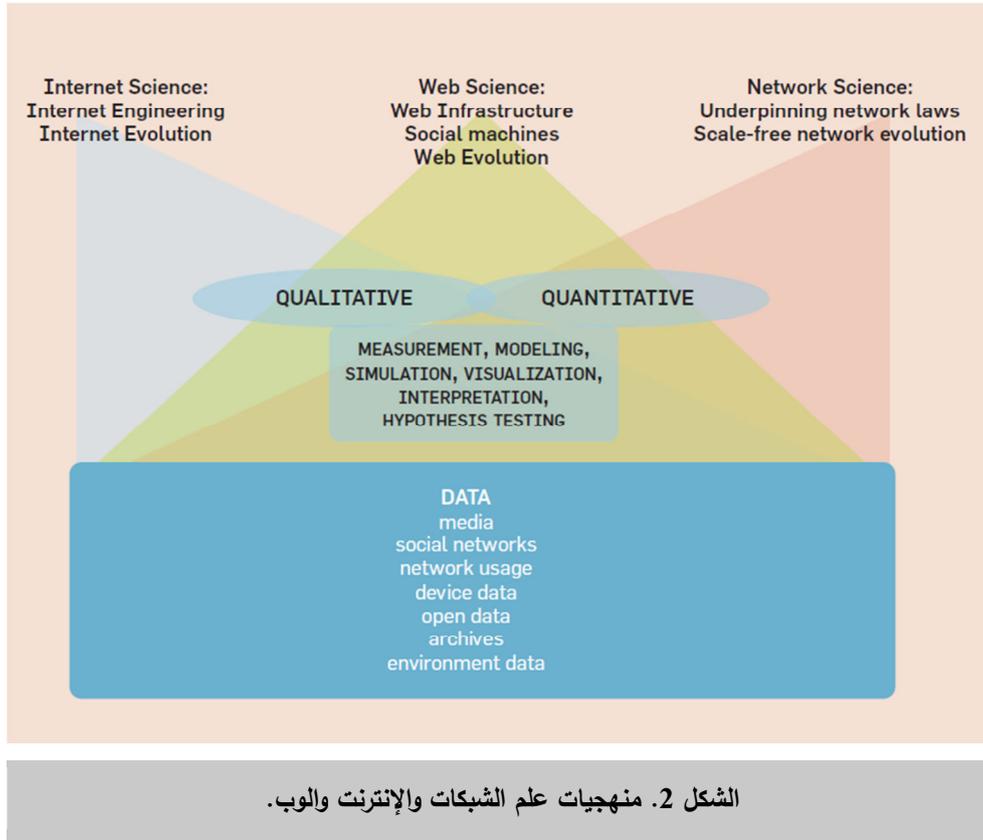
من الواضح أن هناك تراكباً في منهجيات البحث لهذه المجالات الثلاثة:

- ◀ تعتمد على المعطيات المُجمَّعة من الشبكات الاجتماعية والبنى الأساسية والمُحسَّات و"إنترنت الأشياء"؛
- ◀ تستدعي بحوث قياس ونمذجة ومحاكاة وإظهار واختبار فرضيات وتفسير واستكشاف.
- ◀ تستعمل تقنيات تحليلية لتحديد خواص الشبكة كمياً (مجردة أو وهمية أو حقيقية)، إضافةً إلى تقنياتٍ كيفية.

كان هناك تركيزٌ كبير في علم الوب حتى الآن على العلوم الاجتماعية، وعلى نظريات علم الاجتماع ومنهجياته في علم الشبكات، وعلى الموافيق وعلم الحاسوب في علم الإنترنت. مع ذلك، ستتغير مراكز التركيز هذه في المستقبل، وستستمر طرائق البحث أو المعطيات لتمزج بين هذه المجالات الثلاثة. مثلاً، قد لا تبقى المعطيات على إنترنت الأشياء حصرياً على علم الإنترنت، لأنه يمكن ضم تلك المعطيات إلى معطيات السلوك البشري على الوب من منظور علم الوب، أو لاستكشاف نشوء ومُخرجات الشبكات التي توفرها من وجهة نظر علم الشبكات. بالمثل، سَتُستعمل المعطيات الخاصة بسلوك المستخدمين على الوب لاستكشاف مدى استعمال عرض الحزمة في البنية الأساسية للإنترنت. تُشير أنواع القياسات المختلفة إلى حقيقة أن جزءاً من الأبحاث، خاصةً في المجالات المُتشكَّلة من الأعلى إلى الأدنى لعلم الإنترنت وعلم الوب، يرتبط غالباً بأهدافٍ محددة.

بالنظر لهذه المجموعة المشتركة من الطرائق وموارد المعطيات، فإن كل مجالٍ يستعمل طرائق مختلطة للاستفادة من هذه المجموعة بطرقٍ مختلفة وفقاً لبرامج أبحاثهم، كما يوضح الشكل 2. يُحصل على تلك البرامج من أغراض البحوث المختلفة.

**أهداف البحوث.** "يُركِّز علم الوب على الكيفية التي بها يُمكننا فعل الأشياء على نحوٍ أفضل، في حين يُركِّز علم الشبكات تركيزاً أكبر على كيفية عمل الأشياء"<sup>36</sup>، يُشير "فعل الأشياء على نحوٍ أفضل" إلى رفع قدرة الوب وضمان استدامتها المستمرة. يدَّعي علم الإنترنت وعلم الشبكات ادعاءاتٍ مماثلة. ومع أن استعمال المصطلح "علم" يرتبط بالتنظيم المنهجي للمعرفة ولا يرتبط مباشرةً بالأهداف، يمكننا القول إن الأهداف تقوم بدورٍ في تشكيل هذه المجالات المتعددة الاختصاصات وفي تشكيل برامج أبحاثها ومساهماتها العلمية وآثارها. في علم الوب، تكون دراسة الوب في حدِّ ذاتها هامةً<sup>21</sup>، كالمحافظة على الوب وتطويرها.<sup>19</sup> في علم الإنترنت، يُعدُّ تطور الإنترنت واستدامتها وخدماتها أغراضاً مركزية؛ من المفهوم أن النزاعات على الإنترنت ستبقى حاضرةً دائماً، وأن استيعابها ضروريٌّ لضمان تطورها.<sup>11</sup> يبدو أن البحوث التطبيقية في كلِّ من علم الإنترنت وعلم الوب تأتي في المقام الأول، ولكن يجب تزويدها بالمعلومات عن طريق تطوير برنامجٍ بحثٍ أساسي. إضافةً إلى ذلك، ليس علم الوب ولا علم الإنترنت تقانةً محايدة؛ إذ يعتمد كلُّ منهما على موافيق ومقاييس مُحدَّدة. فضلاً على ذلك، يمكننا القول إنه حتى الرماز الذي يُنجز هذه المقاييس يتضمَّن السياسة التي وصل وفقها كل مجتمعٍ إلى بعض التوافق. من جهةٍ أخرى، فإن علم الشبكات لا يؤمن بالتقانة، وهو يتراكب جزئياً فقط مع علم الإنترنت وعلم الوب، لأنه يستكشف الأنماط والتدفقات البنيوية الناشئة على بنى الشبكة سواءً كان اجتماعياً أو بيولوجياً أو الوب أو الإنترنت. أخيراً، إن علم الوب وعلم الإنترنت كلاهما أيضاً اختصاصٌ هندسي؛ فهما يسعيان لبناء أنظمةٍ أفضل وأقوى وأكثر مناعةً robust وفعالةً ومرنة. ركَّز علم الشبكات في الغالب على فهم ووصف الإجراءات الناشئة، مع أن النفاذ إلى مجموعات معطيات كبيرة قد زاد الاهتمام في كلِّ من التحليل التنبؤي لتوقع تغيرات الشبكة، والتحليل الإرشادي



لاستمثال الشبكات بغية إنجاز بعض الأهداف المرجوة. في الجوهر، يطمح علم الشبكات إلى أخذ الأفكار من البحوث الأساسية لهندسة شبكات أفضل.<sup>12</sup>

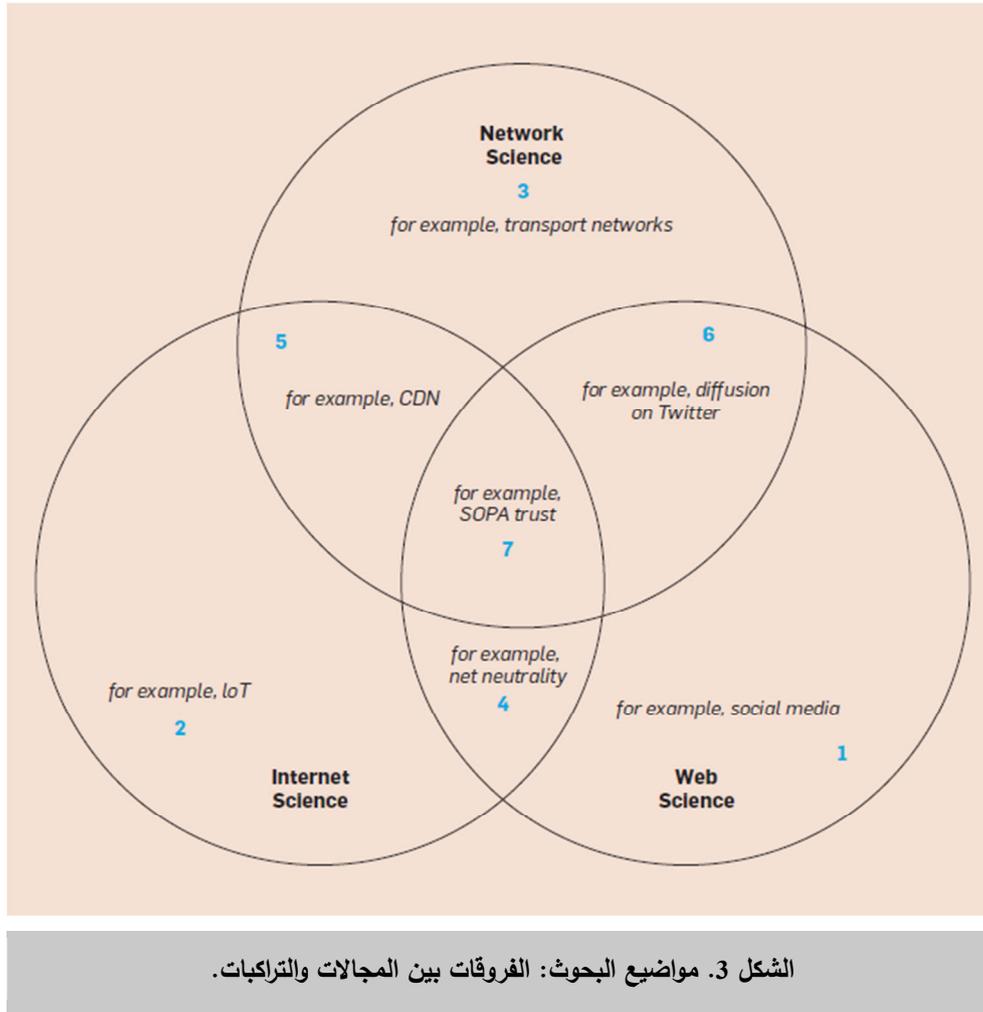
**مقارنات.** مع أن هناك اختلافات بين هذه المجالات من حيث نماذج تشكيل المجتمع واللغة المشتركة والأهداف، فإن العديد من طرائق البحث التي تستعملها تكون مشتركة. يُشير ذلك إلى وجود أوجه تضافرٍ ممكنة في مواضيع تتراكب فيها هذه المجالات، وإلى إمكان التعبئة ضمن هذه المجتمعات في مواضيع يوجد فيها تراكبٌ قليل أو لا يوجد أي تراكب. يبين الشكل 3 هذه المواضيع من كل مجال:

1. **علم الوب:** تُعدُّ الوسائط الاجتماعية المعتمدة على الوب مثلاً على البحوث التي يتناولها علم الوب في المقام الأول. ليست جوانب الشبكة هي الجزء الحصري من ذلك، لأن الوسائط الاجتماعية تُركّز على الروابط والتفاعل بين الناس وموارد الوسائط الاجتماعية.

2. **علم الإنترنت:** يُعدُّ البحث في كيفية تأثير إنترنت الأشياء في تجميع المعلومات وتحويلها موضوعَ بحوث علم الإنترنت في المقام الأول الذي لا يمكنه الاعتماد حصرياً على بحوث الشبكات.

3. **علم الشبكات:** تُقدّم شبكات النقل مثلاً على بحوث علم الشبكات التي لا ترتبط بالضرورة بالإنترنت أو بعلم الوب.

4. **علم الوب وعلم الإنترنت:** تُعدُّ حيادية الشبكة مثلاً يتطلب فهم كلٍ من نقانة الوب والإنترنت، ولا يعتمد بالضرورة اعتماداً جوهرياً على تقنيات علم الشبكات.



5. علم الإنترنت وعلم الشبكات: يمكن أن تتطلب شبكات تسليم المحتوى تقنيات شبكية للتنبؤ بالتوزيع والاستمثال، وفي الوقت نفسه لفهم كيفية ارتباط موافيق الإنترنت والناس بالتشكيل الذي تُطلبه.
6. علم الشبكات وعلم الوب: يُعدُّ النشر على الوسائط الاجتماعية مثل تويتر Twitter مثالاً على التطبيقات التي تعتمد على طرائق البحث الاجتماعية-التقنية في علم الوب، وعلى الطرائق التحليلية للشبكات في الوقت ذاته.
7. علم الوب وعلم الإنترنت وعلم الشبكات: تعتمد البحوث في موضوع الثقة بالإنترنت trust on line أو وقف القرصنة على الإنترنت Stop Online Piracy Act (SOPA) وأثارها الجانبية على كل الشبكات والتقنيات التي تراعي موافيق وقوانين الإنترنت والوب.
- من الممكن أن تتغير بعض هذه المواضيع مع استمرار تطور الوب والإنترنت.

### الخلاصة

نحن نقدم مقارنةً بين علوم الشبكات والوب والإنترنت. كما نقدم إطار عمل لمقارنة المجالات المتعددة الاختصاصات، يعتمد على تشكيل مجتمعاتها ولغاتها المشتركة وطرائق بحثها ومواردها وأهداف بحثها. يمكننا اكتساب أفكار إضافية

للعلاقة بين هذه المجالات بإجراء تحليلٍ من حيث المؤلفين المشاركين co-author والإشارة المشتركة co-citation إلى النشر في هذه المجالات، ونستكشف مدى تمايز أو اندماج المجتمعات الفكرية المتعددة الاختصاصات. سيكون مثل هذا التحليل أكثر دلالةً مع نضج المؤتمرات والمجلات ومع احتمال تبلور أوجه الخلاف والتشابه بين هذه المجالات.

إن كلاً من علم الإنترنت وعلم الوب وإعٍ للتقانة technology-aware، وتتضمن لغتاهما المشتركة معرفة الموافيق والأنظمة التي تدعم الإنترنت والوب، في حين أن علم الشبكات لا يؤمن بالتقانة technology agnostic. هناك حججٌ لإبقاء طبقتي الإنترنت والوب منفصلتين بغية تشجيع الإبداع؛<sup>4</sup> بناءً على ذلك، يظل علم الإنترنت وعلم الوب مجالين متعددي الاختصاصات منفصلين، لأن لهما أهدافاً مختلفة، وهي حماية الإنترنت والوب على الترتيب. يستكشف علم الشبكات الظواهر التي تتضمن الوب أو الإنترنت، ولكن لا تقتصر عليها.

مع ذلك، ونظراً للمجموعة المشتركة من الطرائق المختلطة ومجموعات المعطيات بين هذه المجالات المتعددة الاختصاصات الثلاثة، فإن هناك فوائد بيئية للتعاون في تنسيق الموارد ومشاركتها؛ يجب أن يكون ذلك أولويةً أولى للباحثين ولوكالات التمويل.

## المراجع

- [1] Barabási, A.-L. and Albert, R. Emergence of scaling in random networks. *Science* 286, 5439 (1999), 509–512.
- [2] Bavelas, A. Communication patterns in task-oriented groups. *J. Acoustical Society of America* 22, 6 (1950), 725–730.
- [3] Berners-Lee, T. *Weaving the Web*. Texere Publishing, 1999.
- [4] Berners-Lee, T. Long live the Web. *Scientific American*, (2010).
- [5] Berners-Lee, T., Hall, W., Hendler, J.A., O'Hara, K. and Shadbolt, N. A framework for Web science. *Foundations and Trends in Web Science* 1. 1 (2006b), 1–130.
- [6] Berners-Lee, T., Hall, W., Hendler, J., Shadbolt, N. and Weitzner, D. Computer science enhanced: Creating a science of the Web. *Science* 313, 5788 (2006a), 769.
- [7] Blackman, C., Brown, I., Cave, J., Forge, S., Guevara, K., Srivastava, L. and Popper, M.T.W.R. *Towards a Future Internet*, (2010). European Commission DG INFSO Project SMART 2008/0049.
- [8] Borgatti, S., Everett, M.G. and Freeman, L.C. Computer Software: UCINET 6. *Analytic Technologies*, 2006.
- [9] Börner, K., Sanyal, S. and Vespignani, A. Network science. B. Cronin, Ed. *Annual Review of Information Science & Technology*, 41 (2007), 537–607.
- [10] Carrington, P. J., Scott, J., and Wasserman, S., eds. *Models and Methods in Social Network Analysis*. Cambridge University Press, 2005.
- [11] Clark, D.D., Wroclawski, J., Sollins, K.R., and Braden, R. *Tussle in cyberspace: Defining tomorrow's Internet*. Aug. 2002. ACM.
- [12] Contractor, N.S. and DeChurch, L.A. (in press). Integrating social networks and human social motives to achieve social influence at scale. In *Proceedings of the National Academy of Sciences*.
- [13] Easley, D. and Kleinberg, J. *Networks Crowds and Markets*. Cambridge University Press, 2010.
- [14] Economides, N. Net neutrality, non-discrimination and digital distribution of content through the Internet. *ISJLP* 4 (2008), 209.

- [15] Euler, L. Konigsberg Bridge problem *Commentarii academiae scientiarum Petropolitanae* 8 (1741), 128–140.
- [16] Faloutsos, F., Faloutsos, P. and Faloutsos, C. On power-law relationships of the Internet topology. *ACM SIGCOMM CCR. Rev.* 29, 4 (1999).
- [17] Freeman, L.C. *The Development Of Social Network Analysis*. Booksurge LLC, 2004.
- [18] Frischmann, B.M. *Infrastructure*. OUP USA, 2012.
- [19] Hall, W. and Tiropanis, T. Web evolution and Web Science. *Computer Networks* 56, 18 (2012), 3859–3865.
- [20] Hendler, J. and Berners-Lee, T. From the semantic web to social machines: A research challenge for AI on the World Wide Web. *Artificial Intelligence* (2009), 1–10.
- [21] Hendler, J., Shadbolt, N., Hall, W., Berners-Lee, T. and Weitzner, D. Web Science: an interdisciplinary approach to understanding the Web. *Commun. ACM* 51, 7 (July 2008).
- [22] Leskovec, J. Stanford large network dataset collection, 2011; <http://snap.stanford.edu/data/index.html>
- [23] Mitchell, J.C. *The Kalela Dance; Aspects of Social Relationships among Urban Africans*. Manchester University Press, 1956.
- [24] Monge, P.R. and Contractor, N.S. *Theories of Communication Networks*. Oxford University Press, 2003.
- [25] Moreno, J.L. *Who Shall Survive? Foundations of Sociometry, Group Psychotherapy and Socio-Drama (2nd ed.)*. Beacon House, Oxford, England, 1953.
- [26] Newman, M.E.J. *Networks: An Introduction*. Oxford University Press, 2010.
- [27] Robins, G., Snijders, T., Wang, P., Handcock, M., and Pattison, P. Recent developments in exponential random graph (p\*) models for social networks. *Social Networks* 29, 2 (2007), 192–215; doi:10.1016/j.socnet.2006.08.003
- [28] Snijders, T.A.B., Van de Bunt, G.G., and Steglich, C.E.G. Introduction to stochastic actor-based models for network dynamics. *Social Networks* 32, 1 (2010). 44–60; doi:10.1016/j.socnet.2009.02.004
- [29] Steen, M.V. Computer science, informatics, and the networked world. *Internet Computing, IEEE* 15, 3 (2011), 4–6.
- [30] Stevens, W.R. *TCP/IP Illustrated, Vol. 1: The Protocols*, (1993).
- [31] Stevens, W.R. and Wright, G.R. *TCP/IP Illustrated, Vol. 2: The Implementation*, (1995).
- [32] The EINS Consortium. *EINS Factsheet*. The EINS Network of Excellence, EU-FP7 (2012); <http://www.internet-science.eu/publication/231>.
- [33] Tiropanis, T., Hall, W., Hendler, J. de Larrinaga, Christian. The Web Observatory: A middle layer for broad data. *Dx.Doi.org* 2, 3 (2014), 129–133; doi:10.1089/big.2014.0035
- [34] Tiropanis, T., Hall, W., Shadbolt, N., de Roure, D., Contractor, N. and Hendler, J. The Web Science Observatory. *Intelligent Systems, IEEE* 28, 2 (2013), 100–104.
- [35] Watts, D. The ‘new’ science of networks. *Annual Review of Sociology*, (2004).
- [36] Wright, A. Web science meets network science. *Commun. ACM* 54, 5 (May 2011).

# صارت أنظمة وسائط النقل أكثر ذكاءً

## AUTOMOTIVE SYSTEMS GET SMARTER\*

Samuel Greengard

ترجمة: د. أديب بطح

مراجعة: د. محمد عباسي

تدفع أنظمة الترفيه المعلوماتي في وسائط النقل إلى تغييرات في السيارات، وفي سلوك السائق.

على مدى ربع القرن الأخير، تطورت السيارات على نحو متزايد لتصبح آلات معقدة - ومحوسبة. تحتوي بعض السيارات اليوم، على أكثر من 100 وحدة تحكم إلكترونية بمعالجات صغيرة تدير كل شيء بدءاً من التوجيه والكبح إلى الملاحة والتحكم في الطقس، والترفيه. وفيها برمجيات من مئات الملايين من الأسطر. برزت مسألة مراقبة تعقيد الأنظمة - ومكاملة الأزرار، والمقابض، والأوامر الصوتية وأكثر - كتحدٍ متزايد، خاصةً عند حمل المستهلكين الهواتف الذكية في السيارات وتطلعهم إلى دمج جميع هذه الأنظمة والتحكم فيها على نحوٍ لا ثغرة فيه.

يقول أبو الساميد Abuelsamid، المحلل البارز في فريق النقل الفعال في البحث الملاحي، الذي يلاحق عن كثب تقنيات السيارات، أن "ثمة تحدياً كبيراً مرتبطاً بتزويد السائق بقدر مناسب من المعلومات في الوقت المناسب. نحن لا نرغب في إرباك السائق أو الدفع بأحدهم إلى مرحلة ينشغل فيها أو لا يكثرث لمعلومات هامة". ففي السنوات الأخيرة، أدخلت الشركات المصنعة للسيارات تطبيقات مثل، تعرّف الكلام، وغيره من الأنظمة، ولكن لم تلق هذه التطبيقات في كثير من الأحيان إلا نجاحاً محدوداً. ويشير أبو الساميد إلى أنه "في حين قدمت هذه الأنظمة ميزات إضافية للسائقين، كانت محدودة الإمكانيات وكانت واجهات تخاطب المستخدم قديمة نسبياً".

نتيجة لذلك، رفع العديد من المستهلكين أيديهم (لكن ليس أثناء القيادة) وأحجموا عن استعمال هذه الأنظمة. وبدلاً من ذلك، فضلوا البساطة ونقر هواتفهم الذكية، والتعامل مع واجهات التخاطب المألوفة بوصفها مُلقًى للترفيه المعلوماتي وغيرها من الوظائف. وكما قال جون مادوكس Maddox، مساعد مدير مركز مواصلات ميشيغان في جامعة ميشيغان: "أصبح المستهلكون مولعين باتساع، وتنوع، المعلومات التي يحصلون عليها من هواتفهم الخلوية بِمَجِيئِها في الوقت المناسب، وهم يتوقعون الآن وجود هذا المستوى من المعلومات في السيارة. وفي بعض الحالات، يريدون نفس طرق العرض ونفس الخيارات مدمجة في سياراتهم".

ما هي النتيجة؟ كلما مضت صناعة السيارات والحوسبة قدماً، وأصبحت القيادة الذاتية مصدر قلق أكبر، بحث مصنعو السيارات عن سبل لمكاملة كل هذه الأنظمة على نحو فعال، مع إضافة مزايا تقنية متطورة، في حين أخذت شركتنا آبل وغوجل تدخّلان منصات الترفيه المعلوماتي في المركبات. "لقد تجاوزنا حِقبة كانت تُلقَى فيها الميزات والإمكانيات داخل

\* تُنشر هذا البحث في مجلة *Communications of the ACM*، المجلد 58، العدد 10، تشرين الأول (أكتوبر) 2015، الصفحات 18 - 20.



تزود أنظمة الترفيه المعلوماتي في وسائط التنقل السائقين بواجهة تخاطب مُبسطة في سياراتهم.

السيارات، إلى بيئة جديدة تدعم نمط الحياة المدمج،" هذا ما قاله مارك بويادجيس Boyadjis، كبير المحللين ومدير الترفيه المعلوماتي والتخاطب بين الإنسان - والآلة في شركة IHS للاستشارات وبحوث وسائط التنقل. " سوف نرى تحولاً هائلاً في المركبات خلال السنوات القليلة المقبلة."

### ما وراء لوحة القيادة في السيارة

مع أن أنظمة الملاحة في السيارات، المبنية على أساس نظام تحديد الموقع GPS، وغيرها من الميزات التكنولوجية المتقدمة موجودة منذ أوائل التسعينيات، فإن ثمة حقبة جديدة من أنظمة الترفيه المعلوماتي للسيارات بدأت عام 2007 تقريباً، عندما أعلنت شركة فورد عن أول نظام متكامل، للاتصالات والترفيه في السيارة، SYNC. مكن هذا النظام سائقي السيارات من إجراء مكالمات هاتفية من هواتفهم الخلوية دون استعمال أيديهم، ومن التحكم في الموسيقى وغيرها من المهام باستعمال عناصر تحكم متخصصة، تشمل الأوامر الصوتية، تُفعل بالضغط على زر موجود على مقود السيارة. وعلى مدى السنوات القليلة التي تلت ذلك، أدخل مصنعو السيارات الآخرون أنظمة مماثلة، مبنية إجمالاً على نظام مايكروسوفت مدمج للسيارات أو على منصة برمجيات بلاك بيري QNX، التي تُستعمل في أنظمة مهمة جداً من قبيل أنظمة التحكم بالحركة الجوية، والمعدات الجراحية، ومحطات الطاقة النووية.

ومن دواعي الأسف، كان الكثير من هذه النماذج الأولية صعب الاستعمال، ويعتمد بعضها على أوامر ذات درجة عالية من التخصص، وأحياناً، على أوامر صوتية مبهمه بدلاً من استعمال اللغة الطبيعية. في الواقع، عزى السيد باور J.D Power خيبة الأمل الأولى لمُشتري السيارات الجديدة إلى نظام تعرف الصوت. ثم إن هذه الأنظمة لم تتكامل جيداً مع أجهزة مثل أجهزة آيباد iPods وآيفون iPhones البازغة. كان من الصعب، حتى مع وصلة USB المدمجة أو مع تقانة الاتصال Bluetooth، إن لم يكن من المستحيل، على سبيل المثال، عرض قائمة الأغاني الموسيقية أو التحكم بها أو رؤية معلومات عن الأغنية. وإضافةً إلى ذلك، لم تتمكن هذه الأنظمة الأولى من جلب معلومات عن جهة الاتصال مباشرة من الهاتف الذكي، مما جعل سائق السيارة مُلزماً ببرمجة الأرقام والعناوين يدوياً في هاتفه.

بحلول عام 2010، طرحت شركة فورد نظام AppLink وأدخلت شركة شيفروليه نظام My-Link، وسرعان ما حذت شركات السيارات الأخرى، مثل أودي وفولفو، حذوها بالتكامل المُحكم مع نظام أي فون أو مع نظام تحكم مشابه يجري النفاذ إليه من خلال شاشة LCD الخاصة بالسيارة، أو في بعض الحالات، من خلال تطبيقات الهاتف الذكي. ومع ذلك، كما قال أبو الساميد: "كانت هذه الأنظمة خطوة إلى الأمام، ولكن بقي المستهلكون يجدونها مُربكةً وقديمة. كان ثمة حاجةً إلى منصة يمكنها ربط جميع الأدوات المختلفة، وجميع التقنيات، والعناصر الأخرى بفعالية."

في عام 2013، طرحت شركة آبل مفهوماً جديداً يتمثل في: طبقة سواقة برمجيات وواجهة تخاطب تُنفذ على منصة البرمجيات بلاك بيري QNX، وغيرها من أنظمة التشغيل في الزمن الحقيقي في السيارات. كذلك يسمح نظام CarPlay لشركة آبل، ونظام Android Auto أندرويد أوتو الذي أصدرته شركة جوجل لاحقاً، لسائقي السيارات بوصل أجهزتهم النقالة بالسيارة، مما يُمكنهم من رؤية واجهة تخاطب هاتفية مبسطة على شاشة العرض في السيارة، بعدد محدود من الأيقونات. ويوضح أبو الساميد، أن "ما هو مريحٌ مع الهاتف يجب على الفور أن يكون مريحاً مع واجهة التخاطب".

تعود الرغبة في اعتماد أنظمة تشغيل مثل CarPlay وأندرويد أوتو، من قبل شركات صناعة السيارات إلى أنها تتكيف في الأساس مع أي مركبة تُنصب فيها. وهذا قد يشمل سيارات المرسيديس المزودة بنظام شاشة عرض لا تعمل باللمس وبأزرار تحكم موجودة في وسط تابلوه السيارة، أو سيارات الفيراري المزودة بشاشة مُقاومة مع واجهة تخاطب تعمل باللمس، أو سيارات الفولفو المزودة بشاشة سعوية مع واجهة تخاطب تعمل باللمس. في كل حالة من هذه الحالات، يُترجم برنامج التشغيل إشارات الأعددة ذات الصلة إلى صيغة يتعرفها الهاتف النقال. زيادةً على ذلك، تتيح هذه المنصات البرمجية للشركات المصنعة الابتعاد عن احتكار الأنظمة والسماح للمستهلكين باستعمال إما نظام أندرويد أو أجهزة iOS في سياراتهم، وحتى المبادلة بينهما. يقول بويادجيس "تُلغي هذه المنصات مشكلة أساسية: وهي أن كل سيارة مختلفة عن الأخرى، وأنه من الصعب تشغيل سيارة لا يكون الشخص متألماً معها. وتُقدم هذه الأنظمة واجهة تخاطب قياسية".

مع ذلك، ليست راحة وسعادة سائقي السيارات هي الأهداف الوحيدة. ووفقاً لمركز معهد فرجينيا لتكنولوجيا النقل من أجل سلامة وسائط التنقل، فإن نسبة 80% من مجمل حوادث الاصطدام ونسبة 65% من مجمل حوادث قريبة من الاصطدام يتورط فيها سائق السيارة عندما ينظر بعيداً عن الطريق الذي أمامه مدة ثلاث ثوانٍ قبل حصول الحادث. بالتالي تهدف أنظمة التشغيل CarPlay وأندرويد إلى التقليل إلى الحد الأدنى من التيهاء السائق. على سبيل المثال، تصبح شاشة الهاتف الخليوي سوداء أثناء حركة السيارة، وهذه الأنظمة لا تدعم وسائل التواصل الاجتماعي أو الفيديو. إضافةً إلى ذلك، لا يملك نظام التشغيل أندرويد أوتو أزراراً للرجوع" أو "لآخر ما حدث". أخيراً، توفر كلتا المنصتين CarPlay وأندرويد أوتو أفضل نظام تعرفٍ للكلام توفره خدمتا سيرري Siri وجوجل، والتي تعود المعالجة فيها إلى الحوسبة السحابية.

يقول جيم بركوفسكي Buczkowski، الزميل الفني في شركة هنري فورد ومدير الأنظمة الكهربائية والإلكترونية في مركز البحوث والابتكار في الشركة، أن "المفتاح يكمن في فهم ما تجري معالجته على المتن وما تجري معالجته في السحابة. ويجب أن تكون الخبرة كاملة (لا ثغرة فيها) ومتسقة، حتى عندما لا تكون السحابة متاحة 100%".

### القيادة للأمام Driving Forward

مع ذلك، ليست أنظمة الترفيه المعلوماتي لوسائط التنقل سوى جزءٍ من القصة، فقد بينت الدراسة التي أجرتها شركة J.D Power (المتخصصة بخدمات التسويق) في الولايات المتحدة عام 2015، أن المستهلكين يلتمسون على نحو متزايد

تكنولوجيا تجعل القيادة أكثر أماناً. وتُصنف أنظمة الكشف عن المناطق العمياء و أنظمة تقادي الاصطدام، والرؤية الليلية، وغيرها من المزايا المُحسنة على أنها الأعلى بين التكنولوجيات المطلوبة. ويحتوي العديد من السيارات الفاخرة اليوم هذه الميزات. وتُجري شركات صناعة السيارات التجارب على شاشات عرض تُرى والرأس مرفوع تُسقط النصوص والرسوم على مساحة من الزجاج الأمامي للسيارة. زيادة على ذلك، طورت شركة Texas Instruments نظام إسقاط يستعمل أساليب معالجة ضوئية رقمية، وطرق استيفاء لإنتاج صور واضحة على امتداد الزجاج الأمامي، حتى في الأحوال الجوية السيئة أو في الليل. يقول جيم بركوفسكي Buczkowski من شركة فورد، لمن يسأل عن العامل الحاسم: "هو أن تستطيع شاشة العرض الرأسية (HUD)(Head Up Display) التي تعرض المعلومات أو التنبيهات، العمل بنظرة خاطفة تتيح لِعَيْني السائق أن تبقى بالوضع الطبيعي إلى أعلى وإلى الأمام".

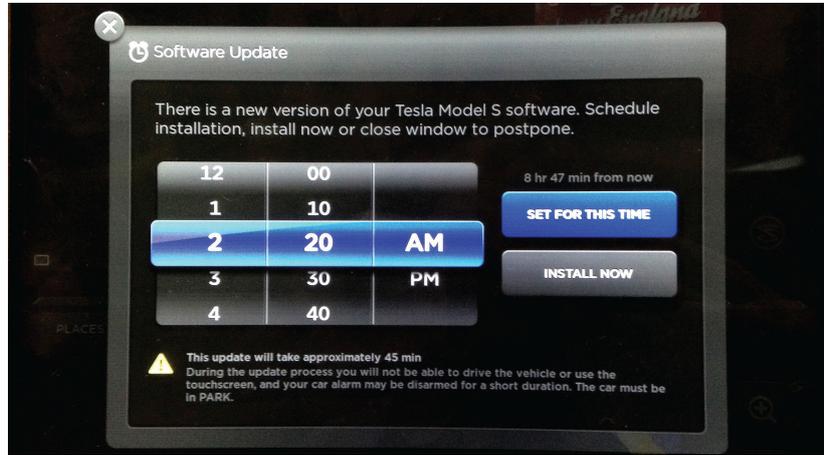
اليوم، تستعمل النظم الحاسوبية المنفصلة في السيارة إجمالاً وحدات تحكم إلكترونية خاصة بها. وستبدأ سيارات المستقبل في جمع وربط هذه الأنظمة، ويشمل ذلك نظام تحديد المواقع، والكاميرات، والرادار، والليدار، وغير ذلك، كما يقول ابوالساميد Abuelsamid. "سوف تكون الأنظمة مرتبطة فيما بينها بواسطة شبكة العربة التي من شأنها أن تسمح بتشاركية البيانات وإدخال قدرات جديدة أكثر تطوراً. وهذه تمثل خطوة نحو أنظمة القيادة المؤتمتة". أعلنت شركة جنرال موتورز دعمها لعملية "سوبر كروز" التحكم بالسيارة أثناء المسير، المطبقة في سيارة كاديلاك CT6 لعام 2016؛ فسوف تؤمن هذه التكنولوجيا التزام المسار دون استعمال اليدين بوجود الكبح الآلي والتحكم بالسرعة أثناء القيادة على الطريق السريع.

إن الأمور الحاسمة في هندسة مركبات الجيل القادم هذه تكمن في تضمين أنظمة اتصالات منيعة لكن آمنة بدرجة كبيرة. وقد أثبت الباحثون بالفعل القدرة على قيادة المركبات والتحكم بالكابح والمقود. هكذا تطرح الأنظمة المعلوماتية مخاطرًا إضافية.

نتيجة لذلك، تشرع بعض شركات صناعة السيارات الآن في بناء شبكة اترنت Ethernet داخل المركبات بغية الربط بين جميع الأنظمة المختلفة الموجودة على متن بطريفة أكثر أماناً. إضافة إلى ذلك، تُطور صناعة وسائط التنقل بروتوكولاً مخصصاً للاتصالات اللاسلكية القصيرة المدى يسمى 802.11p، ويعمل البعض الآخر أيضاً على بناء نظام الاتصال الخلوي المباشر LTE داخل المركبات، مما يجعل عملية الاتصالات من مركبة إلى مركبة ومن مركبة إلى البنية التحتية ممكناً، إلى جانب الحصول على إدارة متقدمة مُجازة، والدعم لِميزات الأمان المحسنة، ويشمل ذلك ترميز المعطيات والتشفير. وكما يقول بركوفسكي Buczkowski من شركة فورد يمكن أن يؤدي هذا في نهاية المطاف إلى ميزات أكثر ابتكاراً، بما في ذلك، على سبيل المثال، السيارات التي يمكنها "الرؤية" عند المنعطفات من خلال التواصل مع غيرها من المركبات، واستعمال أنظمتها المحمولة لاكتشاف راكبي الدراجة أو المشاة. ويمكن للشبكة أيضاً أن تُنبه إلى المشاة بواسطة ساعة ذكية تهتز أو هاتف ذكي يُصدر إنذاراً. ويضيف بركوفسكي، "سوف تؤدي التحركية والحوسبة السحابية أدواراً هامة في تحديد خبرات قيادة السيارة في المستقبل".

يقول بويادجيس، ستثبت قدرات الاتصالات هذه أن لا شيء أقل من التحول. اليوم، تبدو السيارة التي مضى من عمرها عامان أنها سيارة بالية، لكن عندما تُبنى منصة برمجية تسمح لأنظمة الترفيه المعلوماتي والأنظمة الأخرى الموجودة في السيارة بالتحديث عبر الأثير، فإنك تَدخل عالماً مختلفاً تماماً. "على سبيل المثال، قامت صناعة السيارات تسلا على عجل بتحديث أكثر من 30,000 مركبة عبر الأثير. وفي المستقبل، ستمكن التحديثات البرمجية في الزمن الحقيقي من

إضافة ميزات وعوامل تحسين الأمان المتعلقة بنقل الحركة، وأنظمة الكبح، والتحكم بالقيادة، والمكونات الأخرى." وبضيف بركوفسكي: "سيضاف إلى السيارات ميزات جديدة وتوجهات تعالج العيوب أو النواقص اعتماداً على ملاحظات العملاء. ومن المرجح أن تكون نموذجاً مشابهاً جداً للهواتف الذكية الحالية."



قامت شركة تسلا لصناعة السيارات حديثاً بتحديث أكثر من 30,000 مركبة دفعة واحدة وعن بعد.

ولا ريب، فإن التكامل التكنولوجي المتزايد سيعيد تعريف السيارات وخبرة القيادة جذرياً على مدى السنوات القليلة المقبلة. ففي العشر سنوات المقبلة، قد لا تشبه السيارات وتصميماتها الداخلية ما نقوده اليوم. ويخلص أبوالمساميد إلى القول: "من الممكن في مرحلة ما أن نرى واجهات تخاطب لمسية قابلة للبرمجة، تسمح لتابلوهات المركبات وواجهات التخاطب أن تظهر بنفس الطريقة، بصرف النظر عن نوع السيارة وطرازها. وقد نرى علامات (NFC) (Near Field Communication) يمكنها أن تتعرف فلكً وتتكيف مع السيارة تلقائياً. وعندما ننزح نحو استعمال المنصة المستندة إلى البرامج، فإن جميع أنواع الأفكار تصبح ممكنة."

## قراءات مختارة

- Gharavi, H., Venkatesh, K., and Petros Ioannou, P. Scanning Advanced Automobile Technology, *Proceedings of The IEEE - PIIIEE*, vol. 95, no. 2, pp. 328–333, 2007, <http://1.usa.gov/1b7sFMO>
- Alt, F., Kern, D., Schulte, F., Pflieger, B., Sahami Shirazi, A., and Schmidt, A. Enabling micro-entertainment in vehicles based on context information, *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, 2010. Pages 117–124. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1969794>
- Steinbach, T. Real-time Ethernet for automotive applications: A solution for future in-car networks, *Consumer Electronics - Berlin (ICCE-Berlin)*, 2011 IEEE International Conference, September 6-8, 2011, Pages 216–220. <http://bit.ly/1Efgbxf>

- *Huang, Y., Qin, G. H., Liu, T., and Wang, X. D.* Strategy for Ensuring In-Vehicle Infotainment Security, *Applied Mechanics and Materials*, Vols. 556-562, pp. 5460–5465, May 2014. <http://www.scientific.net/AMM.556-562.5460>

صموئيل غرينغارد: مؤلف وصحفي مقيم في لين الغربية، أورلاندو.

## قائمة المصطلحات

## LIST OF TERMS

إعداد: د. نزار الحافظ<sup>1</sup>

رسوم ثنائية البعد	2D drawings
صور ثلاثية الأبعاد مولدة بالحاسوب	3D Computer Generated Imagery (CGI)
شكل ثلاثي الأبعاد	3D shape
خدمات وب من أمازون	Amazon Web Services (AWS)
دارات تماثلية	analog circuits
عصبونات تماثلية	analog neurons
فضاء العنوان الشمولي المُجزأ غير المتزامن	APGAS (asynchronous partitioned global address space)
واجهة برمجية للتطبيقات	API (Application Programming Interface)
مرشحات الذكاء الصناعي	artificial intelligence filters
مجموعة دارات عصبونية صناعية	artificial neural circuitry
شبكة عصبونية صناعية	artificial neural network
منظومات صناعية	artificial systems
رؤية صناعية	artificial vision
على مقياس كبير	at scale
ذري (غير قابل للتجزئ)	atomic
مقياس ذري	atomic scale
مبادلة غير مجزأة	atomic transaction
[تحقيق] موازاة آلية	automatic parallelization
تسرّب خلفي	background leakage
دلالات سلوكية	behavioral implications

<sup>1</sup> مدير بحوث في المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا.

برامج قياس الأداء	<b>benchmark</b>
تحليلات المعطيات الكبيرة	<b>big data analytics</b>
دارات بيولوجية	<b>biological circuits</b>
حوسبة بيولوجية	<b>biological computing</b>
عصبونات بيولوجية	<b>biological neurons</b>
قياس حيوي	<b>biometrics</b>
من الأدنى إلى الأعلى	<b>bottom-up</b>
حساب دماغى البواعث	<b>brain-inspired computation</b>
بنيان الرقاقة	<b>chip architecture</b>
حوسبة سحابية	<b>cloud computing</b>
تخزين سحابي	<b>cloud storage</b>
عناقيد (حشود) سلعية	<b>clusters of commodity</b>
مؤلفين متشاركين	<b>co-authors</b>
إشارة مشتركة	<b>co-citation</b>
حوسبة إدراكية	<b>cognitive computing</b>
وحدات إدراكية	<b>cognitive units</b>
نموذج الإجراءات المتتابعة ذات التواصل	<b>Communicating Sequential Process (CSP)</b>
عُقد الحساب	<b>computation nodes</b>
مسرّعات حسابية	<b>computational accelerators</b>
عناصر حسابية	<b>computational elements</b>
نمذجة حسابية	<b>computational modeling</b>
علم الأعصاب الحسابي	<b>computational neuroscience</b>
علوم حسابية	<b>computational science</b>
خوارزميات حاسوبية	<b>computer algorithms</b>
تصوير تجسيمي مولد بالحاسوب	<b>Computer Generated Holography (CGH)</b>
تنازع	<b>contention</b>
نُويّات	<b>corelets</b>
تعمية	<b>cryptography</b>
وكالة مشاريع أبحاث الدفاع المتقدمة	<b>DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency)</b>
تحليلات المعطيات	<b>data analytics</b>
قفازات المعطيات	<b>data gloves</b>
عناقيد تحليلات المعطيات	<b>data-analytics clusters</b>

كثيف المعطيات	<b>data-intensive</b>
تصوير تجسيمي رقمي	<b>Digital Holography (DH)</b>
عصبونات رقمية	<b>digital neurons</b>
إدارة الحقوق الرقمية	<b>Digital Rights Management (DRM)</b>
نظام بيئي	<b>ecosystem</b>
تنفيذ فعال	<b>efficient execution</b>
رمز منخفض المستوى ذو كفاءة	<b>efficient low-level code</b>
ضجيج كهربائي	<b>electrical noise</b>
سجلات صحية إلكترونية	<b>Electronic Health Records</b>
خوارزمية متوازية طبيعياً	<b>embarrassingly parallel algorithm</b>
فعالية الطاقة	<b>energy efficiency</b>
حمل مضاف من الطاقة	<b>energy overhead</b>
مُجدٍ طاقيًا، اقتصادي في الطاقة، مُجدٍ في استعمال الطاقة، ذو كفاءة في استعمال الطاقة	<b>energy-efficient</b>
الحوسبة ذات الكفاءة في استعمال الطاقة	<b>energy-efficient computing</b>
خوارزميات التسامح في الأخطاء	<b>error-tolerant algorithms</b>
توابع (دوال) مراوغة	<b>evasive functions</b>
حوسبة بمقياس إكسا	<b>exascale computing</b>
استغلالات	<b>exploits</b>
نظم ذات مقياس مفرط	<b>extreme scale systems</b>
تعرف الوجوه	<b>facial recognition</b>
منظومة لتعرف الوجوه	<b>facial recognition system</b>
التحقق من الوجوه	<b>facial verification</b>
تجاوز الأعطال	<b>failover</b>
حقن الأعطال	<b>failure injection</b>
خوارزميات التغاضي عن الأعطال	<b>fault-oblivious algorithms</b>
استخراج السمات	<b>feature extraction</b>
ممرات التغذية الراجعة	<b>feedback paths</b>
فقاعة الترشيح	<b>filter bubble</b>
تحليل المعطيات الدقيق الحبيبية	<b>fine-grain data analysis</b>
تبادل المعطيات الدقيق الحبيبية	<b>fine-grain data exchanges</b>
التوازي الدقيق الحبيبية	<b>fine-grain parallelism</b>

تشعيب وضَمَ	fork-join
نموذج أمامي	forward model
تصوير بالرنين (بالتجاوب) المغناطيسي الوظيفي	functional magnetic resonance imaging (fMRI)
لَمَ فضلات	garbage collection
مؤقَّتة شاملة للنظام	global system clock
وحدات معالجة بيانية	Graphical Processing Units (GPUs)
شبكة (حوسبة)	grid
لمسيّ	haptic
حوسبة عالية الأداء	High-Performance Computing (HPC)
أنظمة إسقاط المصوِّرات التجسيمية	holographic projection systems
تصوير تجسيمي	holography
تعمية متماثلة الشكل	homomorphic cryptography
نظم الحوسبة العالية الإنتاجية	HPCS (High-Productivity Computing Systems)
الرؤية البشرية (حاسة البصر عند الإنسان)	human vision
تحديد هوية	identification
تحليل الصوِّر	image analysis
تحسين الصورة	image enhancement
مرشحات صوِّر	image filters
تعرف الصوِّر	image recognition
ازدرداد	ingestion
دارات متكاملة	integrated circuits
وصلات بينية	interconnects
إنترنت الأشياء	Internet of Things (IoT)
فحص ذاتي	introspection
مراقبة تأملية	introspective monitoring
مصادمُ الجسيمات الضخم	Large Hadron Collider (LHD)
حوسبة واسعة النطاق	large-scale computing
ماسحات ليزرية	laser scanners
تَلَبَّث	latency
مفهوم الخلوِّ من القفل	lock-free (concepts of -)

خوارزمية خالية من القفل	lock-free algorithm
نواة منطقية	logic core
خوارزميات الآلة	machine algorithms
تعلم آلي	machine learning
رؤية آلية	machine vision
معالجات كثيرة النوى	manycore processors
توازي غزير	massive parallelism
معالجة متوازية غزيرة	Massively Parallel Processing (MPP)
مفتاح رئيسي	master key
شبكة عروية	mesh
مقياس متوسط	mesoscale
معطيات مترفعة	metadata
مشاكل العلم ذات المهام الحرجة	mission-critical science problems
قانون مور	Moore's Law
دارات الإحساس بالحركة (في الدماغ)	motion sensitivity circuits
منظومة (بصرية) حركية	motor (visual) system
واجهة تمرير الرسائل	MPI (message-passing interface)
معالجات متعددة النوى	multicore processors
وقائع مضمّمة	multiplexed events
حساب متعدّد الأبعاد	multi-scale computation
الاصطفاء الطبيعي	natural selection
اتصالات الحقل القريب	Near Field Communication (NFC)
الجُملة العصبية	nervous system
مصرّف عصبوني	neural compiler
معالج ذو نواة عصبونية	neural core processor
شبكات عصبونية	neural networks
حوسبة عصبونية	neuromorphic computing
منظومات هجينة عصبونية	neuromorphic hybrid systems
عصبونات	neurons
تسلسل الجيل القادم	Next Generation Sequencing (NGS)
برامج متوازية عديمة الإعاقة	non-blocking parallel programs
ترانزيئات الذواكر ذوات الخوابي غير المتسقة	non-cache-coherent memory hierarchies

ذاكرة لامتلاشية	<b>nonvolatile memory</b>
تعنيم	<b>obfuscation</b>
تعنيم	<b>obscurity</b>
توصيلات بينية من خارج الرقاقة	<b>off-chip interconnections</b>
تعلمُ باستعمال رقاقة	<b>on-chip learning</b>
أنطولوجيا	<b>ontology</b>
كفاءة التشغيل	<b>operational efficiencies</b>
بنيان متوازي	<b>parallel architecture</b>
برمجة متوازية	<b>parallel programming</b>
برمجيات متوازية	<b>parallel software</b>
توازي (التوازي)	<b>parallelism</b>
[تحقيق] الموازة (تحويل إلى رماز متوازي)	<b>parallelization</b>
برمجيات [جُعِلت] متوازية	<b>parallelized software</b>
موازة مناطق رماز (جعل مناطق الرماز متوازية)	<b>parallelizing code regions</b>
مصرف محقق للموازة	<b>parallelizing compiler</b>
برمجيات [تحقيق] الموازة	<b>parallelizing software</b>
تصوّر	<b>perception</b>
بيتا فلويس ( $10^{15}$ عملية فاصلة عائمة في الثانية)	<b>petaflops</b>
قياسات فيزيائية	<b>physical measurements</b>
قنوات توارد، قنوات تواردية	<b>pipelines</b>
خصوصية	<b>privacy</b>
معالج داخل الذاكرة	<b>processor in memory</b>
إصدار إنتاجي	<b>production version</b>
رسم إسقاطي	<b>projection drawing</b>
تكمية	<b>quantification</b>
حالة سباق	<b>race condition</b>
زمن حقيقي	<b>real time</b>
خوارزمية التعرف	<b>recognition algorithm</b>
نظم توصية	<b>recommender systems</b>
إعادة البناء	<b>refactoring</b>

مُنْقَل	relay
قابلية إعادة الإنتاج	reproducibility
مرونة	resilience
خدعة الأفاعي الدوّارة (البصرية)	rotating snakes illusion
وقت التنفيذ	runtime
خدمة الخزن البسيط (من أمازون)	S3 (Simple Storage Service)
تصعدية	scalability
مقياس كبير	scale
عناقيد الحوسبة العلمية	scientific-computing clusters
تقطيع	segmentation
[تحقيق] موازاة شبه آلية	semiautomatic parallelization
متعدد المعالجات بذاكرة مشتركة	Shared Memory Multiprocessors (SMPs)
رقاقة محاكية	simulated chip
منهج هيكلي	skeletal approach
هياكل	skeletons
هواتف ذكية	smartphones
وسائط التواصل الاجتماعي	social media
قياس العلاقات الاجتماعية	sociometry
منظومات في رقاقة	SoCs (Systems-on-a-Chip)
[تحقيق] موازاة البرمجيات (تحويل البرمجيات إلى برمجيات متوازية)	software parallelization
سلسلة أدوات برمجية	software tool chain
معدّل ضوئي مكاني	Spatial Light Modulator (SLM)
منظومات عصبونية معتمدة على الناقلات	spike-based neuromorphic systems
ناقلات	spikes
نموذج البرنامج الواحد والمعطيات المتعددة	SPMD (single program multiple data)
تطبيق تركيب مصغر قابل للتصعد	SSCA 1 (Scalable Synthetic Compact Application 1)
شبكات مناطق التخزين	Storage Area Networks (SANs)
خوارزمية مطابقة السلاسل المحرفية	string matching algorithm
حوسبة فائقة	supercomputing
مَمَس (مَشْبِك)	synapse
منظومات الإلكترونيات المتصعدة اللدائنية التكيّفية العصبونية	SyNAPSE (Systems of Neuromorphic Adaptive Plastic Scalable Electronics)
وزن مَمَسِي (مَشْبِكِي)	synaptic weight

تآزر	synergies
معلومات الأمن وإدارة الأحداث	System Information and Event Management (SIEM)
أجهزة لوحية	tablets
موجّه بالمهام	task-oriented
لا يؤمن بالتقانة	technology agnostic
واعٍ للتقانة	technology-aware
تيرافلوبيس ( $10^{12}$ عملية فاصلة عائمة في الثانية)	teraflops
التصاق النيباسب	thread affinity
نياسبة	threading
نياسب (جمع نَيْسَب)	threads
يقطّع إلى علامات	tokenize
من الأعلى إلى الأدنى	top-down
لمسيات إيمائية	touchless haptics
اتساق المبادلات	transaction consistency
ذاكرة المبادلات	transactional memory
خبرات التجربة والخطأ	trial-and-error experiences
الثقة بالإنترنت	trust on line
نمط تحت عتبي ذو قدرة فائقة الانخفاض	ultra-low-power subthreshold mode
إلغاء موازاة مناطق رماز (الرجوع بمناطق الرماز المتوازية إلى ما قبل موازاتها)	unparallelizing code regions
نظم تعلّم بلا إشراف	unsupervised learning systems
حوسبة فائقة للمتجهات	vector supercomputing
صندوق أسود افتراضي	Virtual Black Box (VBB)
عصبونات بصرية	vision neurons
صُور بصرية	visual images
دخل بصري	visual input
قياسات بصرية	visual measurements
إدراك بصري	visual perception
منظومة بصرية	visual system
تعرف الصوت	voice recognition
بنيان فون نُويمان	Von Neumann architecture

تكامل على نطاق الشريحة	<b>wafer-scale integration</b>
مفهوم الخلوّ من الانتظار	<b>waitfree (concepts of -)</b>
خوارزمية خالية من الانتظار	<b>wait-free algorithm</b>
حواسيب لبوسة (يمكن ارتداؤها)	<b>wearable computers</b>
الثقة بعلم الوب	<b>Web Science Trust (WST)</b>

مطبوعات الجمعية العلمية السورية للمعلوماتية

السعر (ل. س)			الكتب التخصصية
مؤسسات	أعضاء جمعية وطلاب	أفراد	
4000	1600	2000	معجم مصطلحات المعلوماتية
2000	1200	1600	أسس لغات البرمجة
2400	1200	1800	هندسة البرمجيات - المجلد الأول
2000	800	1400	هندسة البرمجيات - المجلد الثاني
2000	1000	1500	الذكاء الصناعي
-	1000	1600	مفاهيم نظام التشغيل - الجزء الأول (تجليد عادي)
2200	1300	1900	مفاهيم نظام التشغيل - الجزء الأول (تجليد فني)
1900	1100	1600	مفاهيم نظام التشغيل - الجزء الثاني
3000	1600	2400	التعمية التطبيقية (Applied Cryptology)
-	400	600	المدخل إلى Mathematica 5.0 (تجليد عادي)
1200	600	800	المدخل إلى Mathematica 5.0 (تجليد فني)
1850	1100	1600	اتصالات المعطيات والحواسيب - الجزء الأول
1650	1000	1400	اتصالات المعطيات والحواسيب - الجزء الثاني
500	200	300	مسرد مصطلحات المعلوماتية إنكليزي - عربي
600	200	250	مجلة الثقافة المعلوماتية
2400	1200	1800	مدخل إلى الخوارزميات - الجزء الأول
2400	1200	1800	مدخل إلى الخوارزميات - الجزء الثاني
1800	1800	1800	أسس نظم قواعد المعطيات - الجزء الأول
			البرمجة المتوازية - تقنياتها وتطبيقاتها باستعمال محطات عمل شبكية وحواسيب متوازية