



الثقافة والمعلوماتية

مجلة دورية تصدرها الجمعية العالمية السورية للمعلوماتية

السنة الحادية والعشرون - العدد الثالث والخمسون - آذار "مارس" /حزيران "يونية" 2017

ملف العدد: تطبيقات الذكاء الصناعي

ترجمة اللغات الطبيعية في نقطة الالتقاء بين الذكاء الصناعي وتفاعل الإنسان مع الحاسوب

تصاعد المخاوف المتعلقة بالذكاء الصناعي: تأملات وتوجهات

تنافس الربوطات في مشاهد كارثية

الرؤية بوضوح أشد

الأبحاث الأخرى

البرمجة في حصص العلوم للطلاب من عمر 4 سنوات حتى 19 سنة (K-12)

ما وراء الكتل: النحو والدلالة

ذاكرة أفضل

اختبار نظام مؤرّع

خمسون عامًا من نظم التشغيل

إدارة حياتك الرقمية

تقنيات تحليل المشاعر وتطبيقاتها

قائمة المصطلحات



الثقافة والمعلوماتية

مجلة دورية تصدرها الجمعية العامة السورية للمعلوماتية

السنة الحادية والعشرون - العدد الثالث والخمسون - آذار "مارس" / حزيران "يونية" 2017

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 - البرامكة - خلف كلية التجارة والاقتصاد

ص. ب: 33492 - سورية

هاتف: 2150394

فكس: 2150392

بريد إلكتروني: nzhafez@scs-net.org

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

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

اخترنا لهذا العدد أربعة بحوث تحت العنوان **تطبيقات الذكاء الصناعي**، هي: "ترجمة اللغات الطبيعية في نقطة الالتقاء بين الذكاء الصناعي وتفاعل الإنسان مع الحاسوب"، "تصاعد المخاوف المتعلقة بالذكاء الصناعي: تأملات وتوجهات"، "تنافس الروبوتات في مشاهد كارثية"، "الرؤية بوضوح أشد".

يناقش **البحث الأول** (ترجمة اللغات الطبيعية في نقطة الالتقاء بين الذكاء الصناعي وتفاعل الإنسان مع الحاسوب) تطور أهمية الذكاء الصناعي وتفاعل الإنسان مع الحاسوب، ونقاط التقاطع بينهما، ويستعرض تاريخ هذا التقاطع في مجال الترجمة الآلية باعتماد نموذج بشري-آلي يسخر حلقة تغذية خلفية إيجابية يستفيد منها المترجم البشري والآلة. ويلخص المقال الإنجازات الأخيرة في الترجمة التي أتاحتها التعاون القوي بين الذكاء الصناعي وتفاعل الإنسان مع الحاسوب. يستعرض **البحث الثاني** (تصاعد المخاوف المتعلقة بالذكاء الصناعي: تأملات وتوجهات) المخاوف من إمكان تهديد نظم الذكاء الصناعي للوجود الإنساني (مثلا المخاوف المتعلقة باحتمالات فقدان السيطرة على ذكاء الآلة). يدرس البحث خمس فئات من المخاطر، إزاء الفوائد الهائلة الممكنة للذكاء الصناعي.

يتناول **البحث الثالث** (تنافس الروبوتات في مشاهد كارثية) مسابقةً للتحديات الروبوتية، نظمتها وكالة داربا، وشارك فيها جامعات ومخابر بحث، تضمنت اختبارات يُستدعى لها الربوط للقيام بمهام صعبة في مشاهد لكوارث طبيعية. يلخص المقال أداء الروبوتات المميزة المشاركة في هذه المسابقة ويوازن بينها، مشدداً على نتائج أداء الروبوتات الإنسانية. يناقش **البحث الرابع** (الرؤية بوضوح أشد) مسألة فهم الحاسوب للصور، والتطور الحاصل في السنوات القليلة الماضية في وصف الحاسوب لما يحدث في صورة، خصوصاً باستعمال الشبكات العصبونية. ويبين مستويات انخفاض معدل خطأ نظم التعرف، ويستعرض ذكاء الإبصار.

واخترنا أيضاً لهذا العدد سبعة بحوث متنوعة المواضيع مثيرة للاهتمام هي على الترتيب: " البرمجة في حصص العلوم للطلاب من عمر 4 سنوات حتى 19 سنة (K-12)"، " ما وراء الكتل: النحو والدلالة"، " ذاكرة أفضل"، " اختبار نظام موزع"، " خمسون عامًا من نظم التشغيل"، " إدارة حياتك الرقمية"، " تقنيات تحليل المشاعر وتطبيقاتها".

يتناول **أول هذه البحوث** (البرمجة في حصص العلوم للطلاب من عمر 4 سنوات حتى 19 سنة (K-12)) مسألة إدخال النمذجة الحسابية والبرمجة لطلاب K-12 وسيلةً لدراسة العلوم، ويبين الدعم الذي يوفره الباحثون المهنيون في تصميم النشاطات الدراسية بالتعاون مع أساتذة العلوم الذين لديهم خبرة ضعيفة أو معدومة في النمذجة الحسابية والبرمجة. يتحدث **ثانيها** (ما وراء الكتل: النحو والدلالة) عن بيانات البرمجة الهجينة (النصية وذات الكتل) المتعددة الاستعمالات، من حيث تطبيقاتها، ملاءمتها للاستعمال، ما لها وما عليها، مدى تقبلها لدى شرائح المبرمجين أو المستعملين غير المختصين بالبرمجة.

يستقضي **ثالثها** (ذاكرة أفضل) تقانات الجيل القادم من ذاكرة النفاذ العشوائي اللامتلاشية الأسرع والأكثر تقدماً من ذاكرة النفاذ العشوائي الديناميكية، التي تعتمد على المقاومة الكهربائية، ويناقش أداءها وفوائدها العملية مقابل الذواكر التقليدية الأخرى، مثل الذاكرة الوضعية والمسوق الصلب وذاكرة النفاذ العشوائي السكونية.

يسلط رابعها (اختبار نظام مؤرّع) الضوء على استراتيجيات عامة لاختبار النظم المؤرّعة للتحقق من سلامة أداءها، الذي يُعدّ عملاً شاقاً حتى في أفضل الظروف، إضافةً إلى استراتيجيات محدّدة لاختبار نظم خزن المعطيات المؤرّعة. يلقي خامسها (خمسون عاماً من نظم التشغيل) نظرةً على مسيرة خمسين عاماً على أبحاث نظم التشغيل. ويلخص تطوّر الأقسام الأساسية لنظم التشغيل، وتطوّر أهداف نظم التشغيل ووظائفها، ومبادئ نظم التشغيل، والدروس التي تُطبّق في أعمال محترفي نظام التشغيل اليومية.

يستعرض سادسها (إدارة حياتك الرقمية) مفهوم نظام إدارة المعلومات الشخصية، المكونات التي يتألّف منها، ميزاته، الخدمات التي تقدمها برمجياته، مخاطره الأمنية، إدارة المستعمل العادي له، قدومه من زوايا مختلفة، المبادرات التي تمكّن المستعمل من التحكم فيه، إتاحتها لوظائف جديدة.

أخيراً، يتأمل سابعها (تقنيات تحليل المشاعر وتطبيقاتها) مشاكل بحثية متعلقة بتحليل المشاعر (وهو التقنيّ في الآراء بحثاً عن آراء المؤلفين عن أشياء محددة) الذي يُعدّ أحد أهم المجالات البحثية في علوم الحاسوب ومصدراً هاماً للأفراد والمؤسسات لتحسين سمعتهم وتوليد ردود أفعال في الوقت المناسب. يستعرض البحث أيضاً بعض التقنيات التي تُستعمل لحل تلك المشاكل البحثية، وبعض المجالات التطبيقية الرئيسية الحالية لاستعمال تحليل المشاعر.

هذا وقد أضفنا في نهاية المجلة، كالعادة، قائمةً بأهم المصطلحات (إنكليزي - عربي) الواردة في مقالات العدد.

أخي القارئ،

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

وإلى اللقاء معك في العدد القادم.

رئيس التحرير

الدكتور موفق دعبول

المحتويات

ملف العدد: تطبيقات الذكاء الصناعي

- 9 ترجمة اللغات الطبيعية في نقطة الالتقاء بين الذكاء الصناعي وتفاعل الإنسان مع الحاسوب
- 23 تصاعد المخاوف المتعلقة بالذكاء الصناعي: تأملات وتوجهات
- 29 تنافس الروبوتات في مشاهد كارثية
- 35 الرؤية بوضوح أشد

الأبحاث الأخرى

- 39 البرمجة في حصص العلوم للطلاب من عمر 4 سنوات حتى 19 سنة (K-12)
- 45 ما وراء الكتل: النحو والدلالة
- 51 ذاكرة أفضل
- 57 اختبار نظام مؤرّع
- 65 خمسون عامًا من نظم التشغيل
- 71 إدارة حياتك الرقمية
- 77 تقنيات تحليل المشاعر وتطبيقاتها

قائمة المصطلحات

ترجمة اللغات الطبيعية في نقطة الالتقاء بين الذكاء الصناعي وتفاعل الإنسان مع الحاسوب

NATURAL LANGUAGE TRANSLATION AT THE INTERSECTION OF AI AND HCI*

Spence Green, Jeffrey Heer, Christopher D. Manning

ترجمة: د. محمد سعيد دسوقي¹

مراجعة: د. نزار الحافظ¹

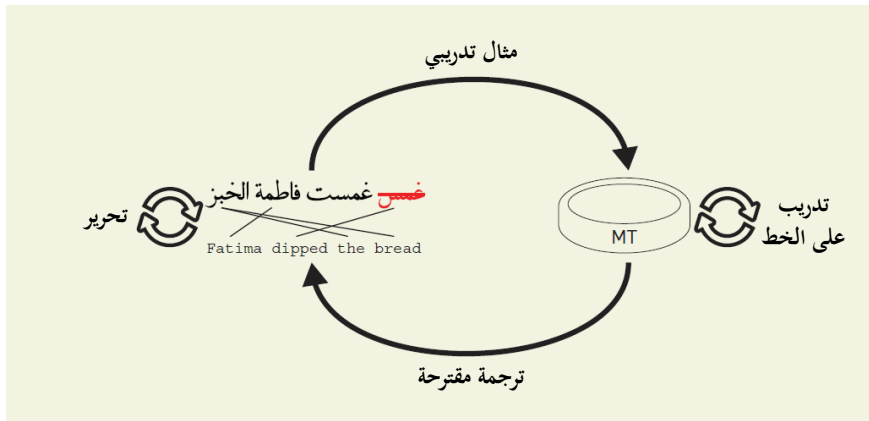
أسئلة قديمة أُجيبَ عليها بواسطة كلٍ من الذكاء الصناعي وتفاعل الإنسان مع الحاسوب.

يؤثر مجال الذكاء الصناعي AI وتفاعل الإنسان مع الحاسوب HCI أحدهما في الآخر على نحوٍ غير مسبوق. تُخفي النظم المستعملة على نطاق واسع، مثل نظام ترجمة غوغل Google Translate ونظام البحث في بيان فيسبوك Facebook Graph Search ونظام الإدارة الذكية للعلاقات المهنية Relatel IQ، تعقيدَ نظم الذكاء الصناعي ذات المقياس الواسع خلف واجهاتٍ بديهية. لكن العلاقات لم تكن دائماً مبشرةً إلى هذا الحد. برز المجالان في مرحلتين مختلفتين من تاريخ علم الحاسوب، مع اختلافٍ في التأثير والطموح وانحياز الملازمين. فقد هدَفَ الذكاء الصناعي إلى بناء منافسٍ أو ربما خليفةٍ للذكاء البشري. كان باحثو الذكاء الصناعي الأوائل أمثال مكارثي McCarthy ومينسكي Minsky وشانون Shannon علماء رياضيات بالتدريب، لذلك كان إثبات النظريات والنماذج الصورية مناحي بحثية جذابة. في المقابل، ركز تفاعل الإنسان مع الحاسوب بقدرٍ أكبر على مناهج تجريبية في الاستعمالية والعوامل البشرية، وكلاهما يهدف عموماً إلى جعل الآلات أكثر فائدةً للبشر. كان العديد من الحضور في المؤتمر الأول لتفاعل الإنسان مع الحاسوب علماء نفس ومهندسين. وتضمنت أوراق العمل المقدمة عناوين مثل "مبادئ تصميم الواجهات بين الإنسان والحاسوب" و"الجوانب النفسية في استعمال الرموز في قوائم الأوامر"، "ضعيفة الجذب للباحثين الرئيسيين في الذكاء الصناعي".

* تُشير هذا البحث في مجلة *Communications of the ACM*، المجلد 58، العدد 9، أيلول (سبتمبر) 2015، الصفحات 46 – 53.

¹ مدير بحوث في المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا.

منذ ستينيات القرن الماضي، كان تفاعل الإنسان مع الحاسوب غالباً في صعود، في حين حدثت انتكاسات في الذكاء الصناعي، مع نجاحات وإخفاقات في كلا الحقلين، أعادت توجيه مشاركة الآراء وتمويل البحوث [14]. ومع أن علماء أوائل مثل ألين نيويل Allen Newell وهيربرت سيمون Herbert Simon قدّموا مساهمات أساسية في كلا الحقلين، فإنّ التنافس والغياب النسبي للحوار بين الذكاء الصناعي وتفاعل الإنسان مع الحاسوب أمرٌ مستغرب. يهتم كلا الحقلين على نحو واسع بالعلاقة بين الآلات والوكلاء البشر الأذكياء. ما تغيّر في السنوات القليلة الأخيرة هو نشر نظم ذكاء صناعي لها واجهات مع المستعمل واعتمادها. تحتاج هذه النظم إلى واجهات، تؤدي إلى نقاط التقاء طبيعية بين الحقلين. ليس هناك مكان أكثر مناسبة لهذا الالتقاء من معالجة اللغات الطبيعية (NLP) natural language processing. ترجمة اللغات هي مثالٌ ملموسٌ. عملياً، يستعمل المترجمون المحترفون اقتراحات من مساعدات آلية لتركيب ترجمات نهائية عالية الجودة. وعلى نحوٍ متزايد، يدمج المترجمون البشريون مخرجات نظم الترجمة الآلية مثل ترجمة غوغل Google Translate في عملهم. ولكن كيف نتجاوز التصحيح البسيط لأخطاء الآلة؟ حديثاً، تقوم مجموعات بحثية في جامعة ستانفورد Stanford وجامعة كارنيجي ميلون Carnegie Mellon وتجمع كاسماتكات الأوربي European CasmaCat consortium باستقصاء نموذج بشري-آلي كذلك المبين في الشكل 1.



الشكل 1. ترجمة تفاعلية للغة.

يقترح نظام الترجمة الآلية الأساسي الترجمة العربية "غمس فاطمة الخبز" مقابل المدخل الإنكليزي "Fatima dipped the bread"، لكن الترجمة غير صحيحة لأن تصريف الفعل الرئيسي "غمس" (بتوسطه خط) مذكّر. يُصحح المستعمل التصريف بإضافة اللاحقة "ت"، فيتوصل غالباً إلى ترجمة نهائية أسرع منها لو ترجم ذلك بنفسه. تساعد التصحيحات أيضاً الآلة، التي يمكنها تعديل النموذج الخاص بها لتقديم اقتراحات ذات جودة أعلى في المرات المقبلة. في حلقة التغذية الخلفية الإيجابية هذه، يستفيد كلٌّ من البشر والآلات، ولكن بطرائق تكميلية. ويتطلب تحقيق نظام الترجمة الآلية التفاعلي هذا، واجهات متوافقة مع مبادئ تفاعل الإنسان مع الحاسوب وذكاءً صناعياً قوياً، على حدٍ سواء.

ما هو غير معروف على نطاق واسع، هو أنّ هذا النوع من النظم تصوّره الباحثون أولاً في بداية الخمسينيات من القرن الماضي، وأنّ التطورات في بحوث الترجمة تعاضمت أهميتها في الحوار الباكر بين الذكاء الصناعي وتفاعل الإنسان

مع الحاسوب. لم تكن الأحلام غير الناجحة لباحثي الترجمة الآلية الباكرة مجرد فضول تاريخي، بل إيضاحات عن كيفية تهميش التحيزات الفكرية للحلول العملية، والتي هي في هذه الحالة الشراكة البشرية الآلية في الترجمة. باعتبارنا باحثين ممارسين في الذكاء الصناعي وتفاعل الإنسان مع الحاسوب، وجدنا أنّ النقاش اليوم له العديد من الميزات نفسها، لذلك يمكن أن يكون السرد التاريخي مادةً لتزويدنا بالمعلومات. في هذا المقال، نبدأ أولاً بسرد ذلك التاريخ. ثم نلخص الفتوح الأخيرة في الترجمة التي أتاحتها التعاون القوي بين الذكاء الصناعي وتفاعل الإنسان مع الحاسوب.

سرد تاريخي موجز للترجمة الآلية التفاعلية

سبقت الترجمة الآلية MT بوصفها تطبيقاً على الحواسيب الرقمية كلاً من اللغويات الحاسوبية والذكاء الصناعي، وهما الحقلان من علم الحاسوب اللذان تُصنّف الآن ضمنهما. ظهر مصطلح الذكاء الصناعي (AI) artificial intelligence أول مرة في عام 1956 في دعوة للمشاركة في مؤتمر في كلية دارتموث Dartmouth College نظمه مكارثي McCarthy ومينسكي Minsky وروشيستر Rochester وشانون Shannon. ولكن بحلول عام 1956 كانت الترجمة الآلية مجال بحثٍ نشيطٍ جداً، حيث لاقى عرض الترجمة الآلية من جامعة جورج تاون Georgetown في عام 1954 اهتماماً إعلامياً واسعاً. انبثق حقل اللغويات الحاسوبية من البحوث المبكرة في الترجمة الآلية. كانت بحوث الترجمة الآلية موجهةً إلى نماذج مشتركة بين اللغات من البنى اللغوية، حيث كان للتطويرات النظرية الموازية التي قام بها ناؤوم تشومسكي Noam Chomsky في اللغويات التوليدية بعض التأثير [21].

كان الحافز إلى البحث في الترجمة الآلية هو اختراع الحاسوب المتعدد الأغراض خلال الحرب العالمية الثانية ومجيء الحرب الباردة. في رسالة يُستشهد بها كثيراً مؤرخة في آذار 1947، يسأل "وارن ويفر" Warren Weaver وهو أستاذ رياضيات سابق، ثم مدير قسم العلوم الطبيعية في مؤسسة روكفلر Rockefeller Foundation، "توربرت وينر" Norbert Wiener من معهد ماسوشيتس للتقانة (MIT) Massachusetts Institute of Technology عن إمكان الترجمة المعتمدة على الحاسوب:

"مع إقرارنا التام ... الصعوبات الدلالية بسبب المعاني المتعددة، إلخ، تساءلت: أليكون من غير الوارد أن يكون الحاسوب قادراً على الترجمة ... يتساءل المرء طبيعياً: هل من الممكن اعتبار مسألة الترجمة مسألة تسمية. عندما أنظر إلى مقال باللغة الروسية أقول "هذا مكتوب حقاً باللغة الإنكليزية، لكنه مرمر ببعض الرموز الغريبة. وسأشرح الآن في فك ترميزه".

كان رد "وينر" متشككاً وفاتراً، ناسباً الصعوبات إلى "الدلالات" الواسعة للغة. إن ما تندر الإشارة إليه هو إجابة "يفر" في التاسع من أيار من ذلك العام. فقد اقترح التمييز بين الإمكانيات التوافقية العديدة في لغة ما والعدد الأصغر للإمكانيات المستعمل فعلياً.

صحيح طبعاً أنّ اللغة [الإنكليزية] الأساسية [English] Basic تعطي استعمالات متعددة لفعل حركةٍ مثل get. لكن مع ذلك فإنّ التراكيب الثنائية الكلمة مثل get up و get over و get back إلخ، ليست كثيرة جداً حقيقةً في اللغة الإنكليزية الأساسية. افترض أننا نأخذ مفردات من 2,000 كلمة، ونقبل، بهدف الوصول إلى قياس جيد، جميع التراكيب الثنائية الكلمة وكأنها كلمة واحدة. مع ذلك فإنّ المفردات هي أربعة ملايين فقط: وهذا ليس رقماً كبيراً جداً على حاسوب حديث، أليس كذلك؟

"اللغة الإنكليزية الأساسية" "Basic English" كانت لغة مضبوطة، أنشأها تشارلز كاي أوغدين Charles Kay Ogden باعتبارها وسطاً للتبادل الدولي كان رائجاً في ذلك الوقت.)
كان "ويفر" يقترح التفريق بين الأساس النظري والاستعمال، وهذا ما كان في النهاية جذراً لثورة التسعينيات التجريبية: يمكن أن يكون النموذج اللغوي غير الكامل كافياً بوجود معطيات كافية. تقع تقنيات الترجمة الآلية الإحصائية الموصوفة لاحقاً ضمن هذا التقليد التجريبي.

حالات استعمال للترجمة الآلية

بحلول عام 1951 كانت بحوث الترجمة الآلية جارية، وأصبح "ويفر" مدير مؤسسة العلوم الوطنية National Science Foundation (NSF). مؤلت منحة من مؤسسة العلوم الوطنية - ربما بتأثير من "ويفر" - تعيين الفيلسوف "يهوشوا بار هيليل" Yehoshua Bar-Hillel في مختبر بحوث الإلكترونيات في معهد ماساتشوستيس للتقانة [19]. في ذلك الخريف زار "بار هيليل" أهم المواقع الأمريكية لأبحاث الترجمة الآلية في جامعة كاليفورنيا-لوس أنجلوس، وشركة "راند" RAND، وشركة بيركلي U.C. Berkeley، وجامعة واشنطن وجامعة ميشيغان-آن آرپور. وأعدّ تقريراً مسحياً [1] لتقدمه في مؤتمر للترجمة الآلية الأول الذي عقده في حزيران التالي.

يحتوي ذلك التقرير فكرتين تأسيسيتين. أولاً، توقع "بار هيليل" حالتي استعمال "للترجمة الميكانيكية". الأولى هي النشر:

إحدهما أي الأولى الحاجة الملحة إلى منشورات بلغات أجنبية، وخاصةً في مجالات العلوم والمالية والدبلوماسية، مترجمة بدقة عالية وسرعة معقولة ... [1].

تُميز حالة النشر بعنبة مرغوبة للجودة. حالة الاستعمال الأخرى هي الاستيعاب assimilation: والأخرى أي الثانية هي الحاجة إلى مسح عالي السرعة لكن ربما بدقة منخفضة للمخرجات المطبوعة الضخمة [1].

لاحظ "بار هيليل" أنّ تحقيق "ترجمة آلية صرفة" على المدى القريب كان إما غير محتمل وإما غير قابل للتحقق إلا من دون دقة. ثم حاجج لمصلحة الترجمة الآلية المختلطة mixed MT "أي إجرائية ترجمة يتدخل فيها العقل البشري". وبخصوص مكان حدوث هذا التدخل، فقد أوصى "بار هيليل":

... يجب أن يوضع الشريك البشري إما في بداية إجرائية الترجمة أو في نهايتها، وربما في كليهما، لكن يُفضّل ألا يكون في مكان ما في وسطها ... [1].

ثم تابع تعريف المصطلحين المؤلفين حالياً: "المحرر السبقي" pre-editor للتدخل قبل الترجمة الآلية، و"المحرر اللحقي" post-editor للتدخل بعد الترجمة الآلية. تركّز بقية الدراسة المسحية على عمليتي التحرير السبقي واللحقي هاتين، مبيّنة نزعة عملية سيكشف عنها كاملةً بعد عقدٍ من الزمن. وبعد أن وضع المصطلحات التي مازالت تُستعمل اليوم والفروق بينها، عاد "بار هيليل" إلى موطنه في عام 1953 واعتزل الترجمة الآلية [21].

في عام 1958، كلّف المكتب الأمريكي للبحوث البحرية "بار هيليل" بإجراء دراسة مسحية أخرى حول بحوث الترجمة الآلية. في تشرين الأول من ذلك العام، زار مواقع بحث في أمريكا وبريطانيا، وجمع المعلومات التي كانت متاحة

للعوم عن التطويرات في الاتحاد السوفيتي. جرى تداول نسخة من تقريره اللاحق في عام 1959، لكن الإصدار المنقح منه الذي نُشر في عام 1960 حصد اهتماماً أكبر.

كانت حُجة "بار هيليل" المركزية في عام 1960 هي أنّ الانشغال بـ"الترجمة الآلية الصرفة" Pure MT – تسميته لما سُمّي فيما بعد بالترجمة العالية الجودة الآلية كلياً (FAHQT) fully automatic high quality translation – كان "غير معقول"، وأنه برغم ادعاءات النجاح الوشيكة، فإنه "لا يمكن أن يقتنع بصحتها". وقد قَدّم ملحقاً يتضمن إثباتاً مزعوماً باستحالة FAHQT. كان الإثبات مجرد جملةٍ متعددة المعاني (بخط مائل) ضمن مقطعٍ بسيطٍ يصعب ترجمته دون معرفةٍ لغويةٍ إضافية ("Little John was looking for his toy box. Finally he found it. The box was in the pen"). بعد نحو أربع وخمسين سنة، لا يستطيع برنامج Google Translate ترجمة هذه الجملة ترجمةً صحيحةً من لغةٍ إلى أخرى من ضمن أزواج عديدة من اللغات.

رسم "بار هيليل" مسارين إلى الأمام: المتابعة كما ذي قبل، أو اختيار "هدف أقل طموحاً". كان ذلك الهدف الأقل طموحاً هو الترجمة الآلية المختلطة:

بمجرد خفض هدف الترجمة الآلية إلى ترجمةٍ عالية الجودة بمشاركة محررٍ لحقي آلي، تصبح المسألة الحاسمة تحدياً للمنطقة المثلى للاستمرار في التقسيمات الممكنة للعمل المرهق [2].

عبر "بار هيليل" عن أسفه لكون "تية تقليص جزء المحرر اللحي استهلكت كثيراً من وقت وطاقة معظم العاملين في الترجمة الآلية" وهذا ما أدى إلى تجاهل مقترحه للترجمة الآلية المختلطة كلياً في عام 1951. لم تُنَج أي مجموعة بحث من الانتقاد. وبشر استنتاجه بقرار حكومة الولايات المتحدة في وقت لاحق من العقد: ليست الترجمة العالية الجودة الآلية كلياً هدفاً معقولاً، ولا حتى في حالة النصوص العلمية. حتى يتوصل مترجمٌ بشري إلى مُخرَجٍ عالي الجودة، يُجبر غالباً على الاستعمال الذكي لمعرفةٍ لغويةٍ إضافية هي أحياناً ذات اتساع وعمق كبيرين [2].

بحلول عام 1966 اتسع تشاؤم "بار هيليل" على نطاق واسع، على الأقل بين مؤيدي البحث في حكومة الولايات المتحدة، وهذا ما قلّص كثيراً تمويل البحث في الترجمة الآلية كما أوصى تقرير لجنة وصاية المعالجة الآلية للغات Automatic Language Processing Advisory Committee ALPAC. يتعلق مقطعان بالتحليل اللحي وينذران بالعقبات التي سيواجهها الباحثون في العقود القادمة عند تزويد البشر باقتراحات الآلة. الأول:

... بعد 8 سنوات من العمل، حاول مشروع الترجمة الآلية في جامعة جورج تاون إنتاج مُخرَج مفيد في عام 1962، كان عليهم أن يلجؤوا إلى التحرير اللحي. أخذت الترجمة المحررة لحقياً وقتاً أطول قليلاً وكانت أكثر تكلفةً من الترجمة البشرية المعتادة. [27]

استشهد كذلك بمقال لروبرت باير Robert Beyer من قسم الفيزياء في جامعة براون، الذي سرد تجربته في التحرير اللحي في الترجمة الآلية من الروسية إلى الإنكليزية. يقول:

يجب أن أعترف بأن النتائج في معظمها لم كانت مُثبطة. وجدت أنني صرفت على الأقل وقتاً في التحرير بقدر ما أصرف لو قمت بالترجمة الكاملة من البداية. ومع ذلك، أشك في أنّ الترجمة المحررة سُقِرَ بسلاسة تلك التي كنت سأبدؤها من الصفر [3].

خلص تقرير ALPAC إلى أن عقدين من البحث أنتجا نُظماً ذات قيمةٍ عمليةٍ ضئيلةٍ لا تبرر مستوى الالتزام المالي للحكومة. وخلافاً للاعتقاد السائد بأن التقرير أنهى البحث في الترجمة الآلية، فقد اقترح إعادة التركيز البناء على "وسائل كترسيح إجرائية الترجمة البشرية" و"تقييم السرعة والتكلفة النسبيين لمختلف أنواع الترجمة بمساعدة الآلة" [27]. كانت هاتان التوصيتان متوافقتين مع خطة "بار هيليل" السابقة للترجمة بمساعدة الآلة.

الدور الصحيح للآلات

أشار التركيز على الترجمة العالية الجودة الآلية كلياً FAHQT على حساب الترجمة المختلطة إلى وجود تيار فلسفي خفي أوسع في العقد الأول من بحوث في الذكاء الصناعي. أولئك الذين كانوا يروجون للترجمة العالية الجودة الآلية كلياً، كانوا دعاةً - ضمناً أو صراحةً - إلى الرؤية القائلة إن الحواسيب ستنافس القدرات البشرية وتحل محلها في نهاية المطاف. كتب هيربرت سيمون Herbert Simon الحائز جائزة نوبل جملَةً شهيرة في عام 1960 تقول "ستصبح الآلات قادرةً خلال عشرين سنة على القيام بأي عمل يمكن أن يقوم به الإنسان" [29]. سارت اقتراحات "بار هيليل" وفقاً لأهواء الزمرة الأكثر تشككاً، التي تعتقد بأن التوسيع الآلي للقدرات البشرية الموجودة كان هدفاً أكثر عقلانيةً وقابليةً للتحقيق.

أخذ ج. س. ر. لايكليدار J. C. R. Licklider، الذي كان له تأثيرٌ كبيرٌ في أبحاث تفاعل الإنسان مع الحاسوب والذكاء الصناعي الباكورة، هذا الموقف في مقاله في عام 1960 بعنوان "تكافل الإنسان والحاسوب" "Man-Computer Symbiosis" [24]، والذي يُعتبر اليوم معلماً في إدخال العوامل البشرية في الحوسبة. وكتب في الملخص: "في الشراكة التكافلية المتوقعة، سيحدد الإنسان الأهداف، ويضع الفرضيات، ويحدد المعايير، ويؤدي عمليات التقييم". وستؤدي الحواسيب "العمل القابل للتكرار". ونقلًا عن تقرير للقوات الجوية الأمريكية خلص إلى أن 20 سنةً ستمضي قبل أن يمكن الذكاء الصناعي "الآلات وحدها من القيام بقدرٍ كبيرٍ من التفكير أو حل المسائل ذات الاهتمام العسكري"، وجد لايكليدار أن أبحاث تفاعل الإنسان مع الحاسوب يمكن أن تكون مفيدة خلال مدة مؤقتة، مع أن تلك المدة يمكن أن تمتد "10 [سنوات] أو 500". كان لايكليدار وبار هيليل يعرفان أحدهما الآخر. شارك كلاهما في الاجتماعات التي تزامنت مع مئوية معهد ماساشوسيتس للتقانة في عام 1961 (وكان من بين الحضور أيضاً "مكارثي" و"شانون" و"وينر")، حيث طرح "بار هيليل" مباشرةً السؤال "هل نريد حواسيب تنافس الكائنات البشرية وتصل بمفردها إلى سلوك ذكي، أم نريد ما كان قد سُمي تكافل الإنسان والآلة؟" [16] ثم مضى إلى انتقاد "الهدر الكبير خلال السنوات القليلة الماضية" على المنحى الأول، محتجاً بأنه كان من غير الحكمة أن نأمل أن تعمل الحواسيب "باستقلالية كما يعمل العقل البشري بعد مسيرة مليار سنة من تطوره". حضر "بار هيليل" و"لايكليدار" أيضاً ندوة علم نظم التحكم (السيبرانيات cybernetics) في عام 1967 [17] وورشة عمل حلف شمال الأطلسي NATO حول علم المعلومات في عام 1973 [9]. وقد بقي السؤال كم يُتوقع من الذكاء الصناعي، مركزياً طوال هذه المدة.

يظهر اسم لايكليدار في تقرير ALPAC لعام 1966 الذي دعا إلى تقليص تمويل البحث في الترجمة العالية الجودة الآلية كلياً FAHQT. فبعد سرد نتائج التحرير اللحقي الخاصة بجامعة جورج تاون في عام 1962 المخيبة للأمال، يقول التقرير ثمة مجموعتان، مع ذلك، قصدتا تطوير "خدمات" التحرير اللحقي. لكن "د. جي سي آر ليكليدار من شركة IBM ود. بول غارفين Paul Garvin من شركة Bunker-Ramo قالاً بأنهما لم يكونا لينصحا شركتيهما بتأسيس خدمة [تحرير لحقي] مماثلة" [27].

إنَّ النتيجة التي مفادها أنَّ الترجمة مع التحرير اللحقي تأخذ الوقت الذي تأخذه الترجمة اليدوية هي دليلٌ على مشكلة في الواجهة. من المؤكد أنَّه حتى نظم الترجمة الآلية المبكرة ولدت بعض الكلمات والجمل توليداً صحيحاً، خاصةً في حالة النص العلمي، الذي يكتب غالباً بأسلوب مصوغ وتكراري. يصبح السؤال عندئذٍ متعلقاً بتفاعل الإنسان والحاسوب: ما هي الطريقة الفضلى لعرض الاقتراحات على المستعمل البشري.

في وقت لاحق، سيكون المخطط البشري-الآلي أكثر ارتباطاً بدوغلاس إنغيلبارت Douglas Engelbart الذي كتب مقترح بحثٍ مطوّل - سمّاه "إطار عمل مفاهيمي" - في عام 1962 [11]. أرسل المقترح إلى "ليكليدار"، الذي كان في ذلك الوقت مدير الوكالة الأمريكية لمشاريع البحث المتقدمة (Advanced Research Projects Agency (ARPA). في بداية عام 1963 مؤل "ليكليدار" بحث "إنغيلبارت" في معهد ستانفورد للأبحاث (Stanford Research Institute (SRI، بعد أن قال لبعض معارفه، "حسناً، إنه [أي إنغيلبارت] موجود في بالو آلتو Palo Alto، لذلك ربما لا نستطيع أن نتوقع منه الكثير. لكنه يستعمل الكلمات الصحيحة، لذلك فنحن ملزمون بتمويله كنوعٍ من التكريم" [32].

كتب إنغيلبارت "تعني بتوسيع الذكاء البشري، زيادة قدرة الإنسان لمقاربة حالة مسألة معقدة، لاكتساب فهم يناسب حاجاته الخاصة، ولوضع حلولٍ للمسائل." تضمنت تلك القدرات المحسّنة "فهماً أسرع، فهماً أفضل، ...، حلولاً أسرع، [و] حلولاً أفضل" [11]. فيما بعد، وصّف إنغيلبارت حل المسائل باعتباره معالجة رموزٍ مجرّدة، وأعطى مثلاً بشرّ بفهرسة نصوصٍ على مستوى واسع كتلك التي تجري في الزحف في الوب والترجمة الآلية الإحصائية:

ما وجدنا أنفسنا نقوم به، عند الحاجة إلى الاختصار المكتفٍ لمقالات المجلات، هو كتابة دفعات كبيرة من النص حرفياً في مخزن الحاسوب. كم هو جميل أن نكون قادرين على تمزيقها، ووضع تعاريف خاصة بنا، وتبديل وتعديد البناء وتبديل بالملاحظات وهكذا، في السعي نحو الفهم [11].

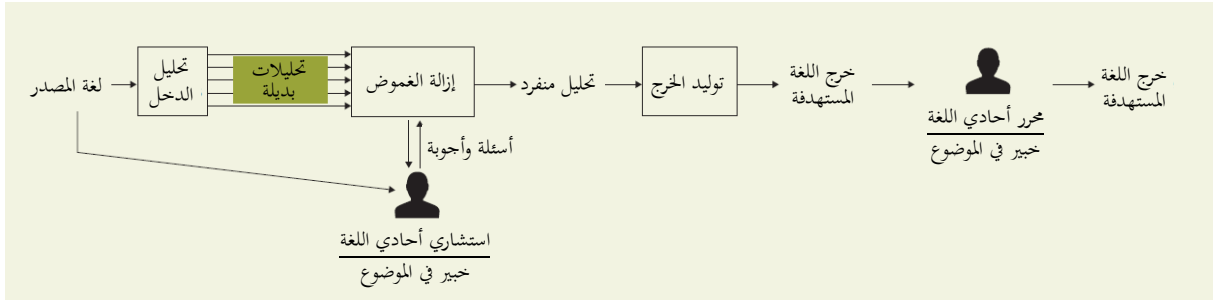
وأشار إلى أنَّ عدة زملاء كانوا سلفاً يستعملون نظم معالجة نصوص موسّعة، وأنه بعد إدخال النص، نادراً ما نحتاج إلى المرجع الأصلي. "يبقى في المحفوظات مثل قشرة برتقال استخرج العصير الحقيقي منها" [11].

مارتن كاي Martin Kay ونظام الترجمة الآلية التفاعلي الأول

في أواخر الستينيات من القرن الماضي، بدأ "مارتن كاي" وزملاؤه في شركة "راند" بتصميم نظام ترجمة بشري آلي، وسمّى أول تجسيد له مايند MIND [5]. تضمن نظامهم (الشكل 2)، الذي لم يُبنَ أبداً، تدخلاً بشرياً لمحررين أحاديي اللغة أثناء كلٍ من مرحلتي التحليل النحوي للمصدر وتوليد الهدف (بالتواصل الشخصي مع مارتن كاي في 7 تشرين الثاني 2014). يبين الشكل 2 نظام "مايند" [5]. يقوم المحررون السبقيون الأحاديو اللغة بإزالة غموض تحليلات المصدر قبل مرحلة النقل. ويتحقق المحررون اللحيون للغة الأحادية من طلاقة الهدف بعد التوليد.

كان "مايند" متوافقاً مع خطة "بار هيليل" في عام 1951 للمحررين السبقيين واللحيين. مضى "كاي" قُدماً في مقترح له في عام 1980 بخصوص "ناسخ المترجم" "translator's amanuensis" وهو "معالج نصوص [ذو] تسهيلات بسيطة مخصصة للترجمة" [22]. كانت خطة "كاي" مماثلة في روحها للترجمة الآلية المختلطة الخاصة بـ "بار هيليل" وتوسعة "إنغيلبارت" البشرية:

أريد الدفاع عن رؤيةٍ للمسألة، يُسمح فيها للآلات تدريجياً وعلى نحوٍ غير ملحوظ تقريباً بتولي الأمر ... أولاً ستتولى وظائف غير مرتبطة مباشرةً بالترجمة. ثم شيئاً فشيئاً ستقترب من الترجمة نفسها.



الشكل 2. نظام مايند MIND.

رأى "كاي" ثلاث فوائد للترجمة الآلية التي يديرها المستعمل. أولاً، سيكون النظام - وهو الآن يحظى باهتمام المستعمل - أقدر على الدلالة على الترجمات الملتبسة. ثانياً، يمكن منع الأخطاء المتعاقبة لأن الآلة ستستدعي تزايدياً في نقاط محددة من إجرائية الترجمة. ثالثاً، يمكن للآلة أن تحفظ سجل التفاعلات وتتعلّم منها. دعا "كاي" إلى التحسين التعاوني للنتائج: "يتعاون الإنسان والآلة على إنتاج ليس فقط ترجمة نص، ولكن أيضاً تجهيزة تتحسن مساهمتها في الترجمة باستمرار" [22]. تُعرف هذه الفوائد الثلاث الآن بالميزات الأساسية لنظام مبادرة مختلطة mixed-initiative فعّالة. [18][6]

كان لمقترح "كاي" أثرٌ ضئيلٌ في "منصات عمل المترجم" "translator workbenches" التجارية التي طوّرت وقيّمت خلال الثمانينيات من القرن الماضي [20]، ربما بسبب التداول المحدود لمذكرته المؤرخة في عام 1980 (التي لم تُنشر حتى عام 1998 [23]). مع ذلك، كان يجري التحقيق في أفكار مشابهة في جامعة بريغهام يونغ Brigham Young في إطار مشروع المعالجة المؤتمتة للغات Automated Language Processing (ALP). بدأ مشروع ALP في عام 1971 لترجمة نصوص "المورمون" Mormon² من الإنكليزية إلى لغات أخرى، وتحوّل تركيز المشروع في عام 1973 إلى الترجمة بمساعدة الآلة [30]. صاغ فلسفة المشروع آلان ميليبي Alan Melby، الذي كتب "بدل استبدال الحواسيب بالمترجمين البشر، ستخدم الحواسيب المترجمين البشر" [26]. أنتج المشروع ALP نظام الترجمة التفاعلي Interactive Translation System (ITS)، الذي سمح بتفاعل البشر في كلٍ من مرحلتي تحليل المصدر والنقل الدلالي. [26] لكن وجد "ميليبي" في التجارب أنّ الوقت المصروف على تفاعل البشر كان "خيبة أمل كبيرة"، لأن وثيقةً من 250 كلمة استغرقت قرابة 30 دقيقة من التفاعل، وهذا "يكافئ تقريباً عمل مسودة أولية لترجمة بواسطة مترجم بشري". وتوصل "ميليبي" إلى عدة نتائج كانت لتطبّق على معظم النظم التفاعلية المقيّمة خلال العقدين التاليين:

1. لم يساعد نظام الترجمة التفاعلي ITS بعد المترجم البشري مساعدةً كافية لتبرير العبء الهندسي.
2. يتطلب التفاعل على الخط وجود مشغّلين مدربين خصيصاً، وهذا ما يزيد العبء.
3. لا يستمتع معظم المترجمين بالتحريير اللحي.

لم ينتج مشروع المعالجة الآلية للغات ALP أبداً نظاماً إنتاجياً بسبب تكاليف العتاد وحجم التفاعل البشري وصعوبته [30].

² المورمون هي مجموعة دينية وثقافية متعلقة بالمورمونية، وهي ديانة وضعها جوزيف سميث خلال أواسط القرن التاسع عشر (المترجم).

قيّد "كاي" و"ميلبي" عمداً الاقتران بين نظام الترجمة الآلية والمستعمل؛ فقد كانت الترجمة الآلية غير موثوقة إلى درجة أنها لا تصلح لتكون مرافقاً دائماً. كان "تشرش" Church وهو في Hovy أول من رأى تطبيقاً ذا اقتران قوي [8]، حتى عندما كان خَرَج الترجمة الآلية "تافهاً". بتلخيص دراسات المستعمل التي تعود إلى عام 1966، وصفا التحرير اللحقي بأنه "عمل رتيب روتيني ممل وشاق وغير مُجَزّ إلى أبعد الحدود". ثم اقترحا "آلة كاتبة فائقة السرعة" ذات ميزة توفّع واستكمال آلي للنص يمكنها "استكمال كلمة/جملة مكتوبة جزئياً وفقاً للسياق". ويمكن إضافة مساعدة منفصلة مرتبطة بها هي نمط "مذكرة كليف" "Cliff-note" تمكّن النظام من إضافة حواشي لامتدادات النص المصدر. كانت كل من هاتين الميزتين متوافقة مع اعتقادهما بأنّ التطبيق الجيد للترجمة الآلية يجب أن "يستغل نقاط القوة في الآلة ولا يتنافس مع نقاط القوة في الإنسان". أنّرت فكرة الاستكمال الآلي، خاصةً، تأثيراً مباشراً في مشروع ترانس تايب TransType [12]، وهو أول نظام تفاعلي للترجمة الآلية الإحصائية.

ثمة نقص واضح في الكم المنشور من بحوث الترجمة الآلية التفاعلية منذ ثمانينيات القرن الماضي، هو الإشارة إلى أدبيات تفاعل الإنسان مع الحاسوب HCI. نشأ تفاعل الإنسان مع الحاسوب HCI باعتباره حقلاً منظماً من تأسيس ACM SIGCHI في عام 1982 وعقد أول مؤتمر HCI في 1983 [14]. ونُشر كتاب علم نفس تفاعل الإنسان مع الحاسوب *The Psychology of Human-Computer Interaction* لمؤلفيه كارد Moran ونيويل Newell في تلك السنة أيضاً [7]. وهو يُعتبر الآن عملاً مؤثراً في هذا المجال قدّم الكثير لنشر مصطلح تفاعل الإنسان مع الحاسوب HCI. تحلّل عدة فصول تفاعلات تحرير النصوص، وتستخلص نتائج تطبّق مباشرة على تحرير نص ثنائي اللغة، أي الترجمة. لكننا نعرف فقط مقالين عن الترجمة الآلية [31]، [4] من بين آلاف المقالات في جمعية أنطولوجيا اللسانيات الحاسوبية Association for Computational Linguistics Anthology (حتى عام 2013)، يستشهدان بمقال مدرج في وقائع مؤتمرات HCI بين عامي 1983 و 2013. (ربما هناك المزيد، لكن الرقم صغير على نحوٍ ملحوظ.)

بالمُلخص، فإنّ الرابط بين الترجمة الآلية التفاعلية وأبحاث تفاعل الإنسان مع الحاسوب الباكورة واضح. فقد تصوّر كلٌّ من "كاي" و"ميلبي" و"تشرش" الترجمة الآلية التفاعلية على أنها محرر نصوص موسّع بوظائف ثنائية اللغة. وقد عرّف "كارد" وآخرون تحرير النصوص باعتباره "نقطة بدءٍ طبيعية في دراسة تفاعل الإنسان مع الحاسوب"، ويتعامل جزء كبير من كتابهم مع تحرير النصوص على أنه دراسة حالة لتفاعل الإنسان مع الحاسوب. تحرير النصوص هو "مثال نموذجي" عن تفاعل الإنسان مع الحاسوب لعدة أسباب: (1) التفاعل سريع؛ (2) يصبح التفاعل امتداداً لا شعورياً للمستعمل؛ (3) محررات النصوص هي على الأرجح برامج الحاسوب الأكثر استعمالاً؛ و(4) محررات النصوص هي ممثلة للنظم التفاعلية الأخرى [7]. من شأنٍ منهجٍ ترجمةٍ يركز على المستعمل أن يبدأ بإدخال النص ويبحث عن تدخلات ثنائية اللغة متأنية، مع زيادة مستوى الدعم عن طريق تقييم المستعمل، تماماً كما اقترح "بار هيليل" و"كاي" قبل عدة عقود.

الفتوح الحديثة في الترجمة الآلية التفاعلية

لا يعني كل هذا أنّ التعاون المنمّر غائب عن نقطة التقاء الذكاء الصناعي AI وتفاعل الإنسان مع الحاسوب HCI. فقد أسس العمل المميز الذي قام به "هورفيتز" Horvitz وزملاؤه في شركة ميكروسوفت مبادئ تصميم مبادرة مختلطة جرى تطبيقها على نطاق واسع [18]. حدّد "بار هيليل" الحاجة إلى إيجاد "منطقة الأمثلية" بين الإنسان والآلة؛ وتوفّر مبادئ "هورفيتز" إرشادات التصميم (المستخلصة من الخبرات البحثية) للعثور على تلك المنطقة. تستمر رؤية جديدة بالظهور في

أهم مؤتمرات الإنسان/الآلة مثل UbiComp و HCOMP. وقد استوحيت من الانفجار الكبير للمعطيات التي تنتجها في الشركات أدوات مثل تابلو Tableau وتريفاكتا Trifacta، التي تساعد المستخدمين بذكاء على تجميع وإظهار مجموعات ضخمة من المعطيات. ومع ذلك لم تلق التطبيقات اللغوية الاهتمام حتى وقت قريب.

عندما بدأنا العمل على الترجمة بالمبادرة المختلطة في عام 2012، وجدنا أنه حتى التحرير اللحقي له سجل تجريبي مختلط. وجدت بعض الدراسات أنه يزيد من إنتاجية المترجم، في حين أظهرت دراسات أخرى النتائج السلبية التقليدية. قدمنا في مؤتمر CHI 2013 دراسةً للمستعمل عن التحرير اللحقي لخرج الترجمة الآلية لثلاثة أزواج مختلفة من اللغات (من الإنكليزية إلى كلٍ من العربية، والفرنسية، والألمانية). كان التصميم بمقارنة المواضيع³ between-subjects design مألوفاً في بحوث تفاعل الإنسان مع الحاسوب وما يزال نادراً في معالجة اللغات الطبيعية NLP، وتضمن تحليلاً إحصائياً للزمن والجودة التي تحكمت في تقلبات التحرير اللحقي. أظهرت النتائج أن التحرير اللحقي خفّض بصورة حتمية مدة الترجمة وزاد من الجودة عند المترجمين الخبراء. يمكن أن تكون النتيجة بسبب السيطرة على مصادر إرباك غُفّل عنها في العمل السابق، لكنها يمكن أيضاً أن تأتي من التحسين السريع للترجمة الآلية الإحصائية، التي ينبغي أن تجعل المستخدمين يعيدون النظر في افتراضاتهم. على سبيل المثال، لتجنّب الانحياز، لم يجر إخبار المشاركين بأن الاقتراحات أنتت من برنامج ترجمة غوغل Google Translate. مع ذلك فقد علّق أحد المشاركين فيما بعد بقوله:

إنّ ترجماتكم الآلية أفضل بكثير ترجمة غوغل Google أو بابل Babel وما إلى ذلك. لذلك فقد كانت مفيدة، ولكنني عندما أعطى نصوصاً مترجمة بواسطة غوغل، أجد أنه من الأسهل والأسرع أن أترجمها بنفسى دون مساعدة.

أحد مبادئ "هورفيتز" الاثني عشر أنه ينبغي أن يتعلّم نظام المبادرة المختلطة من ملاحظة المستعمل. تذكر أعلى الشكل 1، حيث تُرجع الترجمات النهائية إلى نظام الترجمة الآلية لتكييفها. والتحسينات الحديثة في التعلّم الآلي على الخط للترجمة الآلية جعلت هذه الفكرة القديمة ممكنة. دنكوفيسكي Denkowski وآخرون [10] كانوا أول من بيّنوا أن بمقدور المستعملين أن يكتشفوا فرقاً في الجودة بين نظام ترجمة آلية أساسي ونموذج محسّن مكيف مع التحريرات اللغوية. تطلبت الاقتراحات المكيفة تحريراً أقل وحققت على مستوى الجودة مرتبةً أعلى من مرتبة الاقتراحات الأساسية. يمكن أن يستغرق التعديل ثواني بدلاً من الساعات في حالة الإجراءات الدفعية التقليدية.

تتعارض هذه النجاحات الكمية مع التقييم الكيفي للتحرير اللحقي الملاحظ في عدة دراسات: إنه "عمل روتيني ممل وشاق" [8]. لا يميل المترجمون البشر للاستمتاع بتصحيح خرج الترجمة الآلية الذي يحوي أحياناً أخطاءً فادحة⁴. بيّننا في المقاطع السابقة أنه جرى بناء وتقييم أنماط تفاعلية أكثر غنى وتقييمها، لكن أياً منها لم يحسّن من مدة الترجمة أو جودتها نسبةً إلى التحرير اللحقي، وهو نمط وضع قبل مدة طويلة تعود إلى تجربة جورج تاون في عام 1962.

طوّرنّا في السنة الماضية ذاكرة الترجمة التنبؤية (PTM) Predictive Translation Memory (الشكل 3)، وهو نظام مبادرة مختلطة يحسّن فيه الممثلان البشري والآلي الترجمات تفاعلياً. التجربة الأولية ماثلة للتحرير اللحقي – ثمة ترجمة آلية مقترحة – ولكن عندما يبدأ المستعمل بالتحرير تولّد الآلة اقتراحات جديدة مشروطة بإدخال المستعمل. يجري التعاون على تحسين الترجمة، بحيث تدير واجهة المستعمل المسؤولية والتحكم وتوزيع الأدوار. إن ابتكارات معالجة اللغات

³ طريقة تصميم معروفة في علم النفس حيث يجري توزيع مهام مختلفة على فرق مختلفة وتقييمها فيما بعد لاختيار أفضلها (المترجم).

⁴ على سبيل المثال، عند الاستعانة بترجمة غوغل لترجمة هذا المقال ظهر تركيب "منظمة العفو الدولية" Amnesty International مقابل كل اختصارات الذكاء الصناعي AI (المترجم).

a À équiper le centre de formation Studeo qui est accessible aux personnes à mobilité réduite et dont nous travaillons à la réalisation dans le cadre de l'institut Jedlička, avec l'association Tap, et ça depuis six ans.

b To equip studeo training centre which is accessible to people with reduced mobility and we work to achieve in the framework of the Institute jedlička, with tap, and been there for six years.

Des enseignants se rendent régulièrement auprès des élèves de l'institut Jedličkùv et leur proposent des activités qui les intéressent et les amusent.

Teachers regularly visit Jedličkùv Institute students and offered them activities of interest to them and having fun.

c Les étudiants eux-mêmes n'ont pas les moyens de se rendre à des cours, nous essayons de les aider de cette manière.

The students themselves cannot be required to attend courses. we are trying to help

d themselves cannot

e themselves could not

f themselves do not

g themselves cannot afford

Dans le cadre de l'institut Jedlička, nous transférerons ce projet dans un no

الشكل 3. واجهة ذاكرة الترجمة التنبؤية.

الطبيعية التي تجعل ذلك ممكناً هي البحث السريع وتعلم الوسيطات على الخط. اعتمد تصميمُ الواجهة على إرشادات "هورفيتز" للمبادرة المختلطة، وأساسيات التصور البياني، ونتائج دراسات المستعملين في مؤتمر CHI 2013. في دراسة المستعملين مع مترجمين محترفين، وجدنا أن ذاكرة الترجمة التنبؤية PTM كانت أول نظام ترجمة تفاعلي يزيد من جودة الترجمة نسبةً إلى التحرير اللحقي [13]. هذه هي النتيجة المرغوبة لمشهد نشر يكون فيه تدخل الإنسان ضرورياً لضمان الضبط. زيادةً على ذلك، وجدنا أن ذاكرة الترجمة التنبؤية PTM أنتجت معطيات تدريب أفضل لتكييف نظام الترجمة الآلية لأسلوب كل مستعمل وإملائه. تسجل ذاكرة الترجمة التنبؤية تسلسل تحريرات المستعمل التي تنتج الترجمة النهائية. تشرح هذه التحريرات كيف وأد المستعمل الترجمة بطريقة مقروءة للآلة، وهي معطيات لم تكن متاحة سابقاً. تستقضي بحثنا الحالية كيفية الاستفادة من مصدر المعطيات الغني هذا في منظومة واسعة النطاق. وهذا هو الباعث وراء إحدى أفضل توصيات هورفيتز المعروفة لتصميم نظام ذي مبادرة مختلطة: الحد من تكلفة التخمينات المتواضعة المتعلقة بالإجراء المتخذ والتوقيت [18].

الخلاصة

بيئاً أن تصميم نظام بشري-آلي لترجمة اللغات يستفيد من كل من المستعملين البشر - الذين ينتجون ترجمات عالية الجودة - ومن العناصر الآلية، التي يمكنها تحسين نماذجها بالاعتماد على تغذية خلفية غنية. صُممت نظم الترجمة الآلية ذات المبادرة المختلطة في بدايات عام 1951، لكن جرى تهميش الفكرة بسبب تحيزات في مجتمع أبحاث الذكاء الصناعي. وجرى الحصول على النتائج الجديدة بجمع رؤى من الذكاء الصناعي وتفاعل الإنسان مع الحاسوب، وهما مجتمعان لهما

أهداف استراتيجية متشابهة ولكن وباللدهشة كان تفاعلها محدوداً عدة عقود. ثمة مسائل أخرى في معالجة اللغات الطبيعية، مثل الإجابة عن الأسئلة ونقل المحادثات من نظم تفاعلية لا تختلف عن ذلك الذي اقترخناه للترجمة. أهم الأمور التي يجب اعتبارها عند تصميم هذه النظم:

- مكان إدراج الفاعلية البشرية في حلقة المعالجة.
- كيفية تعظيم الفائدة البشرية حتى عندما تكون اقتراحات الآلة أحياناً تحتوي أخطاءً فادحة.
- كيفية عزل ثم تحسين مساهمات من تدخلات وإجهات محددة (مثل اقتراح جملي كاملة مقابل استكمال الجمل آلياً) في مرحلة إعداد المهام.

طُرحت هذه الأسئلة في مجتمع الترجمة قبل وقتٍ طويلٍ من تنظيم حقول الذكاء الصناعي وتفاعل الإنسان مع الحاسوب. يُنتج الحوار الجديد بين الحقلين مناهج غضة لا تطبق على الترجمة فقط، بل أيضاً على نظم أخرى تحاول التوسُّع والتعلُّم من الذكاء البشري.

المراجع

- [1] Bar-Hillel, Y. (1951). The present state of research on mechanical translation. *American Documentation* 2 (4): 229–237.
- [2] Bar-Hillel, Y. (1960). The present status of automatic translation of languages. *Advances in Computers* 1: 91–163.
- [3] Beyer, R. T. (1965). Hurdling the language barrier. *Physics Today* 18 (1): 46–52.
- [4] Birch, A., Osborne, M. (2011). Reordering metrics for MT.
- [5] Bisbey, R., Kay, M. (1972). The MIND translation system: a study in man-machine collaboration. Technical Report P-4786, Rand Corp.
- [6] Carbonell, J. (1970). AI in CAI: An artificial-intelligence approach to computer-assisted instruction. *IEEE Transactions on Man-Machine Systems* 11 (4): 190–202.
- [7] Card, S. K., Moran, T. P., Newell, A. (1983). *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Lawrence Erlbaum Associates.
- [8] Church, K. W., Hovy, E. (1993). Good applications for crummy machine translation. *Machine Translation* 8: 239–258.
- [9] Debons, A., Cameron, W. J. (Eds.) (1975). *Perspectives in Information Science*, Volume 10 of the NATO Advanced Study Institutes Series. Springer.
- [10] Denkowski, M., Lavie, A., Lacruz, I., Dyer, C. (2014). Real time adaptive machine translation for post-editing with cdec and TransCenter. In *Proceedings of the EACL 2014 Workshop on Humans and Computer-assisted Translation*.
- [11] Engelbart, D. C. (1962). *Augmenting human intellect: A conceptual framework*. Technical report, SRI Summary Report AFOSR-3223.
- [12] Foster, G., Langlais, P., Lapalme, G. (2002). TransType: text prediction for translators. In *Proceedings of ACL Demonstrations*, 93-94.
- [13] Green, S., Wang, S., Chuang, J., Heer, J. Schuster, S., Manning, C. D. (2014). Human effort and machine learnability in computer aided translation. In *Proceedings of EMNLP*, 1225-1236.
- [14] Grudin, J. (2009). AI and HCI: Two fields divided by a common focus. *AI Magazine* 30 (4), 48–57.

- [15] Grudin, J. (2012). A moving target—the evolution of human-computer interaction. In Jacko, J. A. (Ed.), *Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications* (3rd edition), xxvii–lxi. CRC Press.
- [16] Hauben, M., Hauben, R. (1997). *Netizens: On the History and Impact of Usenet and the Internet*. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA.
- [17] Hauben, R. (2003). Heinz von Foerster, Margaret Mead and JCR Licklider and the conceptual foundations for the internet: The early concerns of cybernetics of cybernetics. In Presentation in Berlin Germany on 16 November 2003 at the Kolloquium “Die Kybernetik der Kybernetik”.
- [18] Horvitz, E. (1999). Principles of mixed-initiative user interfaces. In *Proceedings of CHI* (15-20 May 1999).
- [19] Hutchins, J. (1997). From first conception to first demonstration: the nascent years of machine translation, 1947–1954: A chronology. *Machine Translation* 12 (3): 195–252.
- [20] Hutchins, J. (1998). The origins of the translator’s workstation. *Machine Translation* 13: 287–307.
- [21] Hutchins, J. (2000). Yehoshua Bar-Hillel: a philosopher’s contribution to machine translation. In Hutchins, W. J. (Ed.), *Early Years in Machine Translation: Memoirs and Biographies of Pioneers*. John Benjamins.
- [22] Kay, M. (1980). The proper place of men and machines in language translation. Technical Report CSL-80-11, Xerox Palo Alto Research Center (PARC).
- [23] Kay, M. (1998). The proper place of men and machines in language translation. *Machine Translation* 12 (1/2): 3–23.
- [24] Licklider, J. C. R. (1960). Man-computer symbiosis. *IRE Transactions on Human Factors in Electronics* HFE1 1: 4–11.
- [25] Melby, A. K. (1984). Creating an environment for the translator. In M. King (Ed.), *Proceedings of the Third Lugano Tutorial*, Lugano, Switzerland (2–7 April 1984), 124–132. Edinburgh University Press.
- [26] Melby, A. K., Smith, M. R., Peterson, J. (1980). ITS: Interactive translation system. In *COLING ’80 (Proceedings of the Seventh International Conference on Computational Linguistics)*.
- [27] Pierce, J. R. (Ed.) (1966). *Languages and machines: computers in translation and linguistics*. National Research Council Publication 1416. Washington, D.C.: National Academy of Sciences.
- [28] Sanchis-Trilles, G., Alabau, V., Buck, C., Carl, M., Casacuberta F., García-Martínez, M., et al. (2014). Interactive translation prediction versus conventional post-editing in practice: a study with the CasMaCat workbench. *Machine Translation* 28 (3/4): 1–19.
- [29] Simon, H. A. (1960). *The New Science of Management Decision*. New York: Harper.
- [30] Slocum, J. (1985). A survey of machine translation: its history, current status, and future prospects. *Computational Linguistics* 11 (1): 1–17.
- [31] Somers, H., Lovel, H. (2003). Computer-based support for patients with limited English. In *EAMT Workshop on MT and Other Language Technology Tools*.
- [32] Waldrop, M. M. (2001). *The Dream Machine: J. C. R. Licklider and the Revolution That Made Computing Personal*. New York: Viking.

المؤلفون

سبنس غرين Spence Green هو مؤسس مشارك لشركة Lilt، وهي مزود لنظم الترجمة التفاعلية.
كريستوفر دي مانينغ Christopher D. Manning أستاذ في علوم الحاسوب واللسانيات في جامعة ستانفورد.
جيفري هير Jeffrey Heer هو أستاذ مشارك في علوم وهندسة الحاسوب في جامعة واشنطن، حيث يدير مخبر المعطيات التفاعلية.

تصاعد المخاوف المتعلقة بالذكاء

الصنعي: تأملات وتوجّهات

RISE OF CONCERNS ABOUT AI: REFLECTIONS AND DIRECTIONS*

Thomas G. Dietterich, Eric J. Horvitz

ترجمة: م. سماح راغب

مراجعة: د. رضوان قسطنطين

البحوث، والقيادة، والاتصالات المتعلقة بمستقبل الذكاء الصنعي.

برزت المناقشات الدائرة حول الذكاء الصنعي إلى الرأي العام خلال العام الماضي، بعدما تحدّث العديد من النجوم عن تهديد الذكاء الصنعي لمستقبل البشرية. على مدى العقود القليلة الماضية، أصبح الذكاء الصنعي - الإدراك الآلي، والتعلّم الآلي، والاستدلال الآلي، وأتمتة اتخاذ القرار - شائعاً في حياتنا. فنحن نخطط للرحلات باستعمال نظم تحديد الموقع العالمي GPS التي تعتمد على خوارزمية البحث * A لاستمثال الطريق. تستطيع هواتفنا الذكية فهم كلامنا، وتشهد تطبيقات Siri، و Cortana، وغوغل في الوقت الراهن تحسناً في فهم نيّاتنا. تكتشف الرؤية بالآلة الوجوه عندما نلتقط الصور بهواتفنا، وتتعرفّ وجوه الأشخاص كلّ على حدة عندما ننشر تلك الصور على فيسبوك. تعتمد محركات البحث في الإنترنت على نسيج من النظم الفرعية للذكاء الصنعي. ففي أي يوم، يوفّر الذكاء الصنعي نتائج البحث، وتنبؤات حركة المرور، وتوصيات تخص الكتب والأفلام لمئات الملايين من الأشخاص. يقوم الذكاء الصنعي بالترجمة من لغة إلى أخرى في الزمن الحقيقي، ويسرّع عمل حواسيبنا المحمولة عن طريق تخمين ما سنفعله لاحقاً. تعمل العديد من الشركات في مجال السيارات الذاتية القيادة -سواء منها الخاضعة للرقابة الجزئية للإنسان أو تلك المستقلة كلياً. وفيما عدا التأثيرات الحاصلة في حياتنا اليومية، تؤدي تقانات الذكاء الصنعي أدواراً في العلوم والطب. يُسهّم الذكاء الصنعي الآن في العمل ضمن بعض المستشفيات مُساعداً الأطباء على فهم أيّ المرضى هم الأكثر عرضة لخطر المضاعفات، وتجدّ خوارزميات الذكاء الصنعي تُنفّذ من معلومات مهمة ضمن الأكوام الهائلة من المعطيات، مثل تحديد الآثار الجانبية النادرة ولكن المدمّرة للأدوية.

* تُشير هذا البحث في مجلة *Communications of the ACM*، المجلد 58، العدد 10، تشرين الأول (أكتوبر) 2015، الصفحات 38 - 40.



شَغَلَ الذكاء الصناعي حيِّزاً ضمن عناوين الصحف الرئيسية نتيجة للتقدم الملحوظ الذي شهدته السيارات الذاتية القيادة الخاضعة للتطوير الآن في العديد من الشركات. تظهر هنا سيارة غوغل الذاتية القيادة.

يوقّر الذكاء الصناعي في حياتنا اليوم لمحة إلى مساهماتٍ أكثر عمقاً في المستقبل. على سبيل المثال، يستطيع مجال التقانات المتاحة حالياً إنقاذ حياة الآلاف من البشر، ويشمل ذلك المفقودين نتيجة حوادث السير، والأخطاء المرتكبة في الطب. على المدى الطويل، سيكون للتقدم الحاصل في ذكاء الآلة تأثيرات مفيدة جداً في الرعاية الصحية، والتعليم، والنقل، والتجارة، والمسيرة الشاملة للعلوم. وفيما عدا إنشاء تطبيقات وخدمات جديدة، فإن متابعة التفكير في الأسس الحسابية للذكاء تُعدّ بالكشف عن مبادئ جديدة للإدراك يمكنها المساعدة على تقديم أجوبة عن الأسئلة التي طال أمدها في علم الأعصاب، وعلم النفس، والفلسفة.

في طبيعة عملية البحث، ما زلنا نتقدّم ببطء ولكن بثبات فيما يخصّ "دعامات" الذكاء، ويشمل ذلك العمل في تعلّم الآلة، وتعرّف الكلام، وفهم اللغة، والرؤية الحاسوبية، والبحث، والاستمثال، والتخطيط. من جهة ثانية، كان من دواعي استغرابنا أننا أحرزنا حتى يومنا هذا القليل من التقدم في بناء أنواع الذكاء العام التي يتصورها الخبراء والأشخاص العاديون

عندما يفكرون في "الذكاء الصناعي". ومع ذلك، فإن التقدم الحاصل في الذكاء الصناعي - واحتمال ظهور نظم جديدة مستقلة معتمدة عليه - قد حفز التفكير في المخاطر المحتملة المرتبطة بهذا النوع من الذكاء.

يساهم عدد من الشخصيات البارزة، ومعظمها من خارج مجال علوم الحاسوب، في إبداء المخاوف من إمكان تهديد نظم الذكاء الصناعي للوجود الإنساني. أثار البعض مخاوف من أن تصبح الآلات فائقة الذكاء بحيث تصعب السيطرة عليها. تُقدّم العديد من هذه النكهات تصوّراً "لتفاعل متسلسل للذكاء" يُكفّف فيه نظام الذكاء الصناعي بمهمة تصميم منكر لإصدارات من النظام نفسه يزداد ذكاؤها باطراد، وينتج عن هذا "انفجار الذكاء". وفي حين أنه لم يجرِ العمل رسمياً على استكشاف هذا الاحتمال على نحوٍ معمّق، فإن مثل هذه الإجراءات تتعارض مع فهمنا الحالي للقيود التي يفرضها التعقيد الحسابي على خوارزميات التعلّم والتفكير. ومع ذلك، ما يزال بإمكان إجراءات التصميم الذاتي والاستمثال أن تقود إلى قفزات كبيرة في الكفاءات.

يمكن تصوّر سيناريوهات أخرى يجري فيها إعطاء نظام حاسوبي مستقل إمكان الوصول إلى موارد يُحتمل أن تكون خطيرة (على سبيل المثال، أجهزة قادرة على تركيب مليارات من الجزيئات النشطة حيويًا، وأجزاء كبيرة من أسواق المال العالمية، ونظم التسليح الكبيرة، أو أسواق المهام المعمّمة). إن الاعتماد على أيّ من نُظم الحوسبة للتحكم في المجالات السابقة محفوف بالمخاطر، ولكن يمكن لنظام مستقل يعمل في غياب إشراف دقيق من قبل الإنسان، وبدون آليات مأمونة الجانب أن يكون خطراً بوجهٍ خاص. لا حاجة لمثل هذا النظام في أن يكون ذكياً بصفة خاصة لِيُسبب مخاطر.

نحن نعتقد أن على علماء الحاسوب مواصلة تحري ومعالجة المخاوف المتعلقة باحتمالات فقدان السيطرة على ذكاء الآلة بأي طريقة كانت، حتى لو حكمنا على المخاطر بأنها صغيرة جداً وبعيدة. أهم من ذلك، أننا نحث مجتمع البحث في علوم الحاسوب على التركيز بشدة على فئة ثانية من التحديات القريبة الأمد للذكاء الصناعي. أصبحت هذه المخاطر أكثر بروزاً في الوقت الذي يتّجه فيه مجتمعنا إلى الاعتماد على نظم حاسوبية مستقلة أو شبه مستقلة لاتخاذ القرارات الشديدة الخطورة. على وجه الخصوص، فإننا نُظهر للعيان خمس فئات من المخاطر ألا وهي: العثرات bugs، والأمن السبراني، مخاطر "الساحر المبتدئ" ¹ Sorcerer's Apprentice، والتحكم الذاتي المشترك shared autonomy، والتأثيرات الاجتماعية الاقتصادية.

تتبع المجموعة الأولى من المخاطر من الأخطاء البرمجية في برمجيات الذكاء الصناعي. جميعنا معتادون للأخطاء في البرمجيات العادية، وكثيراً ما تظهر العثرات عند تطوير التطبيقات والخدمات البرمجية والتعامل معها. وقد ارتبطت بعض أخطاء البرمجيات بنتائج مكلفة جداً ومميتة. إن التحقق من نظم البرمجيات أمر صعب وحرَج، وقد أحرز تقدم كبير - اعتمد بعضه على تقدم الذكاء الصناعي في إثبات النظرية. لقد تم تطوير العديد من نظم البرمجيات غير المعتمدة على الذكاء الصناعي وإقرار صلاحيتها لبلوغ درجة عالية من ضمان الجودة. على سبيل المثال، يجري اختبار البرمجيات في نظم الطيار الآلي والمركبات الفضائية وإقرار صلاحيتها بعناية. يجب تطبيق ممارسات مشابهة على نظم الذكاء الصناعي. يتمثل أحد التحديات التقنية في ضمان تصرّف النظم التي تمّ بناؤها باستعمال وسائل التعلّم الآلي على نحو ملائم. وهناك تحدّ آخر يتمثل في ضمان حسن السلوك عندما يصادف نظام الذكاء الصناعي حالات غير متوقعة. يجب أن تُظهر سيارتنا المؤتمتة، والروبوتات المنزلية، والخدمات السحابية الذكية أداءً جيداً حتى في حال تلقّيها لمدخلات مُستغرّبة أو مُربكة. قد يتطلب تحقيق مثل هذه الحصانة بني مراقبة ذاتية تعمل فيها إجراءات فائقة المستوى باستمرار على مراقبة

¹ الشخص الذي يُحرّض على إجرائية أو مشروع ثم يفقد السيطرة عليها. (المترجم)

تصرفات النظام، والتحقق من موافقة سلوكه لِنِيَاتِ المصمم الأساسية، وتتدخل أو تُصدر تنبيهات في حال حدوث مشاكل. إنَّ البحث في مجال التحقق من النظم ومراقبتها في الزمن الحقيقي يستكشف بالفعل مثل هذه الطبقات من التفكير، ويمكن توظيف هذه الطرائق لضمان التشغيل الآمن للنظم المستقلة.

المجموعة الثانية من المخاطر هي الهجمات السبرانية: يهاجم المجرمون والخصوم حواسينا باستمرار باستعمال الفيروسات وغيرها من أشكال البرمجيات الخبيثة. إنَّ خوارزميات الذكاء الصناعي كغيرها من البرمجيات معرضة لهجوم سبراني. وحين ننشر أنظمة الذكاء الصناعي، علينا التفكير في الأوجه الجديدة للهجوم التي تعرضها هذه النظم. على سبيل المثال، عند التعامل مع معطيات التدريب أو تفضيلاته والمقايضات المُرمزة في نماذج المنفعة يستطيع الخصوم تغيير سلوك هذه النظم. علينا التفكير في الآثار الناجمة عن الهجمات السبرانية على نظم الذكاء الصناعي، وخاصة عندما تتحمل طرائق الذكاء الصناعي مسؤولية اتخاذ قرارات عالية المخاطر. تدعم وكالات التمويل والشركات الأمريكية مجموعة واسعة من مشاريع البحث في الأمن السبراني، وستُتيح تقانات الذكاء الصناعي بنفسها طرائق جديدة للكشف عن الهجمات السبرانية ومواجهتها. على سبيل المثال، يمكن توظيف تعلم الآلة لمعرفة بصمات البرمجيات الخبيثة، ويمكن توظيف طبقات جديدة من التفكير للكشف عن السلوكيات الداخلية الشاذة التي يمكنها إفشاء الهجمات السبرانية. وقبل أن نسمح لخوارزميات الذكاء الصناعي بالتحكم في القرارات العالية المخاطر، يجب أن نكون واثقين من قدرة هذه النظم على الصمود في وجه الهجمات السبرانية الواسعة النطاق.

المجموعة الثالثة من المخاطر تُردّد صدى حكاية الساحر المبتدئ. لنفترض أننا طلبنا من سيارة ذاتية القيادة "إيصالنا إلى المطار في أسرع وقت ممكن!" هل سينطلق نظام القيادة المستقلة بأقصى سرعة (يضغط على الدواسة إلى أقصى حد) ويقود بسرعة 125 ميلاً في الساعة مُعرضاً المشاة والسائقين الآخرين للخطر؟ عرضت الصحافة أخيراً سيناريوهات مثيرة للقلق من هذا القبيل. العديد من السيناريوهات القائمة للذكاء الفائق الخارج عن السيطرة هي ضروبٌ من هذا الموضوع. تُشير جميع هذه الأمثلة إلى حالاتٍ فشَل فيها البشر في إرشاد نظام الذكاء الصناعي على نحوٍ صحيح إلى الكيفية التي يجب أن يتصرف بها. إنها ليست مسألة جديدة. من الجوانب الهامة لأي نظام ذكاء صناعي يتفاعل مع الناس أن عليه تخمين ما ينوي الناس فعله عوضاً عن تنفيذ الأوامر حرفياً. يجب على نظام الذكاء الصناعي تحليل وفهم ما إذا كان معظم الأشخاص يحكمون بأن السلوك الذي يطلبه الإنسان "طبيعي" أو "معقول". إضافة إلى الاعتماد على آليات داخلية لضمان السلوك السليم، تحتاج نظم الذكاء الصناعي إلى امتلاك القدرة على العمل مع الأشخاص والشعور بالمسؤولية- للحصول على التغذية الراجعة والتوجيه. يجب على هذه النظم أن تعرف متى تتوقف وتطلب التوجيهات- وأن تكون منفتحة دوماً للتغذية الراجعة.

بعض أكثر الفرص إثارة لنشر الذكاء الصناعي تجمع بين المواهب المتمتعة للأشخاص والحواسيب. تسمح الأجهزة التي تدعم الذكاء الصناعي للأعمى أن يرى، وللأصم أن يسمع، وللمعوقين وكبار السن أن يمشوا ويرقصوا، ويرقصوا أيضاً. كما يجري تطوير طرائق للذكاء الصناعي لتعزيز الإدراك البشري. وكمثال على ذلك، سَعَت النماذج الأولية إلى التنبؤ بما سينسأه الأشخاص ومساعدتهم على التذكّر والتخطيط. وفي عالم الاكتشاف العلمي، استطاع الأشخاص الذين يتعاملون مع لعبة Foldit على الإنترنت اكتشاف بنية الفيروس المسبب لمرض الإيدز في ثلاثة أسابيع فقط، وهو إنجاز لم يتمكن الباحثون من جهة، ولا الحواسيب من جهة أخرى من بلوغه. وقد أظهرت دراسات أخرى كيف يمكن استكشاف الفضاء الهائل من المجزآت من قِبَل الباحثين جنباً إلى جنب مع الآلات، حيث يفهم "الفلكي الصناعي الدؤوب في عمله" متى يحتاج

إلى التواصل مع علماء الفلك من البشر والاستفادة من خبرتهم. هناك العديد من الفرص التي سبقت تطوير نظم الزمن الحقيقي التي تنطوي على تشابك كبير في حل المشاكل بين الباحثين والآلات.

ومع ذلك، فإن بناء هذه النظم التعاونية يثير مجموعة رابعة من المخاطر النابعة من التحديات المتعلقة بانسيابية المشاركة، ووضوح الحالات والأهداف. إن إنشاء نظم الزمن الحقيقي التي تتطلب تتقل التحكم بسرعة بين الباحثين ونظم الذكاء الصناعي أمرٌ صعب. على سبيل المثال، تم ربط حوادث الطيران بسوء الفهم الناشئ عن تولي الطيارين البشر زمام الأمر من الطيارين الآليين². تكمن المشكلة في أنه ما لم يُبد المشغل البشري اهتماماً كبيراً، فسيفتقر إلى فهم معمق للوضع الحالي، ويمكن أن يتخذ قرارات سيئة. هنا أيضاً، يمكن لطرائق الذكاء الصناعي أن تساعد على حل هذه المشاكل عن طريق توفيق التوقيت المطلوب لتحكم البشر، وتزويد الأشخاص بالمعلومات الهامة التي يحتاجون إليها.

تهتم المجموعة الخامسة من المخاطر بالتأثيرات الواسعة للأتمتة المختصة الآخذة في الازدياد في الأوضاع الاقتصادية الاجتماعية وتوزيع الثروة. توحى عدة أدلة أن الأتمتة المعتمدة على الذكاء الصناعي مسؤولة جزئياً على الأقل عن اتساع الفجوة بين نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي ومتوسط الأجور. نحتاج إلى فهم تأثيرات الذكاء الصناعي في توزيع الوظائف وفي الاقتصاد بشكل أعم. تتجاوز هذه المسائل علم الحاسوب إلى عالم السياسات الاقتصادية والبرامج التي قد تضمن المشاركة الواسعة النطاق لفوائد زيادات الإنتاجية المعتمدة على الذكاء الصناعي.

إن تحقيق الفوائد الهائلة الممكنة للذكاء الصناعي للناس والمجتمع ستتطلب انتباهاً مستمراً ودقيقاً للتحديات القريبة والبعيدة الأجل للتعاظم مع نظم حوسبة منيعة وآمنة. تقوم البحوث الحالية بدراسة كل تحدٍ من التحديات الأربعة الأولى المدرجة في وجهة النظر هذه (جودة البرمجيات، الهجمات السبرانية، "الساحر المبتدئ" والتحكم الذاتي المشترك)، ومع ذلك، هناك حاجة إلى بذل المزيد من الجهود. نحن نحث زملائنا الباحثين والقطاع الصناعي ووكالات التمويل الحكومي على إيلاء المزيد من الاهتمام لجودة البرمجيات، والأمن السبراني، والتعاون بين الإنسان والحاسوب لأداء المهام، في الوقت الذي نعتمد فيه على نحوٍ متزايد على الذكاء الصناعي في المهام الحساسة من حيث السلامة.

وفي الوقت نفسه، فإننا نؤمن بالحاجة إلى العمل العلمي فيما يخص المخاوف من الذكاء الصناعي على المدى البعيد. وعند العمل مع الزملاء في الاقتصاد والعلوم السياسية، وغيرها من التخصصات، علينا معالجة قدرة الأتمتة على تشويش المجال الاقتصادي. هناك حاجة أيضاً إلى دراسة أعمق لفهم إمكان تسبب الذكاء الفائق أو غيره من المسارات في فقدان السيطرة مؤقتاً على نظم الذكاء الصناعي. وإذا وجدنا خطراً كبيراً، فعلى العمل على تطوير واعتماد ممارسات السلامة التي تُحيد أو تقلل ذلك الخطر. علينا دراسة ومعالجة هذه المخاوف، والطيف الأوسع من المخاطر التي قد تبرز في المقدمة على المدى القريب والبعيد، عن طريق إجراء أبحاث ولقاءات مركزة، وبذل جهود خاصة مثل Presidential Panel on Long-Term AI Futures³ الذي نظمته AAAI في المدة 2008-2009، و One Hundred Year Study on Artificial Intelligence⁴ التي تخطط لقرون من الدراسات المستمرة حول التطورات الحاصلة في الذكاء الصناعي وتأثيراتها في الناس والمجتمع.

² انظر: http://en.wikipedia.org/wiki/China_Airlines_Flight_006

³ انظر: <http://www.aaai.org/Organization/presidential-panel.php>

⁴ انظر: <https://ai100.stanford.edu>

يجب على مجتمع علوم الحاسوب أن يأخذ دوراً قيادياً في استكشاف ومعالجة المخاوف بشأن ذكاء الآلة. يجب أن نعمل للتحقق من أن نظم الذكاء الصناعي المسؤولة عن القرارات العالية المخاطر ستتصرف على نحوٍ آمنٍ ومناسبٍ، ويجب علينا أيضاً دراسة المخاوف بشأن التأثيرات التحويلية المحتملة للذكاء الصناعي والاستجابة لها. بعيداً عن الدراسات العلمية، يحتاج علماء الحاسوب إلى الحفاظ على قناة ثنائية الاتجاه مفتوحة للتواصل مع الجمهور حول فرص الذكاء الصناعي والمخاوف منه، وعلاجاته، وحقائقه.

المراجع

- [1] Bostrum, N. *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford University Press, 2014.
- [2] Brynjolfsson, E. and McAfee, A. *The Second Machine Age: Work Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W.W. Norton & Company, New York, 2014.
- [3] Chen, F. and Rosu, G. Toward monitoring-oriented programming: A paradigm combining specification and implementation. *Electr. Notes Theor. Comput. Sci.* 89, 2 (2003), 108–127.
- [4] Good, I.J. Speculations concerning the first ultraintelligent machine. In *Advances in Computers, Vol. 6*. F.L. Alt and M. Rubinoff, Eds., Academic Press, 1965, 31–88.
- [5] Horvitz, E. Principles of mixed-initiative user interfaces. In *Proceedings of CHI '99, ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Pittsburgh, PA, May 1999); <http://bit.ly/1OEyLFW>.
- [6] Huang, J. et al. ROSRV: Runtime verification for robots. *Runtime Verification*, (2014), 247–254.
- [7] Kamar, E., Hacker, S., and Horvitz, E. Combining human and machine intelligence in large-scale crowdsourcing. *AAMAS 2012* (Valencia, Spain, June 2012); <http://bit.ly/1h6gfbU>.
- [8] Khatib, F. et al. Crystal structure of a monomeric retroviral protease solved by protein folding game players. *Nature Structural and Molecular Biology* 18 (2011), 1175–1177.
- [9] Shahaf, D. and Horvitz, E. Generalized task markets for human and machine computation. *AAAI 2010*, (Atlanta, GA, July 2010), 986–993; <http://bit.ly/1gDIuho>.
- [10] You, J. A 100-year study of artificial intelligence? *Science* (Jan. 9, 2015); <http://bit.ly/1w664U5>.

المؤلفان

Thomas G. Dietterich (tg@oregonstate.edu) هو أستاذ متميز في كلية الهندسة الكهربائية والحاسوب في جامعة ولاية أوريغون في كورفالييس، OR، ورئيس جمعية تطوّر الذكاء الصناعي (AAAI).

Eric J. Horvitz (horvitz@microsoft.com) هو عالم متميز ومدير مختبر أبحاث مايكروسوفت في ريدموند، واشنطن. وهو الرئيس السابق لـ AAAI وما زال يعمل في مجلس التخطيط الاستراتيجي لـ AAAI ولجنة أخلاقيات الذكاء الصناعي.

تنافس الروبوتات في مشاهد كارثية

ROBOTS COMPETE IN DISASTER SCENARIOS*

Logan Kuglar

ترجمة: د. أميمة الدكاك

مراجعة: د. أحمد الحصري

مسابقة داربا روبوتيكس تشالنج (DARPA Robotics Challenge) (DRC) حَرَّضَتْ فِرَقاً من جميع أنحاء العالم، بعضها على بعض لإنجاز سلسلة مهام في مشاهد كارثية.

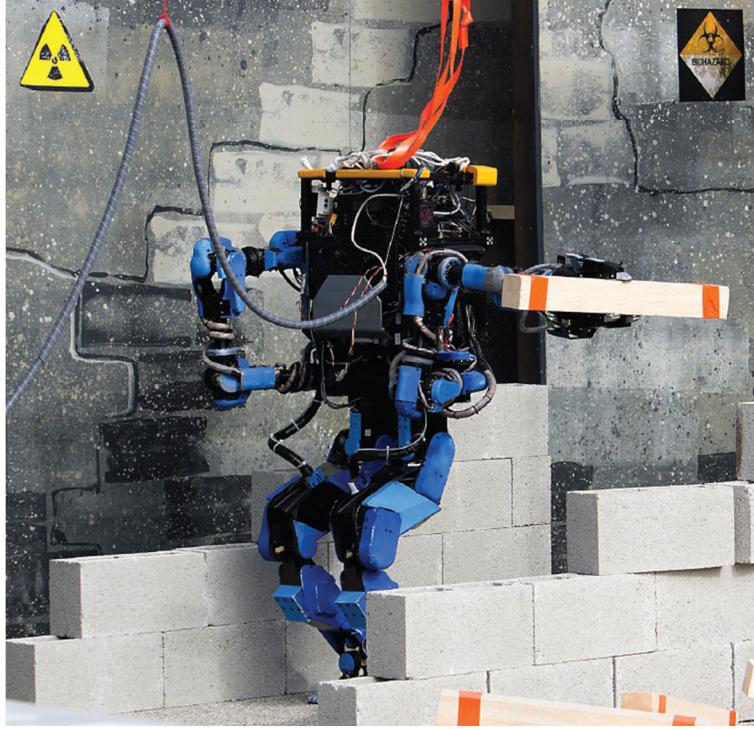
في كانون الأول، دخل 16 روبوطاً في منافسة حماسية على الطريق السريع في ميامي بفلوريدا بوصفها جزءاً من التدريبات على مسابقة داربا للتحديات الروبوتية (DRC)، برعاية من وكالة المشاريع البحثية المتقدمة في وزارة الدفاع الأمريكية DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency). وأعدت للفائز في المسابقة النهائية جائزة مقدارها 2 مليون دولار أمريكي.

تمثل الروبوتات 13 جامعة ومخبر بحث من أنحاء الولايات المتحدة الأمريكية، إضافة إلى ربوط من كل من البلدان التالية: اليابان، كوريا، "الكيان الصهيوني"، هونغ كونغ (مشتركة مع بلدان أخرى). جرى تقسيم المتنافسين إلى زمريتين: تسع فرق بنت كل واحدة ربوطها بنفسها وبرمجته، في حين استعملت الفرق السبع الأخرى ربوطات Atlas الشبيهة بالإنسان من شركة Boston Dynamics وعمدت إلى برمجتها فقط.

جرى تصميم الاختبارات بحيث يُستدعى ربوط للقيام بمهام في مشهد لكارثة طبيعية أو من صنع الإنسان. وعلى المشغلين لها توجيه ربوطاتهم لأداء سلسلة من المهام والعقبات، تتضمن قيادة عربة مرفق: Polaris Ranger XP 900 على طريق، ثم الخروج منها وتسلق سلم، وإغلاق سلسلة من الصمامات. لقد جعل مصممو التحدي (المنافسة) المهام أكثر صعوبة بخفض جودة الاتصالات بين المشغلين والربوطات، وذلك بتضييق عرض الحزمة المتاحة وإقحام تأخير زمني، وهذا ما يحدث عادة في حالة كارثية.

لقد أعجب منظمو DARPA بالنتائج. يقول Gill Pratt مدير البرنامج لدى مكتب علوم الدفاع في DARPA: "لقد كان أداء الفرق في التدريبات أفضل، نوعاً ما، مما توقعنا". فالنصف الأول والأفضل من المجموعة أنجزت عتادياته العمل دون أي أعطال تقريباً. كما أن أداء الفرق كان أفضل مما توقعنا في حالات تدهور الاتصالات؛ فقد أنجزت ربوطات النصف الأول من المجموعة تقدماً جوهرياً، حتى خلال الدقائق التي كانت فيها الاتصالات قد انخفضت إلى 100 كيلو بت/ثا وتأخير زمني مقداره 500 ملي ثانية. وحاز الربع الأول من المجموعة المتنافسة أكثر من نصف عدد النقاط الكلي البالغ 32 نقطة".

*نشر هذا البحث في مجلة Communications of the ACM، المجلد 57، العدد 7، تموز (يولية) 2014، الصفحات 16 – 18.



الروبوت الشبيه بالإنسان لفريق SCHAFT يتجول بين الأنقاض في أحد المشاهد الكارثية لمسابقة التحدي DARPA Robotics Challenge.

مثل الفريق الياباني شركة SCHAFT، التي أسسها الباحثان Junichi Urata و Yuto Nakanishi من مخابر الروبوتية JSK Robotics في جامعة طوكيو. لقد ربح الفريق السباق بسهولة، واستعمل روبوطاً شبيهاً بالإنسان من تصميمه، مجمّعاً 27 نقطة - متقدماً بسبع نقاط على ربوط المركز الثاني من معهد فلوريدا للاستعراف البشري والآلي (Florida Institute for Human & Machine Cognition). ويقول Pratt للفريق الياباني تاريخ طويل من العمل الأكاديمي الجيد جداً الذي بنى عليه من جامعة طوكيو والمخابر الأخرى، "لقد كان الفريق منظماً إلى أبعد الحدود، وطور عتادياته وبرمجياته مبكراً. وأعدّ أخيراً روبوطاً كهربائياً مبرّداً بالماء ذا مفعلات قوية، مما جعله يوّلد عزمًا دورانياً كبيراً دون القلق كثيراً بشأن ارتفاع درجة الحرارة.

ويقول Seth Teller من فريق معهد ماساتشوسيس للتكنولوجيا (Massachusetts Institute of Technology) MIT إن أصعب مهام الروبوتات كانت تلك التي تتضمن تغييراً سريعاً في البيئة. على سبيل المثال، جرى اختبار تطلّب من الروبوت أن يدخل من باب يتأرجح جيئةً وذهاباً في يوم عاصف. لقد كان أداء الروبوتات أضعف فعاليةً حين لا تتحرك الأشياء في البيئة، "على نحو بطيء يمكن التنبؤ به" كما يقول.

ربوط إنساني (شبيه بالإنسان) من MIT

لقد جاء فريق MIT الذي يرأسه Teller و Russ Tedrake من قسم الهندسة الكهربائية وعلوم الحاسوب، في المركز الرابع. واختار الفريق العمل مع ربوط Atlas من شركة Boston Dynamics. ويقول Teller "لقد كان ذلك قراراً سهلاً

جداً"، "لأنني أنا و Russ Tedrake من المتخصصين في البرمجيات أكثر من العتاديات. واعتقدنا بأن اختيارنا هذا سيهيئ لفريقنا مزود العتاديات الأكثر قدرة عالمياً". وكان القرب بين موقعي MIT و Boston Dynamics أحد العوامل الإضافية الذي جعلنا نلجأ إلى هذا الخيار، - ويذكر Teller سرعة الاستجابة التي كانوا يحصلون عليها عندما يواجهون أية مشكلة في الربوط.

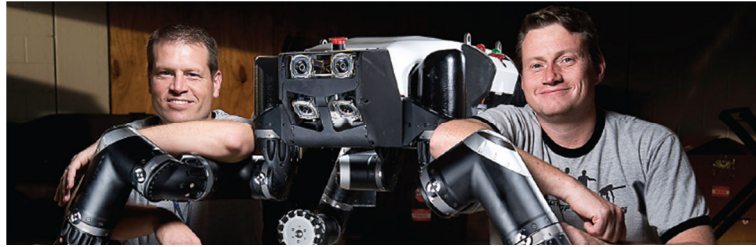
ويرى Teller فوائد استعمال ربوط بقدمين Bipedal لإنجاز المهام التي تتطلبها مسابقة التحدي Challenge. ويقول: "يمكن للربوط أن يقف وأن تكون كلتا يديه حرتين، فالعالم مهيئاً للبشر وعلينا أن نحصل على بنية الإنسان تقريباً لاستعمال كل الأدوات والأفعال المتاحة affordances والفضاءات الموجودة فيه".

لقد اعتمد نهج Teller و Tedrake في برمجة الروبوط على الإدراك والتخطيط المعاون (المؤازر) assisted: إذ يرى المشغل العالم بعيني الروبوط، ويستعمل واجهة تخاطب كشاشة اللمس والقلم، لإرشاد الروبوط إلى الأغراض التي سيتوجه إليها، من أمثال الصمامات وعجلة القيادة وقبضة الباب. ويُجهز الروبوط بقاموس للأغراض يستعمله كقوالب templates، ويمكنه البحث في المُوسِّطات parameters القابلة للضبط لمطابقة القالب المناسب مع منتسخ الغرض من العالم الحقيقي. ويعرف الروبوط أيضاً درجات الحرية المتعلقة بالأغراض. ويضيف Teller: "إن للصمام درجة حرية واحدة". "فحين يعرف الروبوط أن الغرض هو صمام، ونقول له (دور الصمام باتجاه عقارب الساعة) فإن مخطط الحركة الذي يجب أن يولده بسيط جداً". يسمح هذا النهج للمشغل البشري بأداء وظائف تنفيذية، كاتخاذ القرار بشأن الباب الذي يدخل منه، وبأي اتجاه يسير، وعن أي شيء يبحث- في حين يعالج الروبوط المهام من المستوى الأدنى لتوليد مخططات الحركة للقيام بهذه الأفعال.

لقد وفر هذا النهج للفريق مساراً لتحسين أداء الروبوط. ويقول Teller: "لقد زدنا من الاستقلال الذاتي autonomy للربوط بقدر مملوس منذ كانون الأول". ففي حين كانت مهمة النقاط المتقّب drill أثناء التدريبات، على سبيل المثال، تتطلب عدة أوامر منفصلة للربوط- مثل إيجاد مكان المتقّب، والسير إلى الطاولة، والإمساك بالمتقّب- الآن، يمكن تضمين جميع الخطوات بإصدار أمر وحيد مثل: "جِدِ المتقّب وأمسك به". سيساعد هذا الاستقلال الذاتي الروبوط على أن يتعامل مع الاتصالات المتدهورة (السيئة)، لا سيما إذا قرر المنظّمون في DARPA إضافة انقطاعات فعلية في الشبكة. ستؤثر هذه الانقطاعات بشدة، في عمل الفرق التي اعتمدت على التشغيل من بُعد في الزمن الحقيقي، أو "قيادة الدمى puppeteering" لقيادة الروبوط والتحكم فيه.

الربوط Simians من JPL

إن من نقاط قوة الروبوط RoboSimian إمكان التعامل مع الاتصالات المتقطعة، يُشار إلى أن الفريق المشترك في المسابقة قديم من مخبر الدفع النفاث JPL (Jet propulsion Laboratory) من الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء ناسا NASA (National Aeronautics and Space Administration) في أمريكا. لقد بنى المخبر ربوطه ذا الأرجل الأربعة اعتماداً على خبرته في مجال الروبوطات. يقول Brett Kennedy المشرف على مجموعة العربات والمفعلات الروبوطية (Robotic Vehicles and Manipulators Group) من مخبر JPL: "لدينا ربوط على المريخ بحاجة لأن يكون آمناً جداً وصبوراً جداً"، ويضيف: "يمكنه فقط أن يتكلم مع مشغليه من حين لآخر، وبإمكانه أن يكون دائماً خارج المشهد مستقلاً



الروبوت RoboSimian من مخبر الدفع النفاث NASA JPL، منفرداً (الصورة في الأعلى) مع السيد Brett Kennedy المشرف على مجموعة العربات والمفعلات الروبوتية (إلى يسار الصورة) وقائد فريق تكامل RoboSimian السيد Chuck Bergh.

بذاته". لقد قادت هذه الفلسفة تصميم الروبوت RoboSimian أيضاً - فهو يتمتع بإمكان التوقف المستقر بانتظار تعليمات مستقبلية إذا واجه مشكلة، أو يتابع الوصول إلى هدفه المباشر.

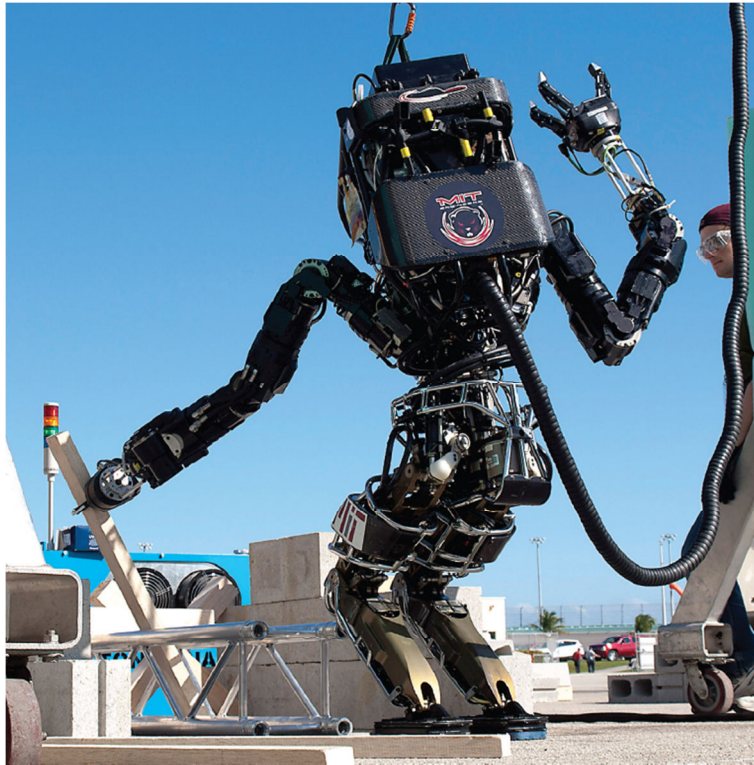
إن استقرار الروبوت RoboSimian مناسب للعمل في المناطق الكارثية. ويضيف Kennedy: "إننا نستعمل دائماً مقاعد ثلاثية الأرجل، تجعل بإمكان الروبوت التوقف في أية لحظة دون سقوطه، خلافاً للروبوت ذي القدمين الذي يوجب عليك أن توازنه بفعالية. وإذا أردنا بلوغ شيء ما على جدار، يمكننا جعله يَثْبُ (كالفرس) بوضعية ذي قدمين، مستنداً إلى الجدار. لدينا دائماً ثلاث نقاط استناد، لذا فنحن مستقرون إحصائياً".

إن الروبوت المتنافس من جامعة CMU (Carnegie Mellon) واسمه CMU Highly Intelligent CHIMP (Mobile Platform robot) ويعني الروبوت ذا المنصة العالية الذكاء من جامعة CMU، هو بأربعة أرجل، ويقول Kennedy "أعتقد أن تشكيلة الروبوتات "الإنسانية" (الشبيهة بالإنسان)، مقارنة بالروبوتات اللا إنسانية، كانت الأفضل حتى الآن.

ويعترف Kennedy بالفوائد التي ذكرها Teller من استعمال نموذج الروبوت "الإنساني"، خصوصاً أن بإمكانه حملُ شيءٍ متنقلاً في الموقع، إلا أن فريق JPL وجد طريقةً أخرى لتحقيق الهدف نفسه. ويتابع Kennedy: "إذا نظرت إلى أقران روبوتنا Simian، رأيت "أنهم" وجدوا طرقاً لإمساك أشياء بأيديهم وهم يمشون فوقها، وربما كان علينا أن نجد طرقاً للقيام بالأمر نفسه كذلك". يُشار إلى أن جميع مسابقات التحدي DRC جرت على أرضٍ مستوية، وزوّد الروبوت Simian بمجموعة عجلات، إضافة إلى أطرافه الأربعة، تمكّنه من التدرج من مكان إلى آخر، مستعملاً أطرافه لحمل أشياء في الوقت ذاته.

تقييم النتائج

يتفق Kennedy و Teller على أن أحد الأسباب الرئيسية التي جعلت فريق SCHAFT متقدماً إلى هذا الحد، يعود إلى خبرته الطويلة جداً مع روبوتهم. ويقول Kennedy: "إنهم خبراء روبوتية موهوبون جداً"، ويضيف: "لا شك في ذلك، لقد أتوا من مخبر بيني الروبوتات "الإنسانية" طوال ما يزيد على عقد من الزمن حتى الآن، وعالجوا مسائل قريبة جداً من تلك التي نعمل عليها في مسابقة التحدي، أكثر من أي فريق آخر، ولمدة تفوق أي فريق آخر. وهذا ما جعل أداء فريقهم متميزاً". لقد جرى إعلان المسابقة DRC في نيسان/أبريل من عام 2012، ومنذ ذلك الحين قرر فريق SCHAFT استعمال



استعمل فريق MIT الإدراك والتخطيط المُعاوَن (المؤازر) لبرمجة الروبوت Atlas من Boston Dynamics، وحصل على المركز الرابع في المسابقة التجريبية DARPA Robotics Challenge.

نظامهم الخاص بهم. يقول Teller: "لقد كان أمامهم عشرون شهراً للعمل على ربوطهم؛ أما نحن فكان لدينا أربعة أشهر". لقد جرى تصنيف ربوط Boston Dynamics على أنه ربوط حربي من قبل وزارة التجارة الأمريكية، وعلى غرار كل الجامعات، لن يسمح معهد MIT باستعمال التجهيزات الحربية في الحرم الجامعي. ويتابع: "لذلك لم نتمكن من تسلّم الروبوت قبل شهر آب/أغسطس، بعد حل المشاكل الروتينية المتعلقة بإعادة تصنيفه على أنه جهاز حساس وليس جهازاً حربياً".

لا ينتقص Teller من التميّز التقني لفريق SCHAFT. يقول: "لقد كان لديهم منصة مادية أنيقة ذات مفعّلات قوية ودقيقة جداً، وهكذا فقد كان بإمكانهم وضع ربوطهم تماماً حيث يرغبون. وكان لديهم ككرة يستعملونها لرؤية أقرب، محمولة باليد التي لا يستعملونها للمعالجة، ومكّنهم ذلك من رؤية ما يقومون به تماماً. لقد كان هذا أمراً رائعاً وصعباً علينا- باستعمال منصة Atlas، حيث لم تكن راضين تماماً عن أداء رؤيتها أثناء قيامها بالمهام. وقد كان لديهم مشغّل دمي ماهر جداً يستعمل هذه الحركات الدقيقة بفعالية عالية".

مازال Teller واثقاً من إمكانيات ربوط معهد MIT في نهائيات السباق. ويقول: "أظن أننا استدركنا على نحو جيد ما كان يفتقنا عند هذه النقطة". ولاحظ أنه إذا قُطعت الاتصالات لمرات أثناء أداء المهام، فإن هذا سيخفض من ميزات الروبوت SCHAFT الذي يعتمد على إنجاز العمليات من بُعد في الزمن الحقيقي.

قد يكون الأمر موضع نقاش. في العام الماضي، حصلت غوغل على الروبوت SCHAFT (إضافة إلى ربوط Boston Dynamics)، وثمة شائعات تشير إلى أن الشركة ستسحب ربوطها من المسابقة، لأنها تفضل التركيز على الروبوتات التجارية عوضاً عن البحث عن تمويل من الجهات العسكرية. لقد جرى نزع موقع الوب الخاص بالربوط SCHAFT (باستثناء الصفحة الرئيسية التي لا تتضمن أية معلومات)، ورفضت غوغل الإجابة على طلب وُجّه إليها للتعليق على الأمر. ومع ذلك، بحسب السيد Pratt من DARPA "لسنا حالياً على علم بأية خطط للانسحاب من المسابقة".

وتقول DARPA إن نهائيات المسابقة DRC ستجري في وقت ما بين كانون الأول (ديسمبر) 2014 وحريران (يونيو) 2015¹.

قراءات للاستزادة

- Walter M.R., Hemachandra S., Homberg B., Tellex S., Teller S. "Learning Semantic Maps from Natural Language Descriptions", Robotics Science and Systems, June 2013, Berlin.
- Walter M.R., Friedman Y., Antone M. Teller S. "One-shot Visual Appearance Learning for Object Reacquisition", International Journal of Robotics Research (Special Issue on Robot Vision), vol. 31, no. 4, pp. 554-567, April 2012.
- DARPA YouTube channel, with videos of the Trials: <http://www.youtube.com/user/DARPAtv>

الكاتب

لوغان كوغلر Logan Kuglar: كاتب مستقل عن التقنيات يعمل أساساً في وادي السيليكون Silicon Valley.

¹ لقد جرى السباق في حريران 2015 وثمة مشاهد منها على اليوتيوب <https://www.youtube.com/watch?v=8P9geWwi9e0>.

الرؤية بوضوح أشدّ

SEEING MORE CLEARLY*

Neil Savage

ترجمة: د. محمد عباسي

مراجعة: د. أميمة الذكالك

تَطَوَّرَ فَهْمُ الحاسوب للصور كثيرًا، إلا أن الذكاء المرئي الحقيقي مازال بعيد المنال.

تُظهر الصورة طفلاً صغيراً يلبس قميصاً مخططاً وبنطالاً من الجينز الصدري، وهو يُحَدِّقُ باهتمام في فرشاة الأسنان التي يمسكها بيده اليسرى وينكشها باليمنى. يقول التعليق المُدَوَّن أسفل الصورة " ولدٌ صغير يحمل مضرب كرة البيسبول." في هذه الحالة، أخفق الحاسوب في جامعة ستانفورد في كاليفورنيا الذي أنشأ هذا التعليق، لكنَّ تعليقاته في حالات أخرى كانت أكثر دقة، إن لم تكن مثيرةً جداً. فالعبارات " كلبٌ أبيض وأسود يقفز فوق عارضة " و " بنت صغيرة تأكل



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

قطعة كعك" و "لاعب كرة البيسبول يرمي الكرة في مباراة"، جميعها وصفت صحيح للصور المفحوصة. حتى إن أخفق أحيانا في اعتبار فرشاة الأسنان مضرب بيسبول، أو في اعتبار النمس قطة، يستطيع الحاسوب اليوم أن يصف ما يحدث في صورة، أفضل بكثير مما كان يفعله قبل بضع سنين فقط. فقد حقق مجال فهم الحاسوب للصور تطوراً ملحوظاً في السنوات القليلة الماضية.

تقول السيدة فيفي لي Fei-Fei Lee رئيسة مخبر الرؤية والذكاء الصناعي في جامعة ستانفورد، ومبتكرة البرنامج الذي أنشأ هذه التعليقات: "تتحرك الأمور بسرعة كبيرة حالياً، إذ إننا نتعامل مع النجاحات المُبكرة في تعرّف الأشكال والمعالم". إن تطوير مجموعات كبيرة من معطيات تدريبية هو - جزئياً - ما جعل هذه النجاحات ممكنة. فقد بدأت السيدة لي، على سبيل المثال، في العام 2007 بناءً شبكة الصور Image Net، وهي مجموعة نمت إلى ما يقارب بليون صورة مُعنونة يدوياً من قبل 50,000 شخص تقريباً من خلال البرنامج Amazon Mechanical Turk الذي يدفع أجراً بسيطاً لمن يرغب في خوض تلك التجربة. في تلك الأثناء، طوّرت شركة مايكروسوفت مجموعة المعطيات (COCO) common objects in context، والتي تحتوي على 300,000 صورة، لكل منها خمسة تعليقات.

التقدم الآخر هو أن الحواسيب أصبحت على درجة من القوة تكفي لتطبيق الشبكات العصبونية التلافيفية في مهمة فهم الصور. كل عصبون في الشبكة هو مرشح ينظر إلى مقطع صغير من الصورة بعرض بضعة بكسلات، وبحسب قيمة تُمثل درجة ثقة الحاسوب بوجود غرض مُعيّن ضمن ذلك المقطع. تتراكم المقاطع لتغطي كامل الصورة، وتُكرّر الشبكة هذه العملية في العديد من الطبقات، بحيث يكون خَرْج كل طبقة دخلاً للطبقة التالية. يقول روب فرغوس Rob Fergus، وهو عالم في مجموعة بحث الذكاء الصناعي في فيسبوك في منلو بارك Menlo Park في كاليفورنيا: "بتدريب دقيق يمكن لهذه [التقنيات] أن تعمل جيداً في الواقع"، ويضيف: "قبل ظهور هذه النماذج لم تكن نظم التعرف ناجحة حقاً عملياً".

يقول السيد فرغوس، قبل خمس سنوات، كان معدّل خطأ نظم التعرف يُقارب 26%؛ أما اليوم فقد انخفض إلى 5% - 6%. هذا لا يعني أنه يُمكنها التعرف بقدر ما يستطيعه الإنسان، لكنها تُعمل جيداً في هذه التركيبة الصناعية بعض الشيء. في نهاية المطاف ستتفوق الحواسيب على البشر. ويعود الفضل في ذلك إلى سرعة نفاذها الواسع إلى المعلومات، إذ يمكنها دائماً تعرّف فصيلة كلب، وعام الصنع أو الطراز لسيارة، وهذه أشياء لا يمكن أن يتدبّرهما معظم الأشخاص.

فالفييس بوك الذي يُحتمل مستعملوه 400 مليون صورة يومياً، حسب فرغوس، مهتم جداً بمسألة أتمتة فهم الصور. إذ ترغب تلك الشبكة الاجتماعية أن تعلم: أمن المناسب وضع صورة معينة في صفحة المُستخدم، اعتماداً على ما تُريه الصورة، أو هل تُظهر أصدقاء المُستخدم؛ كما أنها ترغب في كشف المحتوى المثير للاعتراض، ومن ثم حذفه آلياً قبل أن يراه العامة. أحد المجالات التي يستكشفها فيس بوك هو كيفية تعرّف أشخاص وجوههم غير مرئية أو محجوبة جزئياً. ففي حين يمكن للإنسان أن يتعرّف مباشرة صورة الرئيس أوباما ووجهه غير متجه نحو الكاميرا، أو على المهاتما غاندي ورأسه مُنحنٍ للصلاة، لا يمكن للحاسوب فعل ذلك عموماً.

طوّر الباحثون في فيس بوك برنامجاً يُدعى تعرّف الشخص مهما كانت الوضعية Pose Invariant Person Recognition (PIPER) يبحث عن وضعيات "poselets"¹ - مثل وضعية اليد بجانب الورك، كيف يبدو الرأس والكتفان من الخلف - لتبين أنها ترى شخصاً، حتى لو لم تُحدد وجهاً. إذا زوّدنا النظام بصورة أولية لشخص، فإنه يستطيع تعرّف

¹ poselets: وضعيات مختلفة تبين علاقة أجزاء الجسم بعضها ببعض، تُستعمل في برامج تعرف الصور. (المترجم)

ذات الشخص ضمن صور أخرى في 83% من الحالات. وعندما توفرت صورة أمامية للوجه، تحسنت دقة برمجيات تعرف الوجه في فيس بوك إلى 89%-94%.

إن تعرف الأشياء المنفصلة ليس إلا جزءاً صغيراً من فهم المشهد. والخطوة التالية نحو نكاه الإبصار تكمن في معرفة العلاقة بين تلك الأشياء، وأن يُلاحظ: أيجري ثمة فعل، إذ هنا يأتي دور كتابة التعليق. درّب باحثو الشركة ميكروسوفت نظامهم عن طريق تقديم صور للحاسوب مرفقة بتعليقاتٍ وضعها أشخاصٌ. إحدى فوائد هذه الطريقة هي أن الأشخاص الذين كتبوا الوصف البسيط ركّزوا على أشدّ التفاصيل أهمية. فإذا احتوى التعليق على كلمة "حصان" مثلاً، فعلى الأرجح أن الحصان سيكون بارزاً في الصورة، وليس جزءاً صغيراً من الخلفية. كما يمكن للحاسوب أن يجد ترابطاً قوياً بين استعمال كلمة "يمتطي" وصور لشخص يعتلي حصاناً.

يقول السيد اكسيادون هي Xiadong He، الباحث في مركز تقنيات التعلم المُعمّق لشركة ميكروسوفت بمدينة ريتشموند Richmond: يتبع الحاسوب، بعد تدريبه، عمليةً من ثلاث مراحل. أولاً، يتعرّف الأشياء ضمن الصورة لتكوين قائمة بأكبر الكلمات احتمالاً لتطبيقها على الصورة. بعد ذلك، يستعمل هذه الكلمات لتكوين حتى 500 جملة مُرشحة. أخيراً، يرتب الجمل بحسب الأرجحية، بحيث تأتي أولاً أكبر الجمل احتمالاً لوصف ما يوجد في الصورة. ولفعل ذلك، يُكوّن خريطة من الاحتمالات، تُسمى الأشعة الدلالية، تُرتب مختلف الكلمات والتعابير لتُقرّر أيها يتناسب معاً. كما أنها تُكوّن ترتيباً مشابهاً للكلمات التي أسندها إلى أجزاء من الصورة. ويقارن قيم النصّ الدلالية مع القيم الدلالية للصورة، ويبين أن تلك العناصر من كل مجموعة، والأقرب بعضها إلى بعض، هي الأكثر احتمالاً أن تكون صحيحة. يقول السيد He: "يجب أن تكون للصورة الإجمالية نفس القيمة الدلالية التي لشرحها".

في مسابقة التعليقات على صور التي جرت في عام 2015 ضمن مشروع مجموعة المعطيات (COCO)، حيث تنافست 15 مجموعة من الصناعة والبيئة الأكاديمية لمعرفة من يستطيع أن يقوم بأفضل عمل لجعل الحواسيب تُؤدّ توصيفات، جاء فريق عمل شركة مايكروسوفت في المرتبة الأولى بحسب اختبار من نمط تورنغ Turing test، حيث طُلب من الحكام أن يُقرروا: أكتب التعليقات إنساناً أم آلة؟ إن أكثر من 32% من التعليقات المولدة آلياً ظنّوا الحكام أنها كُتبت من قبل أشخاص؛ و فقط 68% من التعليقات المكتوبة من قبل أشخاص أسندها الحكام إلى البشر، لذا فإن البرمجيات تُعتبر تقريباً في منتصف طريق النجاح باختبار تورينغ. يقول السيد He: "لو نظرت إلى هذه المسألة قبل عامين لوجدت النتائج تافهة. كان من السهل جداً أن نميز بين التعليقات التي جاءت من بشر وتلك التي جاءت من حاسوب". وفي فئة أخرى تعتمد على النسبة المئوية للتعليقات الآلية التي ظنّت مساوية أو أفضل من تعليقات كتبها أشخاص، فاز الباحثون من شركة غوغل؛ وبضمّ النتائج وجد أن الشركتين متعادلتان.

تعادل باحثو شركة مايكروسوفت في المركز الثالث مع باحثين من جامعة تورنتو في كندا، تقوم برمجياتهم أيضاً بتحليل الصور والجمل للبحث عن أفضل تطابق. تتضمن طريقة جامعة تورنتو، التي جرى تطويرها بالتعاون مع باحثين من جامعة مونتريال بكندا، مفهوم الانتباه. حيث يُحدد الحاسوب الشيء الأكبر أهمية في قطاع الصورة المُعطى، ثم يتحرك تسلسلياً عبر القطاعات، مُقرراً ما هو الأهم في كل منها، متأثراً بما شاهده في القطاعات الأخرى. وهو يُحلّل الصورة والجملة كليهما، ويحاول أن يجمع بين الصورة والجملة الأكثر تطابقاً منهما.

يقول ريتشارد زيمل Richard Zemel، من علماء الحاسوب في جامعة تورنتو: على حين يستطيع الحاسوب أن يتعرف على نحو صحيح، لنقل، وجود أشخاص ضمن قارب في صورة معينة، إن ذلك هو أقصى ما يمكن أن يصل إليه.

" ولكن، يُضيف السيد زيمل، ماذا يفعلون حقيقة؟ هل هم يَجِدُون بالقارب؟ هل هم يسقطون من القارب؟" " نحن حقيقة لم نصل بعد إلى النقطة التي تُمكننا من فهم ما يجري في تلك الصورة. على حين يستطيع شخص أن يفعل ذلك بنظرة واحدة."

وللاقترب أكثر من مثل هذا الفهم، يعمل السيد زيمل على تدريب الحاسوب على الإجابة عن أسئلة اعتبارية عن الصورة، من قبيل، "ما لون القميص؟" أو " ماذا يوجد أمام الأريكة؟" تتطلب الإجابة عن مثل تلك الأسئلة توصيفات للصورة أكثر تفصيلاً وليس فقط ماذا يوجد في الصورة، وأين هو. "إذا فهمت الصورة حقيقة، يُمكنك الإجابة عن سؤال عنها،" يُضيف زيمل. "أنا أعتقد أن هذا مؤشر أكثر دلالة على الفهم الصحيح." مازال العمل في مراحله المُبكرة، ويعود السبب جزئياً إلى أن قاعدة المعطيات الموجودة، التي تحتوي على أسئلة وأجوبة كتبها أشخاص عن صور، ويمكن للحاسوب أن يتعلم منها، ليست كبيرة جداً.

تقول السيدة لي، يُمكن أن يكون نكاء الإبصار الحقيقي مفيداً في مجالات كثيرة. فالعربات الذاتية القيادة، على سبيل المثال، يجب أن تكون قادرة على ما هو أكثر من القيادة على طريق في اتجاه محدد. فإذا وصلت عربة يقودها الحاسوب إلى منطقة عمرانية، على سبيل المثال، فإن المعلومات الجديدة المطلوبة لمتابعة القيادة بأمان سيكون معظمها مرئياً، من تلك المصادر: شرطة ينظمون السير. وتضيف، "عليك أن تقرأ إيماءاتهم. وعليك أن تقرأ إشارات الانعطاف. وعليك أن ترى الأقماع البرتقالية [الموضوعة على الطريق]."

يُمكن أن تُنبه العيون الإلكترونية المزودة بنكاء الإبصار، في مستشفى، المُمرضات إلى مشاكل لمرضى لم تلاحظها الممرضات، أو تذكرهن لغسل أيديهن قبل أن يلمس الحقنة الوريدية (IV) intravenous. وفي المطار، يمكن لها أن تُحدد طبيعة حقيقية ظهر متروكة كاحتراز أمني.

تعتقد السيدة Li، أنه على الرغم من حدوث تطور سريع أخيراً، فإنه يمكن أن يصبح بطيئاً مع محاولة العلماء التصدي لتحديات أكثر تعقيداً من تعرف الأشياء، والانتقال إلى المحاكمة واستنتاج العلاقة بين الأشياء والأفعال. وهذا يتطلب بناء قواعد معطيات تُبرز مستوى أشد تعقيداً للترابطات البيئية في العالم. وتُقارن ذلك بالتحدي الذي واجهته البحوث الحاسوبية الأساسية في اللغة الطبيعية. يؤدي محرك البحث عملاً ممتازاً عندما يُعطي مصطلحات مُقطعة للبحث عنها، ولكن اسأله سؤالاً طويلاً، من قبيل "أعطني أسماء المُسكنات التي ليس لها تأثيرات جانبية في المعدة،" فسوف يتعثر. تقول السيدة Li، حالياً، تُعتبر جودة الحواسيب في وصف محتوى الصور، كمثل جودة طفل عمره ثلاث سنوات. "وأعتقد أن هناك طريقاً طويلاً للوصول إلى مستوى كامل، يتعادل مع شخص بالغ يحمل شهادة جامعية."

قراءات مختارة

- Fang, H., Gupta, S., Iandola, F., Srivastava, R.K., Deng, L., Dollár, P., Gao, J., He, X., Mitchell, M., Platz J.C., Zitnick, C.L., Zweig, G. From Captions to Visual Concepts and Back, *Computer Vision and Pattern Recognition*, Boston, MA, 2015.
- Zhang, N., Paluri, M., Taigman, Y., Fergus, R., and Bourdev, L. Beyond Frontal Faces: Improving Person Recognition Using Multiple Cues, *Computer Vision and Pattern Recognition*, Boston, MA, 2015.
- Ren, M, Kiros, R., and Zemel, R. Exploring Models and Data for Image Question Answering, *Deep Learning Workshop at the International Conference on Machine Learning*, Lille, France, 2015.
- Vinyals, O., Toshev, A., Bengio, S., and Erhan D. Show and Tell: A Neural Image Caption
- Generator, *Computer Vision and Pattern Recognition*, Boston, MA, 2015. How We Teach Computers to Understand Pictures, Fei-Fei Li TED Talk. <https://www.youtube.com/>

البرمجة في حصص العلوم للطلاب من

عمر 4 سنوات حتى 19 سنة (K-12)

PROGRAMMING IN K-12 SCIENCE CLASSROOMS*

Pratim Sengupta et al.

ترجمة: د. رضوان قسطنطين

مراجعة: د. خالد مصري

تعريف الطلاب بالبرمجة المرئية وسيلة للبرمجة المعتمدة على النص.

إن إدخال النمذجة الحوسبية computational modeling لطلاب K-12 وسيلة "لدراسة العلوم" يمكن أن تزيد مشاركة الطلاب بالحوسبة زيادةً كبيرة [3,4]. ولكن، كيف يمكن لأساتذة العلوم للطلاب K-12، أن يُدرّسوا هذه الصفوف مع أن خبرتهم بالبرمجة قد تكون ضعيفةً أو معدومة؟ وكيف يمكن للمدرسين أن يتبنوا النمذجة الحوسبية بطريقة لا تعمق تعلم العلوم فقط، وإنما تدعم أيضاً تطوير خبرات البرمجة الأصيلة؟

نجري منذ عام 2012 دراساتٍ على صفوف الثالث والرابع والخامس والثامن (أعمارهم 8-10 و 13 عاماً) في المدارس العامة، يستعمل الأساتذة والطلاب فيها، الذين ليس لهم أية خبرة سابقة بالبرمجة، البرمجة جزءاً من مناهجهم العلمي النظامي طوال السنة الدراسية. كان معظم الطلاب الذين عملنا معهم من الأمريكيين الأفارقة (100% في الصفوف الثالث والرابع والخامس و 70% في الصف الثامن)، وهم قد جاؤوا من بيئة اجتماعية واقتصادية متواضعة. استعمل هؤلاء الأساتذة اللغة ViMAP، وهي لغة برمجة مرئية ومنصة نمذجة تعتمد على الوكلاء agent-based، (انظر الموقع <http://www.vimapk12.net>) تستعمل محرك المحاكاة NetLogo [4]. في البرمجة المعتمدة على الوكلاء يُنشئ المستعملون المحاكاة الخاصة بهم عن طريق برمجة السلوكيات والتفاعلات بين الوكلاء البرمجيين. لقد صمّمنا اللغة ViMAP خصوصاً لنمكّن من مكاملة البرمجة مع مناهج عام دراسي كوسيلة لنمذجة الظواهر العلمية البارزة ومحاكاتها في صفوف K12 باستعمال البرمجة المرئية؛ ولإنشاء مسارات للانتقال من البرمجة المرئية visual programming إلى البرمجة المعتمدة على النص text-based في الصفوف العليا. لقد استعمل طلاب الصفوف من الثالث حتى الخامس البرمجة المرئية، أما طلاب الصف الثامن فقد استعملوا البرمجة المرئية والبرمجة المعتمدة على النص.

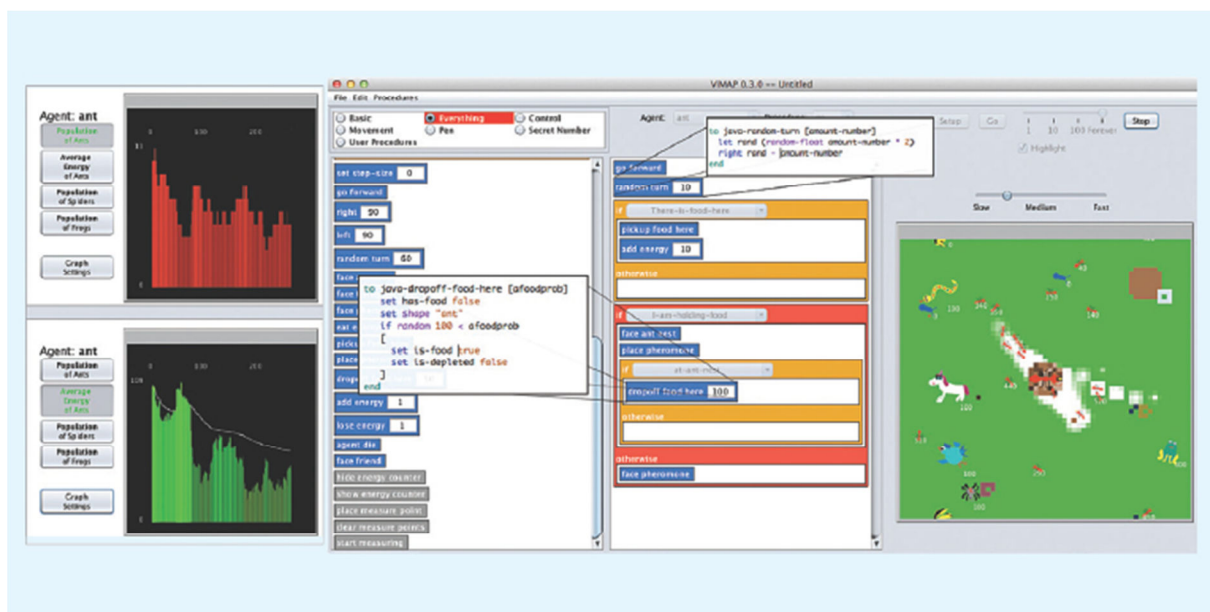
*نشر هذا البحث في مجلة Communications of the ACM، المجلد 58، العدد 11، تشرين الثاني (نوفمبر) 2015، الصفحات 33 – 35.



طلاب الصف الرابع في تينيسي Tennessee وهم يبرمجون نماذج باستخدام ViMAP-Ant لإجراء تجارب محاكاة وتطوير تفسيرات رياضية عن الترابط البيئي. لقد طور طلاب الصف الثامن أوامر البرمجة لهؤلاء الطلاب.

أثناء دراستنا، أنشأ كلٌّ من الأساتذة والطلاب نماذج ViMAP وحسّنها مرتين أسبوعياً على مدار العام الدراسي. قاد الأساتذة التعليم في الصف. وخلال الاجتماعات الأسبوعية، وفرّ الباحثون دعماً مهنياً مستمراً بتصميم النشاطات الدراسية بالتعاون مع الأساتذة، اعتماداً على حالتهم وعلى الاحتياجات الدراسية التي تتطلبها المقاطعة. تضمنت النشاطات الدراسية علم الحركة (في الصفين الثالث والرابع) وعلم البيئة (في الصفوف الثالث والرابع والثامن). في علم الحركة، صمّم الطلاب محاكاةً لوكيل Net Logo وحيد باستخدام لغة ViMAP (ViMAP Motion)، أما في علم البيئة، فقد برمجوا سلوك وكلاء متعددين وبرمجوا أنواعاً من الوكلاء إمّا في النظام البيئي: عصفور وفرشة ووردة (ViMAP-Bird) أو في نظام مستعمرات النمل بمستويات متعددة من الحيوانات المفترسة predators¹ (ViMAP Ants). أظهر الطلاب في الصفوف الثالث والرابع والثامن، في تقييمنا، كسباً واضحاً للتفكير الحوسبي وكذلك في الاختبارات

¹ يمكن الحصول على برمجيات ViMAP والمنهاج المرافق من الموقع <http://www.vimapk12.net>.



وأمر محاكاة وبرمجة الدورة الغذائية للنمل ViMAP-Ant-Foodweb التي طورها طلاب الصف الثامن. تم انتقاء صور تبين إجراءات NetLogo التحتية لأوامر ViMAP التي أنشأها الطلاب. من اليسار إلى اليمين: مبيانات توزيع السكان والطاقة، مكتبة أوامر ViMAP، عينة من برنامج ViMAP، ومحاكاة NetLogo التي يتحكم بها برنامج ViMAP.

المعيارية على مستوى الولاية في العلوم والرياضيات. لقد كان فوز الطلاب في الاختبارات المعيارية أعلى بكثير من فوز الطلاب في الصفوف الأخرى من نفس المدرسة الذين لم يستعملوا ViMAP أو أية لغة برمجة أخرى في مناهج العلوم. لقد وجدنا أن الأساتذة استعملوا البرمجة في مناهجهم بالطرق التالية:

إعادة تأطير البرمجة على أنها تصميم لقياسات رياضية. أخبرنا جميع الأساتذة الذين عملنا معهم أن طلابهم كانوا يعانون من مشكلات في تفسير القياسات الرياضية وإنشائها أثناء حصص العلوم النظامية (على سبيل المثال: وحدات القياس والمبيانات graphs). يجري التركيز على وحدات القياس المستعملة في عددٍ من التقويمات القياسية على امتداد البلاد، لذلك فهي تُعدُّ من الأهداف التعليمية المهمة. وصرَّح المدرسون لدينا بأن البرمجة باستعمال ViMAP قد ساعدت الطلاب على اجتياز هذه التحديات لأن نشاط برمجة سلوك الوكلاء يتطلب من التلاميذ تعريف الحدث باستعمال قياسات متقطعة. تُمثل حالة المحاكاة، في كل لحظة، حدثاً وحيداً على شكل تمثيلات فضائية لأفعال الوكيل وتفاعلاته. "لتنفيذ" المحاكاة، تُكرَّر هذه الأحداث عدة مرات حسبما يُحدِّد المُستثمر. ومن خلال المساهمة بالدورات التكرارية لبناء نماذج ViMAP ومشاركتها وتحسينها والتحقق منها، يتحسن فهم الطلاب لأفعال الوكلاء البرمجية وتفاعلاتها التي تمثل "أحداثاً" يجري إظهارها لاحقاً على المبيانات. وسيكون لدى الطلاب فرصة استكشاف أنواع متعددة من الوحدات، ورؤية محاكاتهم مقيسة بهذه الوحدات.

النمذجة التجسيدية تدعم التفكير والبرمجة المعتمدين على الوكلاء. تتطلب برمجة الوكيل تعلّم التفكير بطريقته، لأن هذا يساعد الطلاب على فهم العلاقة بين رمازهم البرمجي وخرج المحاكاة. لقد رأى جميع المدرسين أن النمذجة التجسيدية هي نشاط قيم لتعليم الطلاب طريقة التفكير مثل الوكلاء. لقد قدّمت النمذجة التجسيدية إلى الطلاب

قواعد الحوسبة ذات الصلة التي تمثلها أوامر التحكم في اللغة ViMAP، وساعدتهم على تنقيح برامجهم وعمقت فهمهم للمبانيات. على سبيل المثال، قام طلاب الصف الثالث لأول مرة بنشاط تجسدي حيث تصرفوا كالفراشات وجمعوا الرحيق، باتباع قواعد بسيطة تربط طاقة الفراشات بحركاتها وجمعها للرحيق. غالباً ما كان الأساتذة يشيرون إلى تجارب الطلاب في مجال النمذجة التجسيدية أثناء مناقشتهم لمبانيات ViMAP الهامة، وأثناء مساعدتهم للطلاب في تنقيح برامجهم.

تساعد أوامر البرمجة ودعامات إظهار الرماز على تعميق فهم المفاهيم العلمية. لقد جرى تصميم بعض الأوامر البرمجية في ViMAP لتمثيل المفاهيم العلمية مباشرةً. على سبيل المثال، أثناء برمجة النظم البيئية، يستطيع الطلاب استعمال أوامر برمجية مثل: "صنّع سلالة من نفس النوع" لتحديد السلوك الإنتاجي للوكلاء. وبالمشابهة، حين كان الطلاب ينشئون محاكاة تسارع باستعمال ViMAP، كان بإمكانهم استعمال أوامر مثل: "غيّر حجم الخطوة" لتغيير سرعة السلحفاة -خطوتها- بمقدارٍ معيّن. وبذلك، فإن مناقشة الطلاب لنماذجهم في لغة ViMAP ومحاكاتها يتطلب منهم التفكير في المفاهيم العلمية ذات الصلة والحديث عنها. تُقدم ViMAP أيضاً دعومات لإظهار الرماز: تنفيذ خطوة رمازٍ أو "إبراز" طريقة العمل أو التأخير الزمني. هذا يعني أنه أثناء تنفيذ برنامج ViMAP يُبرز الأمر البرمجي في قيد التنفيذ بالأحمر، ويمكن للمستثمر أن يضع تأخيراً زمنياً بين زمن تنفيذ الكُتل البرمجية. يمكن أن يستعمل الطلاب هذه الدعومات لتعميق فهمهم للعلاقات بين برامج ViMAP وخرج المحاكاة، ويتعلمون المفاهيم العلمية ذات الصلة بمشاركتهم في النقاشات مع طلاب أمثالهم ومع المدرسين حول كيفية تأثير الأوامر البرمجية على المحاكاة وعلى المبيانات.

تعزيز ثقافة مشاركة النماذج وانتقادها في الصف. لقد جمع المدرسون، دورياً، صفوفهم معاً لإنشاء ثقافة "المشاركة والنقد" لنماذج أقرانهم، أي لبرامجهم في لغة ViMAP ومحاكاتها ومبياناتها. وبهذه العملية، طوّر الصف كلّهُ، معيارياً، معايير ما يمكن أن نعتبره نموذجاً حوسبياً "جيداً". وفي مقرر يمتد على أربعة أشهر حول نمذجة الحركة، طوّر طلاب الصف الثالث مع أساتذتهم المعايير التالية: "يجب أن يمثل النموذج الجيد بعض الجوانب الهامة من الواقع بدقة"، و "يمكن للنموذج الجيد أن يكون تقريبياً" و "يمكن أن يُستعمل النموذج الجيد في إجراء تنبؤات جيدة ودقيقة". لقد نشأت هذه المعايير بدايةً من قيادة الأساتذة للنقاشات الصفية بما يسمى اجتماعياً (صوّت عن طريق الاختيار الشعبي)، ولكن مع مرور الزمن، أصبحت هذه المعايير تدريجياً مؤسّسةً بقدراً أكبر على التقاسير الرياضية للطلاب للجوانب ذات الصلة لمحاكاتهم في لغة ViMAP. قاد هذا الأمر الطلاب تدريجياً إلى استعمال تجريدات حوسبية أكثر تطوراً، مثل الحلقات والشروط لجعل نماذجهم قادرة على التنبؤ.

الانتقال من البرمجة المرئية إلى البرمجة المعتمدة على النص

مع أن البرمجة المرئية خفضت حاجز الدخول إلى البرمجة، فإن المتعلمين الذين يرغبون في متابعة عملهم في مجال الحوسبة قد يجدون أن طبيعة "يسحب ويُفلت" drag-and-drop للبرمجة المرئية غير أصلية inauthentic، أو أنهم يجدون صعوبة في الانتقال إلى البرمجة المعتمدة على النص text_based [1]. لقد صممت لغة ViMAP صراحةً لمعالجة هذا الموضوع. وجرى تعريف الأوامر البرمجية المرئية في ViMAP على أنها إجراءات قصيرة بلغة NetLogo (انظر الشكل المرفق)، والتي يمكن للطلاب الوصول إليها أو تعديلها. بعد المشاركة في البرمجة المرئية باستعمال ViMAP مدة شهرين تقريباً، لبناء محاكاة الارتباط التبادلي في مستعمرات النمل، أراد طلاب الصف الثامن وأساتذتهم أن يقوموا بتعديلات أعمق على رماز NetLogo المعتمد على النص. ولكن، بسبب المدة التعليمية المحدودة، وجد الأستاذ صعوبة في مساعدة

الطلاب على إنشاء محاكاة جديدة باستعمال البرمجة المعتمدة على النص في NetLogo. تطلب هذا الكثير من العبء الإضافي، لأن التركيب النحوي اللغوي كان منفصلاً عن المفاهيم العلمية ذات الصلة. لمعالجة هذا الموضوع، قرر الأستاذ بعدها العودة إلى وحدة النمل في لغة ViMAP والطلب من الطلاب أن يعملوا في مجموعات صغيرة لإنشاء أوامر ViMAP جديدة من خلال تعديل الرمز NetLogo التحتي underlying وتوسعته (انظر الشكل). فيما يخص إلى طلاب الصف الثامن، كان هذا العمل محفزاً بمشروع مُميّز لتصميم وإنشاء إصدار جديد من ViMAP-Ants لتعليم طلاب الصف الرابع دورة الغذاء food webs التي يتطلبها المنهاج المعياري للصف الرابع. قدّم الأستاذ إلى الطلاب فكرة "القطع" (الإجراءات) الهامة في رموز NetLogo التي تتعلق ببعض أوامر ViMAP المعينة التي ألفها الطلاب من قبل. لقد قادت المدرّسة نقاشات الصف التي فسر فيها الطلاب تعاونياً دلالة التجريدات الحوسبية في رموز NetLogo وشرحوها بدلالة المفاهيم العلمية ذات الصلة المُمثّلة بأوامر ViMAP. ولذلك أصبح تعلم التركيب النحوية وأشكال التجريد الجديدة (مثل الصفوف) في البرمجة المعتمدة على النص متلازماً بعمق مع المفاهيم ذات الصلة في علم البيئة (على سبيل المثال: تراتبية الكائنات الحية في الدورة الغذائية). وفي حين قدمت أعمال الطلاب السابقة باستعمال البرمجة المرئية إلى الطلاب التجريد الحوسبي مثل الحلقات والمتغيرات والشروط، فقد عمّقت البرمجة المعتمدة على النص تفكيرهم الحوسبي لأنها تطلبت منهم إنشاء أغراض حوسبية أو صفوف، والتصريح عن متغيرات محلية جديدة، وإنشاء شروط وتعديلها، وتحرير لوائح وتطويعها لأهداف أخرى، واستعمال الأعداد العشوائية. لقد كان تطور تفكير الطلاب الحوسبي أكثر وضوحاً في التقييم اللاحق post-assessment، حيث أنشؤوا بنجاح أوامر جديدة لمحاكاة نظم بيئية مختلفة باستعمال NetLogo من دون مساعدة الأستاذ.

الخلاصة

لا يُعدّ دمج الحوسبة على المدى البعيد في صفوف العلوم لطلاب K-12 هاماً لتوسيع مشاركتهم في الحوسبة فحسب، وإنما أيضاً لأنها تُعمّق فهم الطلاب للمفاهيم العلمية أكثر مما هو متاح في الصفوف التقليدية. وفي الوقت نفسه، يطور الطلاب الممارسة العلمية الرئيسية للنمذجة، وخاصةً النمذجة الرياضية. يمكن أن تقوم الحوسبة المعتمدة على الوكلاء، وخاصةً المخصّصة لمجال معين، ولغات البرمجة المعتمدة على الوكلاء مثل ViMAP بدورٍ كبير في هذا الأمر. يمكن لأساتذة المدارس الابتدائية والمتوسطة، الذين ليس لهم خبرة سابقة بالبرمجة، أن يُضمّنوا منهاجهم بالفعل وبنجاح مثل هذه المنصات البرمجية، باعتبار البرمجة وسيلةً لتصميم وحدات القياس والبيانات وتفسيرها وإنشائها. فضلاً على ذلك، حين تصبح البرمجة لغة العلم خلال العام الدراسي، وخاصةً في الصفوف العليا، من الضروري إدخال البرمجة المعتمدة على النص، بحيث يستطيع الطلاب مواجهة تحديات النمذجة الحوسبية إلى أبعد ما يمكن أن تصل إليه البرمجة المرئية. يمكن لهذا الانتقال أن يأخذ الطلاب إلى التعمق أكثر في كلٍ من البرمجة والعلوم، بإتاحة استعمال البرمجة المعتمدة على النص لإنشاء كُتَل برمجية مرئية لنمذجة العلوم.

المراجع

- [1] DSalvo B.,” Graphical qualities of educational technology: Using drag-and-drop and text-based programming for introductory computer science”. IEEE Computer Graphics and Applications, 38, 6 (June 2014), 12-15.
- [2] Farris A. V. and Sengupta P. “Perspectival computational thinking for learning physics: A case study of collaborative agent-based modeling”. In Proceedings of ICLS 2014, 3 (May 2014) 1102-1107.
- [3] Sengupta P., Kinnebrew J.S., Basu S., Biswas G. and Clark D., "Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: A theoretical framework" Education and Information Technologies 18, 2 (Feb. 2013), 351-380.
- [4] Wilensky U., Brady C.E. and Horn F.S., "Fostering computational literacy in science classrooms". Commun ACM 57,8 (Aug 2014), 24-28.

المؤلفون

- Partim Singupta** (pratim@vimapk12.org) هو أستاذ تعليم العلوم في جامعة Calgary Alberta في كندا.
- Amanda Dickes** (Amanda.C.Dickes@vanderbit.edu) هي طالبة دكتوراه في برنامج تعليم العلوم في جامعة Vanderbilt في Nashville, TN.
- Amy Voss Faris** (amy.voss@vanderbit.edu) هو طالب دكتوراه في برنامج تعليم العلوم في جامعة Vanderbilt في Nashville, TN.
- Ashlyn Karan** (ashlynk@gmail.com) مدرسة علوم للصف الثامن في مدرسة Liberty Collegiate Academy في Nashville, TN.
- David Martin** (kitcmartin@gmail.com) طالب دكتوراه في برنامج تعليم العلوم في جامعة Northwestern في Evanston, IL.
- Mason Wright** (masondw@umich.edu) طالب دكتوراه في قسم علوم الحاسوب في جامعة Michigan في Ann Arbor.

يجري تمويل برمجيات ViMAP والمناهج المرافقة لها من جائزة NSF CARRER رقم #1150230.

ما وراء الكتل: النحو والدلالة

BEYOND BLOCKS: SYNTAX AND SEMANTICS*

R. Benjamin Shapiro, Matthew Ahrens

ترجمة: د. أحمد حصري

مراجعة: د. خالد مصري

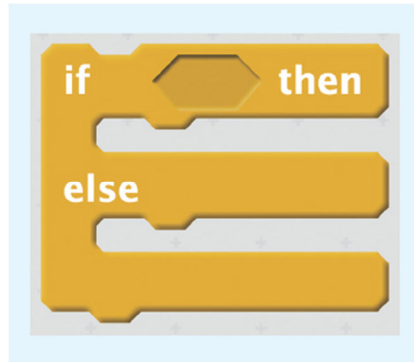
كيف يمكن لمستقبل أدوات البرمجة المتعددة الاستعمالات أن يتضمن التحرير البنوي المعتمد على الكتل، وكيف ينبغي لنا دراسة انتقال الطلاب إلى أدوات برمجة تعتمد على النصوص.

يتعلم ملايين الطلاب اليوم البرمجة انطلاقاً من نُظُم تعتمد على الكتل. والكتل هي تمثيلات مرئية لرماز البرنامج، تضيف تحرير الشكل واللون والسحب والفلت drag-and-drop للنحو المحسوس (انظر الشكل 1). ظهرت الكتل في مُحَرَّرَات النصوص المُهيكلية في وقتٍ مبكرٍ يعود للعام 1992،⁶ وهي تُقدِّم عدداً من الإمكانيات: الحوّل دون ارتكاب أخطاءٍ



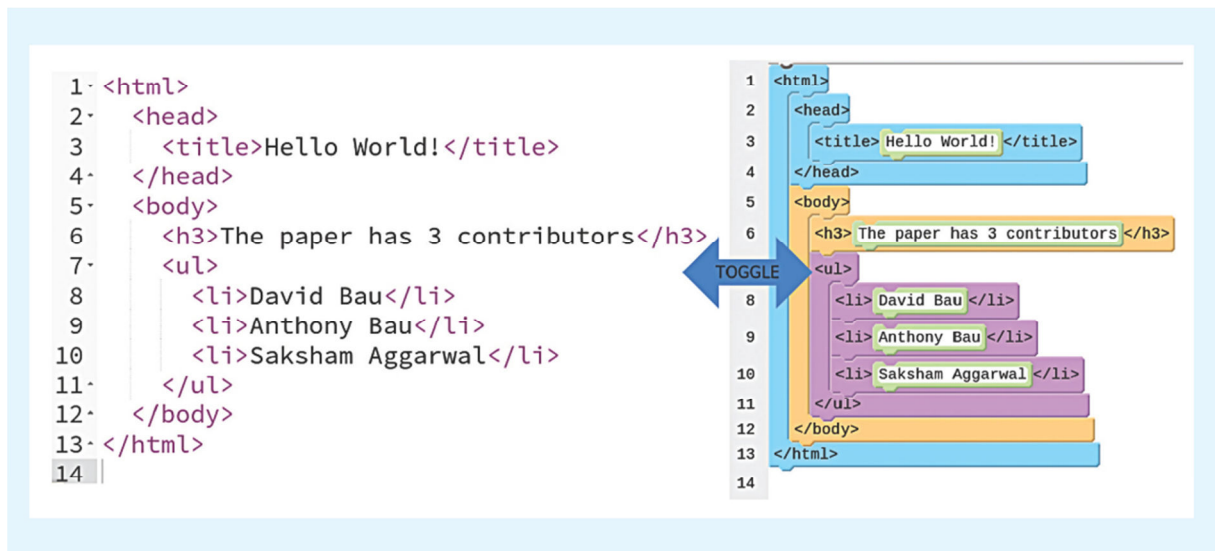
ثلاث طالبات يبرمجن في البيئة BlocklyTalky مركّب تردد synthesizer، لعزف جزءٍ من أغنية شعبية صاحبة pop song.

* تُشير هذا البحث في مجلة Communications of the ACM، المجلد 59، العدد 5، أيار (مايو) 2016، الصفحات 39 – 41.



الشكل 1. كتلة IF/ELSE من لغة سكراتش Scratch.

نحوية (انظر الشكل 2)، والمساعدة على الكتابة (يناسب الحيز الظاهر في الشكل 1 والذي يشبه بلورة الألماس عبارة لها قيمة بوليانية فقط)، واكتشاف واجهة برمجية للتطبيقات (API (Application Programming Interface) (تُوفّر مُحررات الكُتل نموذجياً لوحة من الأغراض والطرائق المتاحة). يستفيد المبتدئون من هذه الإمكانيات لتجاوز بعض التحديات الشائعة في تعلّم البرمجة، وهناك دليلٌ متواضع على أنه يمكن للكُتل أن تُحسّن تعلّم الطالب للبرمجة مقارنةً بالنصوص.^{5 و7} قد لا يرغب معظم مستخدمي هذه النظم المُخصّصة للمبرمجين المبتدئين في تخطّيها، ولكن ماذا بشأن أولئك الذين يرغبون في ذلك؟ هل سيلتزمون بالكُتل أم سيهجرونها إلى النصوص؟ هل سيغدو التحرير المُعتمد على الكُتل مقيساً لمطوّرِي لغات برمجة التطبيقات الصناعية والأكاديمية، أم أن تقدّم مُتعلّمي البرمجة من البيئات التمهيدية يتطلب بالضرورة التخلي عن الكُتل؟



الشكل 2. يُمكن Pencilcode، وهو مُحرّر HTML معتمد على الكُتل، من كتابة رمازٍ صحيح نحويّاً فقط، ويسمح بالتنقّل toggling بين التمثيل بالكُتل والتمثيل النصي المماثل له من حيث الشكل. الصورة مُستقاة من مقالة¹ Aggarwal et al.

تعميم الكُتل

تتحرى مشاريع بحثٍ عديدة ما يمكن أن تبدو عليه أدوات البرمجة المتعددة الاستعمالات ذات السمات الشبيهة بالكُتل. يبحث المشروع Snap! في كيفية تصعيد scale up الكُتل من البرامج البسيطة إلى البرامج المُعدّة، كتلك التي تتطلب بنى معطيات مُعدّة، أو تجريدات يولّدها المستخدم، أو البرمجة الغرضية التوجّه، أو التفاعل مع الوب، أو حتى تقنيات الحوسبة العالية الأداء.⁴

يمكن أن يحسّن استعمالُ بياناتٍ هجينة من الكُتل والنصوص فعاليّة كلٍ منهما وقابلية استعمالها، كما يظهر في دراساتٍ وجهودٍ حاليّةٍ متعددة. فالمشروع Green foot 3، على سبيل المثال، يُمكن المستخدمين من إدارة مُقتطعات طويلة من رماز جافا java بواسطة عناصر شبيهة بالكُتل تُدعى أُطراً frames، وفي الوقت ذاته يستبقي قابلية تحرير رماز الأُطر بسهولة بالاستعانة بلوحة المفاتيح والنصوص، وهذا الأمر يُزيل إحدى الشكاوي الشائعة على الكُتل، التي تُزعج المُبرمجين المتقدمين. يُمكن أن توضّح أعمالٌ كهذه قريباً كيف يمكن تضمين مستقبل أدوات البرمجة المتعدّدة الاستعمالات تحريراً مهيكلاً structured يعتمد على الكُتل.

تقبّل الرماز الجديد، كما تقبّلت الرماز القديم

لقد تمّنت واجهات تخاطب التحرير- وأدوات البرمجة والثقافة عموماً- عن التغيير بدرجة تثير الدهشة. فمع أنه مرّ أربعون عاماً على مُحرّر النصوص vi، فإنه ما زال شائع الاستعمال عند المبرمجين، مع توفر أبدال أكثر تشجيعاً للمستخدم. يقاوم العديد من المبرمجين، ويشمل ذلك المبتدئين، واجهات التخاطب البيانية، التي تُعزّز خبرة البرمجة: فقد وجدت دراسةٌ أجريت على طلاب على مستوى الدخول في المدارس الثانوية للبرمجة أن الأغلبية الساحقة منهم لاحظت سهولة البرمجة المُعتمدة على الكُتل، إلاّ إنهم رأوها أقلّ قدرةً وأكثر بطئاً وأنها زائفة.⁸ تختلف تفضيلات الطلاب الأمريكيين من أصلٍ إفريقيّ للكُتل على النصوص اختلافاً كبيراً، تبعاً لأهدافهم المهنية البعيدة المدى، في حين يُفضّل الذين يُحدّدون البرمجة هدفاً لحياتهم المهنية النصوص على الكُتل.³

من المتعدّر في الوقت الحاضر على الأقل أن نُشارك في النظم البيئية الاجتماعية-التقنية للبرمجة المتعددة الاستعمالات الحالية، قبل التمكن من قراءة النصوص وتحريرها، ويشمل ذلك النصوص التي كتبها آخرون. بقطع النظر عمّا إذا كانت الكُتل ستصبح المُقيس المتعدد الاستعمالات التالي، أم لا، فإن المتعلمين في المستقبل القريب سيحتاجون للتحوّل من الكُتل إلى النصوص.

من الكُتل إلى النصوص، ومن نهجٍ خاصٍ بالمبتدئين إلى نهجٍ متعدد الاستعمالات

يُمكن لأدوات الترجمة من الكُتل إلى النصوص أن تُحسّن قدرات الطالب على تعلّم اللغات التقليدية بعد استعماله الكُتل.² تشير إلى أنه لا تتوفر بحوثٌ تجريبية منشورة تفحصت الخبرات التي يكتسبها الطلاب لدى انتقالهم من الكُتل إلى

النصوص، ويشمل ذلك التحديات التي يواجهونها وهم يتقدمون إلى ما وراء المنصة المغلقة ¹walled gardens للغات وأطر العمل الخاصة بالمبتدئين.

تتركز الجهود الحالية لدعم الانتقال من الكتل إلى النصوص على بناء النظم وليس على بحوث التعلم، وهي تشتمل على التحول من الكتل إلى نصوص مكافئة مماثلة لها شكلاً isomorphic. تضمنت ورشة عمل عُقدت أخيراً في ندوة نظمتها IEEE عن اللغات المرئية والحوسبة المركزة على الإنسان human-centric computing، تحت عنوان الكتل وما وراء الكتل، عروضاً لعدة أدوات تترجم البرامج التي تعتمد الكتل إلى برامج مكافئة لها تعتمد النصوص. ولكن هذا التركيز على الكتل مقابل النصوص (والكتل إلى نصوص) يُضلل انتباهنا. فمع أن تعلم استعمال النحو المحسوس للغات البرمجة المتعددة الاستعمالات هامٌ للمطورين المبتدئين، فإنه ليس أصعب مشكلةً يواجهونها.

إذا استثنينا بضع حالات، فإن بيئات البرمجة المعتمدة على الكتل تقرن الدعم النحوي للكتل بالمساعدة الدلالية للواجهات البرمجية للتطبيقات API التي أنشئت لغرضٍ مُحددٍ بشكلٍ مشجعٍ للمبتدئين. على سبيل المثال، سهل التطبيق App Inventor ² تطوير نظام التشغيل أندرويد Android تسهياً كبيراً، بواسطة التجريدات التي تسمح بإنشاء التطبيقات الخلوية ببضعة سطورٍ من الرماز. ولكن إذا رغب المتعلمون تجاوز ما هو ممكن ضمن تغليفات wrappers التطبيق App Inventor لطقم التطوير البرمجي لنظام أندرويد (Software Development Kit (SDK) ³، فإن عليهم في الوقت ذاته التخلي عن الكتل لمصلحة النصوص وتعلم لغة جافا ونظام أندرويد الأصلي. تُعالج النسخة النصية للواجهات البرمجية للتطبيق App Inventor شريحةً محدودةً فقط من المشاكل التي يواجهها المتعلمون عندما يرغبون في تطوير قدراتٍ برمجية أقوى. يتجاهل التركيز على الانتقال بين اللغات النصية والكتل المشابهة لها شكلاً المسألة الدلالية (كما هو شأن المحرر Pencilcode المعتمد على الكتل، المبين في الشكل 2).

نحتاج إلى بحثٍ يتحرى كيفية دعم انتقال الطلاب من أدوات البرمجة المُساعدة نحويًا ودلاليًا المُخصَّصة للمبتدئين، إلى عالمٍ أقل مساعدةً من اللغات والمنصات المتعددة الاستعمالات.

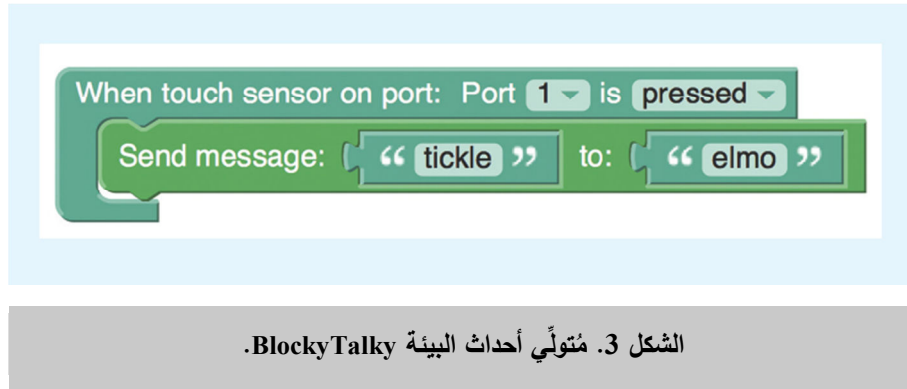
دعم تعميق المفاهيم

إننا نتحرى كيفية تصميم أدوات برمجة لا تدعم فقط الانتقال من الكتل إلى النصوص، بل تسمح أيضاً بالتعرف تدريجياً بدلالة بيئة البرمجة المتعددة الاستعمالات. لتحقيق ذلك، ابتكرنا البيئة BlockyTalky، وهي بيئة برمجة تعليمية مفتوحة المصدر لتشبيك التجهيزات الفيزيائية. تعمل هذه البيئة على تجهيزات حاسوبية رخيصة الثمن مثل Raspberry Pi، وتُمكن المستخدمين من إنشاء تشكيلةٍ واسعة من الابتكارات، بدءاً من أنظمة الموسيقى الحاسوبية وانتهاءً بمشاريع إنترنت الأشياء. يمكن أن يبدأ المستخدمون ببيئة كتل مبسطة دلاليًا، ثم ينتقلون إلى تجربة نصوص أكثر مرونة وقدرةً. تُسهل ترجمة الكتل إلى نصوص هذه المهمة بتمكين المستخدمين من بدء عملهم بنصوصٍ لنسخٍ مكافئة دلاليًا ومماثلة نحويًا لبرامج الكتل التي

¹ المنصة المغلقة walled garden أو closed platform هي نظام برمجي يتحكم فيه مزود الخدمة أو الحامل carrier بالتطبيقات والمحتوى والوسائط، ويُفيد سهولة النفاذ إلى الوسائط أو التطبيقات أو المحتوى غير المعتمد. (المراجع)

² تطبيق وب المفتوح المصدر يُمكن المبتدئين في البرمجة من إنشاء تطبيقات برمجية لنظام التشغيل أندرويد. (المراجع)

³ مجموعة أدوات تطوير تُستعمل لإنشاء التطبيقات في منصة أندرويد. (المراجع)



الشكل 3. متولّي أحداث البيئة BlocklyTalky.

يستعملونها، إلا أنه لا يمكن للمتعلّم المضي إلى أبعد من هذه التماثلات الشكلية isomorphisms إلا بواسطة نشاطات برمجية، لكي ينفذ إلى غنى البيئة المتعددة الاستعمالات وسعتها.

لننظر في المثال الآتي: يستدعي تأليف برامج معتمدة على الكتل في البيئة BlocklyTalky استعمال تجريدات لمسائل مثل تولّي المداخل الفيزيائية والتواصل بواسطة الشبكة مع تجهيزات أخرى. يبين الشكل 3 متولّي أحداث event يُرسل رسالة (tickle) غير مترامنة لتجهيزة أخرى (elmo).

```
when_sensor "PORT_1" == 1 do
  send_message("tickle", "elmo")
end
```

الشكل 4. النسخة النصية للشكل 3 في اللغة الخاصة بمجال BlocklyTalky DSL.

يمكن لمستخدمي البيئة BlocklyTalky النفاذ إلى نُسخ نصية من برامجهم المعتمدة على الكتل في لغة خاصة بالمجال Domain Specific Language (DSL) أنشأناها لكبسلة تولّي الأحداث، وللجدولة والتشبيك والأوجه الأخرى للحوسبة الفيزيائية المُعقّدة دلاليًا. على سبيل المثال، جرى في الشكل 4 تصيير rendering الكتل الموجودة في الشكل 3 إلى لغة DSL.

إننا بصدد البحث لتفهّم كيفية إمكان دعم هذه الترجمة

من الكتل إلى النصوص بمسارات مُحفّزة للطالب تقود إلى تعقيدات نحوية ودلالية إضافية. يعتمد منهجنا في البحث على نتائج توصّل إليها باحثون آخرون، مفادها أن الطلبة يعتبرون أدوات البرمجة المعتمدة على النصوص وسيلة للنفاذ إلى إمكانات أوسع وأعلى قدرة. إننا نستجيب لهذه التصورات بتحديد ما يمكن للمستخدمين إنجازه بواسطة الكتل ومكافئاتها النصية التي تماثلها من حيث الشكل، ثم نقدّم ظروفًا مهيكلةً لتعليم فضاءٍ أغنى نحويًا ودلاليًا بشكلٍ تدريجي.

نتصور أن يستعمل الطلاب بيئتنا على ثلاث مراحل. سيلجؤون غالباً في بادئ الأمر إلى استعمال الكتل، ثم سيقارنون برامجهم المعتمدة على الكتل بمكافئاتها النصية. ولأن دلالة الكتل والنصوص ستكون متماثلة، فإن المقارنة ستساعدهم على فهم الفروق النحوية. ثم نشجّعهم على الاستعانة جزئياً بالبرامج النصية- حيث يواجهون الدلالة المختلفة للغة النصوص. وفي نهاية المطاف، ينجزون أشياء بلغة النصوص (كاستدعاء دالات من مكتبات نصية فقط)، لا يمكنهم إنجازها بالكتل التي تزودهم بها.

ستكون الدوافع الأساسية لتقدّم الطلاب في هذه المراحل هي أهدافهم الإبداعية الخاصة بهم. فعلى سبيل المثال، قد يحتاج طالبٌ عند بنائه تجهيزةً لتقديم تمثيلٍ محيطي لدرجة الحرارة الخارجية إلى معطيات يستقيها من خدمة وب web service توفر معلومات مناخية. ولكي يُحقّق ذلك، عليه أن يكتب رمازاً نصياً لاستدعاء مكتبة HTTP، ثم يستخلص منها

المعطيات. ومع أننا نستطيع إضافة كتل HTTP لتسهيل هذا الأمر، فإننا آثرنا عدم فعل ذلك. يعتقد الطلاب بالفعل أن السبب الرئيس لاستعمال الكتل بدلاً من النصوص هو إنشاء برامج أكثر قدرة. إننا نستفيد من هذا الاعتقاد في منهجنا بالحد من الوظائف المتاحة في الكتل، وبتشجيع الطلاب على تجريب النصوص لإنجاز أهدافهم. وهكذا يشعرون أن تعلم كتابة النصوص هو طريقة طبيعية لإنجاز أهدافهم، وليس أمراً يفرضه عليهم فرضاً. سندرس تفكير الطلبة لدى عملهم في المراحل الثلاث التي ذكرناها آنفاً، وسنحدد مواضع الالتباس على طول الطريق، وسنستجيب لذلك بتطوير دعم تقني وتربوي جديد.

الخلاصة

لقد انتشر استعمال الكتل في أدوات البرمجة الخاصة بالمبتدئين، وهو الأمر الذي مهد الطريق للعديد من الأطفال لخوض غمار الحوسبة. ومع أن الكتل مفيدة، فإن استعمالها يولد تحدياً جديداً للتعلم: تعلم ألا نستعمل الكتل. ولكن بدلاً من دراسة الانتقال من الكتل إلى النصوص انتقالاً منعزلاً، فإننا نحتاج إلى منهجيات بحثٍ تنتظر للأمر نظرة أكثر شمولية، وتتحري الانتقال من الكتل إلى النصوص على أنه جزء من تطوير غني دلاليًا ونحويًا. إننا نشجع الآخرين على إجراء بحوثٍ في هذا المجال لتحري كيف يمكن لأعمالهم في مجال الكتل والتعلم إلقاء نظرة أكثر شمولية، وأن يتطلعوا إلى ما وراء الكتل وإلى التحديات الدلالية الأعمى لتعلم البرمجة.

المراجع

- [1] Aggarwal, S., Bau, D.A., and Bau, D. A blocks-based editor for HTML code. Position paper for the Blocks & Beyond workshop at IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (2015).
- [2] Dann, W., Cosgrove, D., Slater, D., Culyba, D., and Cooper, S. Mediated transfer: Alice 3 to Java. In *Proceedings of the 43rd ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (2012), ACM, 141–146.
- [3] DiSalvo, B. Graphical qualities of educational technology: Using drag-and-drop and text-based programs for introductory computer science. *IEEE Computer Graphics and Applications* 6 (2014), 12–15.
- [4] Feng, A., Tilevich, E., Feng, W. Block-based programming abstractions for explicit parallel computing. A VL/HCC 2015 Workshop. In *Proceedings of the Blocks and Beyond: Lessons and Directions for First Programming Environments*. (Atlanta, GA, Oct. 2015).
- [5] Lewis, C.M. How programming environment shapes perception, learning and goals: logo vs. scratch. In *Proceedings of the 41st ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '10)*. ACM, New York, NY, 346–350; DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1734263.1734383>
- [6] Minor, S. Interacting with structure-oriented editors. *International Journal of Man-Machine Studies* 37, 4 (Apr. 1992), 399–418.
- [7] Weintrop, D. Minding the gap between blocks-based and text-based programming. In *Proceedings of the 46th ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (2015), ACM, 720.
- [8] Weintrop, D. and Wilensky, U. To block or not to block, that is the question: Students' perceptions of blocks-based programming. In *Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children* (June 2015), ACM, 199–208.

ذاكرة أفضل

BETTER MEMORY*

Samuel Greengard

ترجمة: د. خالد مصري¹

مراجعة: د. نزار الحافظ¹

تُغيّر التطورات في الذاكرة اللامتلاشية وجه الحوسبة، وتُبشّر بعصرٍ جديدٍ من الكفاءات.

منذ بزوغ الحوسبة، كان هناك تحدٍّ مستمرٌ لبناء تجهيزاتٍ تُوازن بين الحاجة إلى السرعة والخزن الدائم. ففي حين أن ذاكرة النفاذ العشوائي الديناميكية (DRAM) سريعة، فإنها تستطيع الاحتفاظ بالمعطيات ما دامت تستقبل تياراً كهربائياً؛ وتزول المعطيات عندما تُوقَف تجهيزة الحوسبة. ومع أن تجهيزات الخزن مثل المساقب الصلبة فعّالة في الاحتفاظ بحجوم ضخمة من المعطيات، فإنها بطيئة نسبياً. وما هي النتيجة؟ يجب ديفيد أندرسون David Andersen، وهو أستاذٌ مشارك في قسم علوم الحاسوب في جامعة Carnegie Mellon، "النتيجة هي خيارٌ بين الأداء أو الديمومة، لا يُعطي الأفضل من كلا العالمين معاً".

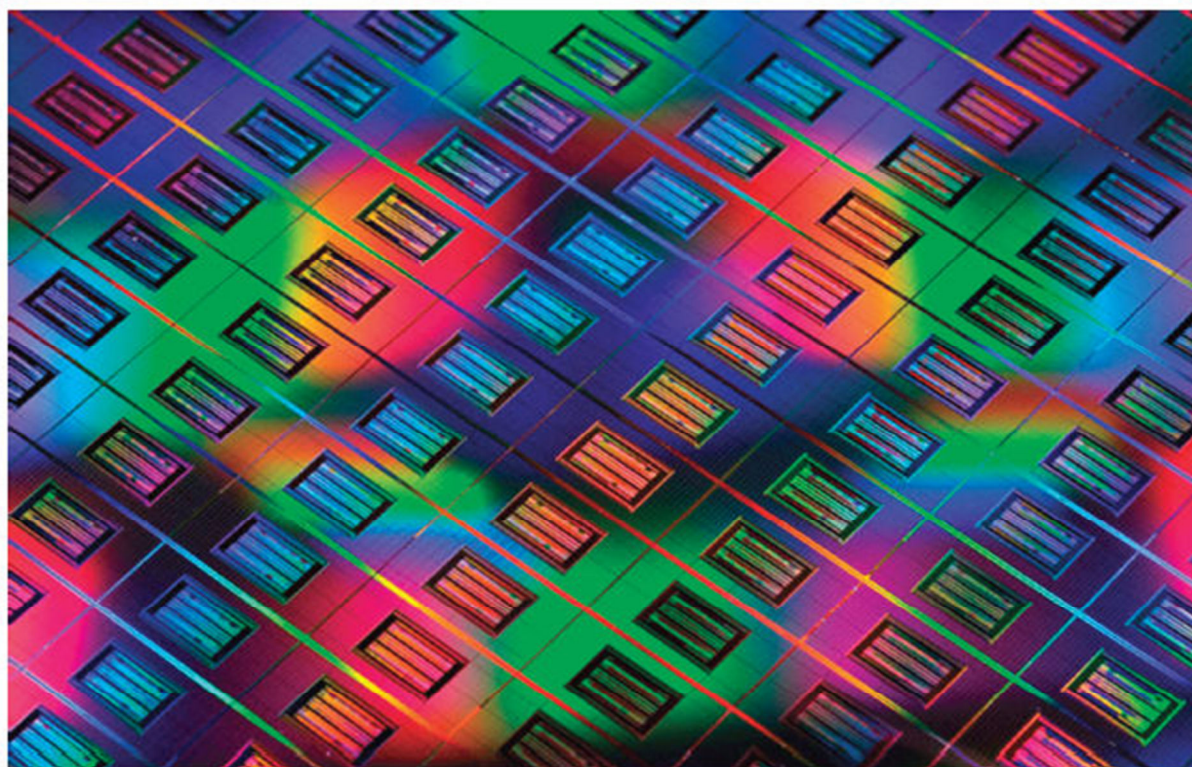
على مدار السنوات القليلة الماضية، حلَّ المهندسون بعض هذه التحدّيات بواسطة المساقب الصلبة solid state drives (SSDs) التي لا تحتوي قرصاً أو أي قطعٍ متحركةٍ أخرى، ولكنها تستمر في خزن المعطيات بعد إيقاف هذه التجهيزات. فضلاً على ذلك، تستهلك المساقب الصلبة طاقةً أقل وتوفّر موثوقيةً أعلى من مساقب الأقراص الصلبة (hard disks). مع ذلك، فهي بعيدة عن المثالية. يعود أحد أسباب ذلك، إلى أنها لا تزال مرتفعة الثمن نسبياً. هناك سببٌ آخر، فمع أن المساقب الصلبة تُمثّل تحسناً للتقانات الأقدم غالباً، وتُقلّل أحياناً الحاجة إلى ذاكرة النفاذ العشوائي الديناميكية، فإنها لا توفر مستوى السرعة والمرونة والعمر الذي يرغب فيها المستخدمون.

يقول جيم هاندي Jim Handy وهو مُحلّل ذاكرة في شركة أبحاث السوق Objective Analysis، "هناك رغبة في تقانة أكثر تقدماً، خصوصاً في نُظُم الحوسبة العالية الأداء".

كل ذلك يدلُّ الباحثين على تقانات ذاكرة النفاذ العشوائي اللامتلاشية Non-volatile Random Access Memory (NVRAM) الأسرع والأكثر تقدماً. قد تُبشّر هذه التقانات - التي يختلف بعضها اختلافاً جذرياً عن تقانات الخزن الومضي flash storage الحالية - بكفاءات سرعةٍ وأداءٍ تُغيّر الحوسبة. وخلافاً لذاكرة النفاذ العشوائي الديناميكية، لا تُخزّن هذه النُظُم

* تُنشر هذا البحث في مجلة Communications of the ACM، المجلد 59، العدد 1، كانون الثاني (يناير) 2016، الصفحات 23 - 25.

¹ مدير بحوث في المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا.



تجهيزات الذاكرة المقاومة memristor من شركة هيوليت باكار Hewlett-Packard على شُرَاحة قطرها 300 mm.

بالضرورة وُحْدانَ وأصفار الرماز الثنائي في مكثفة، لكنها تستعمل، بدلاً من ذلك، ذواكر مقاومة² memristors، تعتمد على المقاومة الكهربائية. يولّد ذلك ربحاً في الفعاليّة، وكذلك اقتصاداً في الطاقة. يمكن أن تحلّ هذه التقانات في النهاية محلّ الذاكرة الوضّية والمِسوق الصلب وذاكرة النفاذ العشوائي السكونية (SRAM) والذاكرة النفاذ العشوائي الديناميكية. لهذه الأنظمة أسماء متعددة مثل 3D XPoint، MRAM (Magnetoresistive Random Access Memory)، Memistor، (magnetoelectric random access memory) MeRAM (non-volatile random access memory)، STT-RAM (Spin Transfer Torque Random Access Memory)، NRAM (Phase-change PCM)، CBRAM (programmable metallization cell)، RRAM (Resistive random-access memory)، Racetrack و Millipede. قد تُغيّر الذاكرة الدائمة الأكثر سرعةً قواعد اللعبة game changer في حالة الحشود clusters العالية الأداء والأنظمة الموجهة بالمداولات transaction-oriented، لأنه يجب أن تصبح نقاط التدقيق دائمةً قبل إتمام عملية ما.

يقول أندرو ويلر Andrew Wheeler، نائب الرئيس ونائب مدير مخابر شركة هيوليت باكار Hewlett Packard (HP): "لم يتغيّر بنيان الحواسيب الحالية تغييراً جذرياً. فهو البنيان نفسه الذي استعملناه ستين عاماً خلت - معالجات ذات

² memristor كلمة منحوتة من كلمتين memory resistor. (المراجع العلمي)

مقدار ثابت من الذاكرة المحلية، موصولة إلى وسط خزن وذاكرة بواسطة مسرى bus دخل/خرج. تصبح ذاكرة النفاذ العشوائي اللامتلاشية مثيرة للاهتمام حقاً، عندما تُقدّم فرصة إعادة اختراع البنيان في الوقت نفسه."

نظرة خاطفة مستقبلية

سيكون للقدرة على تصميم بنيان ذاكرة أكثر تقدماً أثرٌ عميقٌ في كل شيء، بدءاً من حشود الحوسبة العالية الأداء إلى الهواتف الذكية والتجهيزات التي تتضمن إنترنت الأشياء (IoT). يمكن أن تُغيّر التقانة بنيانات الحوسبة الأساسية وتصاميم الخزن، وأن تعالج مسائل مثل عمر البطارية ومتطلبات الاستطاعة وتصاميم قواعد المعطيات التي في الذاكرة (In-Memory DataBase (IMDB وطريقة ترميز التطبيقات. يشرح أندرسون " تتخذ الذاكرة الوضعية حالياً مكاناً وسطاً بين السرعة وطول البقاء durability. فهي ليست بسرعة ذاكرة النفاذ العشوائي الديناميكية، وليست بمتانة مسوّق الأقراص. إن الهدف هو ردم الفجوة أكثر، بحيث يمكن معالجة التحديات المرتبطة بقواعد المعطيات الضخمة ومسائل الحوسبة المتزايدة التعقيد، إضافةً إلى تجهيزات المستهلك".

في شركة هيوليت باكوار (HP)، مثلاً، يعمل الباحثون على تطوير تقانة الذاكرة المقاومة memristor التي تستعمل الإلكترونيات للمعالجة، والفوتونات للاتصالات والأيونات للخزن. تولّد "الآلة" مجعماً واسعاً لذاكرة النفاذ العشوائي اللامتلاشية السريعة، موصولاً بمعالجات مُختصة بالمهمة task-specific بواسطة نسيج فوتوني photonic fabric عريض النطاق، ذي زمن تلبّث قصير. يقول ويلر: الهدف هو بناء نظامٍ يستعمل استمثالاً أفضل البوابات المنطقية، ويوفّر في الوقت ذاته خزناً طويلاً الأمد. تُطلق شركة هيوليت باكوار على هذا المنهج اسم الحوسبة الموقودة بالذاكرة Memory-Driven Computing (MDC). يقول ويلر " إن كلّ نسخٍ لصوان buffer أو نقلٍ لكثلة block يُمكننا إغاؤه من التصميم يقتصد في الطاقة، ويُقلّل فرصّ الاعتراض interception أو الفساد corruption، ويُقلّص مساحة الهجمات الأمنية." ستُعالج التقانة، التي تأمل الشركة أن تصبح تجاريةً بنهاية عام 2016، مجموعات معطيات datasets بمقياس البيتابايت petascale، التي تُعدّ بعيدة المنال حالياً.

تستهلك تقانة الذاكرة المقاومة جزءاً ضئيلاً من الطاقة التي تستهلكها أنظمة الذاكرة الحالية. ويشرح ويلر: "على المقياس الصغير tiny scale، يُمكننا، وجود العشرات من التيرابايت من الذاكر التي لا تستهلك أي طاقة تقريباً، من بناء صنفٍ جديد من تجهيزات إنترنت الأشياء الآمنة والذكية، التي يمكنها تخزين تجربتها لمعرفة ما هو عادي وما هو جديد، أو للإجابة عن استفسارٍ من نداءٍ مجاورٍ أو استخباراتٍ مركزية." "يمكن للتطبيقات وأنظمة التشغيل المكيفة كلياً للذاكرة اللامتلاشية المتغلغلة، أن تُفقد الحوسبة التي لا تنتهي، حيث لا يبقى وجود لزر إيقاف off switch". فعند وجود طاقة كافية تُعالج المعلومات، وإلا يُحافظ على الحالة الراهنة. تأمل شركة هيوليت باكوار أن تجعل "الآلة" machine متاحةً في نطاقٍ من عوامل الشكل form factors³ في العقد القادم، اعتماداً على السعر والأداء.

ليست شركة هيوليت باكوار اللاعب الوحيد في هذا المجال. إذ تتعاون شركتنا إنتل Intel ومكرون Micron على تقانة تُسمى الذاكرة 3D XPoint، التي تدّعي الشركتان أنها أسرع 1000 مرة من الخزن الومضي NAND المُستعمل في بطاقات الذاكرة الحالية وفي المساق الصلبة. تُصمّم مجنزات الذاكرة المزدوجة الصف Dual In-line Memory

³ في الحوسبة عامل الشكل هو مواصفة للوحة الأم motherboard - الأبعاد ونوع وحدة التغذية وموضع ثقب التركيب وعدد البوابات... (المصدر: ويكيبيديا). (الترجم)

Modules (DIMMs) لتكون متوافقة مع الجيل الرابع الحالي لذاكرة النفاذ العشوائي الديناميكية المتزامنة ذات معدل نقل المعطيات المضاعف⁴ DDR4 SDRAM ، ولكنها توفر سعة أكبر بأربعة أضعاف. يُقدّم هذا الحل التملّكي proprietary ربحاً في الأداء دون تعديلات على نظام التشغيل الأساسي أو التطبيقات. مع ذلك، قد تتطلب المنصّة إعادة تصميم وحدة المعالجة المركزية (CPU) وتوسّعات extensions جديدة للاستفادة من ميزات تقانة 3D XPoint. يقول المحلّلون ستفيد التقانة المنظمات التي تُشغّل عدداً كبيراً من المُخدّمات في مركز المعطيات datacenter. فمثلاً، سوف تتوقّع 3D XPoint متى تُطلب المعطيات، فتقلها مُقدّماً إلى مكوّن 3D XPoint.

هناك تقانات ناشئة أخرى أيضاً. مثلاً، أنتجت شركة كروسبار Crossbar رقاقة اختبار جاهزة للعمل لتقانة مُنتجها RRAM (ذاكرة النفاذ العشوائي المقاومة). تدّعي الشركة أن النظام يُحقّق مدة تلبث قراءة أقصر بمئة مرة مما يُحقّقه الخزن الومضي NAND، وكتاباتٍ أسرع بـ 20 مرة، دون أي قيود تصميمية لمحو الكتل. كذلك، يُحقّق النظام حتى 1 تيرابايت خزن على رقاقة واحدة، في بِنْيَانٍ قابل للتكديس في الأبعاد الثلاثة 3D stackable، ومتصدّد scalable إلى ما دون 10 نانومتر. داخل الرقاقة، تُحيط كلّ خلية بوسط ابتدالٍ عازل بين طبقات المسرى. وعندما تستقبل المساري فُلْطِيَّةً، تُشكّل الجسيمات النانوية في وسط الابتدال شعيرةً ناقلةً filament. يدعم التصميمُ التكديس، ويمكن تقليصه إلى عُقد تصنيع fabrication nodes أصغر من خمسة نانومتر.

هناك تقانة أخرى، هي ذاكرة النفاذ العشوائي الكهرومغناطيسية (Magnetoelectric Random Access Memory) التي تستبدل الفلّطية بالتيار الكهربائي لعزم فُتْل انتقال السبين (Spin Transfer Torque (STT)، لكتابة المعطيات. يؤدي هذا المنهج النانوي إلى مردودٍ طاقي أكبر بعشر مرات إلى ألف مرة. يقول أندرسون "عند هذه النقطة، لا يَعْرِف أحدٌ أيّ الأحصنة في لعبة ذاكرة النفاذ العشوائي اللامتلاشية عشوائية سوف يفوز، أو كيف ستسير الأمور. ولكن في الحد الأدنى، سنترك التقانة على الأغلب أثراً كبيراً في الحوسبة".

اجعلها جميعاً تُحسبُ making it all compute

قد تكون الفوائد العملية للجيل القادم من ذاكرة النفاذ العشوائي اللامتلاشية ضخمة. بدأ المخبر الوطني في لوس ألاموس Los Alamos National Laboratory باستعمال الخزن الومضي NAND لنقاط التدقيق العالية وللحوسبة العالية الأداء الأخرى في نظامه ترينيتي Trinity في أيلول من عام 2015. سيُستعمل هذا المفهومُ أيضاً في النظام كوري Cori التابع للمركز الوطني للحوسبة العلمية لبحوث الطاقة National Energy Research Scientific Computing Center (NERSC). يُبقي ترينيتي فُرابةً 2 بيتابايت من ذاكرة النفاذ العشوائي الديناميكية في الذاكرة الرئيسة و 4 بيتابايت من ذاكرة النفاذ العشوائي اللامتلاشية، ليدعم تحسين الدخل/خرج- خاصةً طبقة خزن جديدة- تُعرّف بصِوان الرشِق burst buffer. يقول غاري غرايدر Gary Grider، وهو رئيس قسم لوس ألاموس للحوسبة العالية الأداء Los Alamos High Performance Computing Division، ستُدْرَج إصداراتٌ من التقانة أكثر تطوراً في الحواسيب الفائقة CORAL المستقبلية (Collaboration of Oak Ridge, Argonne, and Livermore)، التي ستستفيد من المعرفة المكتسبة من طبقة الخزن الجديدة في نظام ترينيتي.

⁴ Double Data Rate fourth generation Synchronous Dynamic Random Access Memory هي مختصر: DDR4 SDRAM.

يقول غرايدر سيكون لتطورات ذاكرة النفاذ العشوائي اللامتلاشية تأثير كبير في الحواسيب الفائقة وتجهيزات المستهلك أيضاً، وتشمل الحواسيب الحضرية والهواتف الذكية والكميرات. ومع هبوط الأسعار وتقدم التقنية، "ستصبح الذاكرة أوسع انتشاراً في كل مكان".

وهو يعتقد أيضاً أن الجيل القادم من ذاكرة النفاذ العشوائي اللامتلاشية سيجعل ترانزيات خزن المعطيات الحالية مهجورة. ويستشهد بمشروع DAOS (Distributed Application Object Storage)، العائد لوزارة الطاقة الأمريكية الذي تقوده شركة إنتل، المُخصَّص لتطبيقات الحوسبة العالية الأداء، التي تستثمر طبقات متعددة من الخزن اللامتلاشي القابلة للتصعد scalable المداواتية transactional ذات الإصدارات versioned الموثوقة من طرف إلى طرف end-to-end. سيستثمر المشروع الخزن اللامتلاشي في عقد الحساب compute node، وفي عقد النظام ذات صوان الرشق، وفي نظم الأقراص المتوازية المربوطة من بعد.

إضافة إلى حالات استعمال الدخل/الخرج، يمكن أن يُسخر الجيل القادم من ذاكرة النفاذ العشوائي اللامتلاشية في بعض التطبيقات للاستعمال المباشر خارج النواة out-of-core، بغية الاستفادة من مجمع ذاكرة أبطأ لكنه أكبر.

يعتقد أندرسون أنه يمكن أن تُساعد ذاكرة النفاذ العشوائي اللامتلاشية على جعل التجهيزات المستقبلية أصغر حجماً وأرخص سعراً، وتسريع الإقلاع لبعض الأنواع من التجهيزات والمُحسّات. "إن لنمط الإرجاء والاستئناف suspend-resume mode ميزات كثيرة للمُحسّات والمفعّلات التي تُشكّل جزءاً من إنترنت الأشياء. إن الهدف من هذه التجهيزات هو أن تكون رخيصةً وفعّالةً إلى حدّ بعيد".

يقول أندرسون: تُعدّ ذاكرة النفاذ العشوائي اللامتلاشية بتقديم فوائد بسعر مبيع price point⁵ الجيغابايت من تقانة الذاكرة الومضية الحالية أو أرخص منه. يُمكنها أيضاً تقديم تحسينات لتقانة قواعد المعطيات المدعومة بالبطارية battery-backed database وفي الذاكرة الومضية NOR، التي تُستعمل غالباً في الهواتف المحمولة، لأنها تستهلك أقل طاقة أثناء عملية الكتابة.

يقول مارك ستيمر Marc Staimer، وهو رئيس شركة الاستشارات Dragon Slayer Consulting، سيُدخل الجيل القادم من ذاكرة النفاذ العشوائي اللامتلاشية وظائف وقدرات جديدة "سُطُور مع مرور الزمن". وهو يعتقد أن هذه التقنية، مثلها مثل تقانة الذاكرة الومضية الباكورة، "ستبرز في البداية عند طرف المستهلك وتثبت جدارتها هناك"، قبل أن تبدأ الشركات وغيرها باستعمالها لتحقيق متطلبات مراكز المعطيات الراقية. "من المحتمل أن نراها في الهواتف الذكية واللويحات والحواسيب الحضرية، قبل أن نراها في المُخدّمات ونُظم الخزن على نطاق واسع".

عندما تنتقل التقنية إلى نظم مراكز المعطيات، فإنها لن تجعل الخزن الومضي NAND مهجوراً فوراً، مثلما لم يجعل الخزن الومضي NAND الأقراص الصلبة مهجورة فوراً. يقول ستيمر "سيكون هناك فرق في التكلفة، يضع تقانات ذاكرة النفاذ العشوائي اللامتلاشية الجديدة هذه في طبقة الحلول العالية الأداء بتكلفة عالية". ويتابع القول "سيتميز ذلك تدريجياً بمرور الزمن، وستنتقل تقانات ذاكرة النفاذ العشوائي اللامتلاشية الجديدة إلى طبقات أدنى، مضيقة الخناق على الخزن الومضي NAND الأبطأ".

⁵ price point هو السعر المعياري standard الذي يضعه المُصنّع لمنتج (المصدر: معجم merriam-webster). (المترجم)

يقول هاندي: في الوقت الحالي، يجب على الصناعة أن تبدأ بتعريف مقاييس لكيفية اتصال تقانات الذاكرة هذه بواجهات البرمجة القياسية. في غضون ذلك، يجب أن يراهن مصنّعو النظام على اختيار تقانة ذاكرة النفاذ العشوائي اللامتلاشية الجديدة التي ستجح في دخول السوق أولاً بالمُميّزات المرغوب فيها.

مع ذلك، فالكتابات باديةً على الجدران أو ربما في الرقاقات. يقول ستيمر: "إن هذه التقانات ليست مجرد تكرار لتقانة موجودة؛ ولكنها تُعدُّ فتوحاً. وهي ليست مجرد جيلٍ آخر من الذاكرة الومضية NAND، بل هي قفزة كبيرة إلى الأمام في الأداء وعمر الاهتلاك wear-life أرقى كثيراً مما تُحقّقه الذاكرة الومضية الحالية. فهي ستغيّر بنيانات الحاسوب، وستكسر الحواجز بين الذاكرة والخزن، وستغيّر في نهاية المطاف كيفية قيامنا بالحوسبة."

لمزيد من المعلومات حول الذاكرة اللامتلاشية، انظر المقالة: Non-volatile storage, M. Nanavati et al. , communications of the ACM, January 2016, Vol. 59, No. 1, pages 56-63.

لمزيد من الاطلاع

- Pelley, S., Wenisch, T.F., Gold, B.T., and Bridge, B., Storage Management in the NVRAM Era, *Proceedings of the VLDB Endowment*, Volume 7 Issue 2, October 2013, Pages 121-132. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2732231>.
- Oh, S., and Ryu, Y., Multi-core Scheduling Scheme for Wireless Sensor Nodes with NVRAM-Based Hybrid Memory, *Ubiquitous Computing Application and Wireless Sensor*, Volume 331 of the series *Lecture Notes in Electrical Engineering*, pp 45-52. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-9618-7_5#
- Van Essen, B., Pearce, R., and Gokhale, M., On the Role of NVRAM in Data-intensive Architectures: An Evaluation, *Center for Appl. Sci. Comput.*, Lawrence Livermore Nat. Lab., Livermore, CA, USA, http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=6267871&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D6267871.

اختبار نظام موزع

TESTING A DISTRIBUTED SYSTEM*

Philip Maddox

ترجمة: أ. سعيد الأسعد

مراجعة: أ. مروان النوباب

من الممكن أن يكون اختبار نظام موزع عملية شاقّة حتى في أفضل الظروف.

قد تتطوي النظم الموزعة على صعوبة خاصة لجهة برمجتها، وذلك لأسباب عدة؛ فقد يكمن وجه الصعوبة في تصميمها، وفي إدارتها، وفوق ذلك في اختبارها. وواقع الأمر أن اختبار نظام عاديّ ربما يكون مرهقاً حتى في أحسن الأحوال؛ فمهما كان المختبر حاذقاً، يبقى احتمالُ تسرّب العثرات bugs واردةً دومًا. خذ الآن المسائل القياسية جميعها، وضاعف عددها بعمليات متعدّدة مكتوبة بلغات متعدّدة تعمل على نصوص مؤطّرة (معروضة في إطارات boxes) متعدّدة، بحيث يمكن أن تكون كلّها على نظم تشغيل مختلفة، تجد أنك حيال كارثة حقيقية محتملة.

ولاشك في أن اختبار المكونات الفردية، الذي ينفذ عادةً بواسطة أطقم اختبار مؤتمتة automated test suites، مفيدٌ في التحقق من سلامة أداء كلّ مكون. على أن اختبار المكونات لا يُعدّ في العادة اختباراً وافيًا لجميع أجزاء نظام موزع، إذ لا بدّ من أن يكون المختبرون قادرين على التحقق من أن المعطيات عند أحد أطراف نظام موزع تصل إلى سائر أجزاء النظام، بل من أنها - ولعلّ هذا هو الأهم - قريبة من مختلف مكونات النظام الموزع، بحيث تفي بمتطلبات التساوق consistency للنظام برمته.

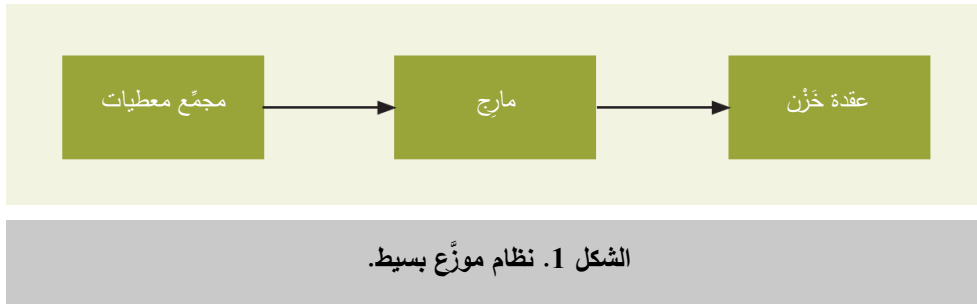
تتناول هذه المقالة استراتيجيات عامة لاختبار نظم موزعة، إضافةً إلى استراتيجيات محدّدة لاختبار نظم خزن معطيات موزعة.

اختبار من طرف إلى طرف

من المنزقات الشائعة في عمليات الاختبار التدقيق في الدخل والخرج من نظام واحد فقط، وهذا إجراء حريّ أن ينجح لبعض الوقت، في تدقيق درجة وظيفية النظام الأساسية functionality. لكن إذا كان لتلك المعطيات أن تُنقل إلى عدة أجزاء من منظومة موزعة، فقد بات من السهل عندئذٍ إغفال مسائل قد تسبّب كثيرًا من المشكلات فيما بعد.

لندرس الآن نظامًا ذا ثلاثة أجزاء (الشكل 1): أحدها يجمع المعطيات، وآخر يُعارض بين جميع المعطيات (يُمرّجها collate) ويضعها في رسائل متساوقة consistent وثالث يتلقى المعطيات ويخزنها لاستحضارها لاحقًا. يمكن بسهولة كتابة أطقم اختبار لكلّ من هذه المكونات، لكن كثيرًا منها مع ذلك ربما يخطئ من طرف ما إلى طرف آخر، ومن الممكن

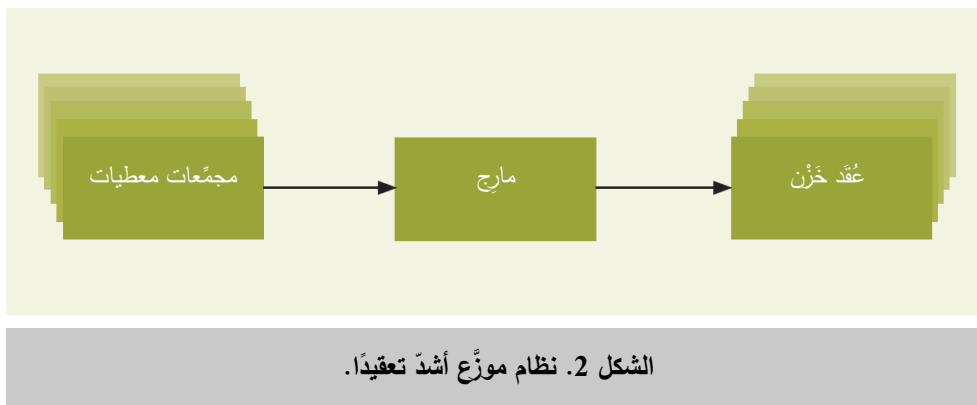
*نشر هذا البحث في مجلة Communications of the ACM، المجلد 58، العدد 9، أيلول (سبتمبر) 2015، الصفحات 54 - 58.



أن تكون هذه الأخطاء خادعةً أو مضلّة، فمسائل من قبيل ترتيب وصول المعطيات وتوقيت وصولها يمكن أن تتسبب في وقوع شتى أنواع العثرات، إضافةً إلى وجود تقاطعات كثيرة محتملة لهذه الأمور في أنحاء المنظومة يصعب التنبؤ بها أو اختبارها جميعاً.

ومن بين الطرائق الناجعة لعلاج هذه المشكلة جعل جميع مكونات النظام قابلة للتشكيل configurable بحيث يمكن تشغيلها محلياً. فإذا ما أُتيح لجميع مكونات نظام ما أن تعمل على إطار واحد، فإن الاختبارات المحلية من طرفٍ إلى طرف (end-to-end tests) تصبح فعّالة، وتوفّر التحكم اللازم لدى إظهار أمثلة لعناصر المنظومة على شاشة العرض وحجبها عنها، في حين يصعب إجراء ذلك عندما تكون تلك العناصر منشورةً على آلاتٍ مختلفة. فإذا تعدّد توحيد موقع الإجراءات على الإطار نفسه، كان بالإمكان تنفيذها على آلاتٍ افتراضية، وهذا من شأنه أن يتيح قدرًا كبيرًا من الوظيفة functionality ذاتها التي يتيحها تنفيذ الإجراءات على آلةٍ واحدة. وثمة طريقة فعّالة للاختبار هنا تتمثل في تدوين سلسلة اختباراتٍ للمكونات الفردية، بغية التحقق من أن كلّ مكونٍ يعمل كما ينبغي، ثم تدوين سلسلةٍ من الاختبارات للنتائج في أن تسليم المعطيات يجري على وجهٍ سليم من أحد طرفي النظام إلى طرفه الآخر.

وليس من الصعب اختبار المثال الوارد في الشكل 1؛ فهو يتألف من ثلاثة أقسامٍ فاعلةٍ لا أكثر. أما في عالم الواقع، فقد تحتوي النظم العالوية التوزيع على مئات المكونات الفردية المعدة للتشغيل، إضافةً إلى أن معظم هذه النظم الموزعة ليس مجرد سلاسل من المنظومات التي تنفّذ [البرامج] من طرفٍ إلى طرف. ولتوضيح هذه النقطة لا بأس من توسيع نطاق المثال السابق ليشمل مئات مجمعات المعطيات data collectors في أنحاء العالم، كلّ منها يضخّ المعطيات إلى داخل المعارض (المارج collator)، الذي يدفع بدوره المعطيات كلّها إلى داخل نظام خزن معطيات موزع، مع عددٍ قابل للتشكيل من عُقد الخزن storage nodes (كما في الشكل 2).



وقد يكون من المستحيل اختبار التشكيلات configurations كافة. وخير ما يمكن فعله هنا عادةً هو إيجاد مقاربةٍ سديدةٍ للآلية المنتظرة لعمل هذا النظام، وذلك باستعمال عددٍ متغيّرٍ من مجمّعات المعطيات، وعددٍ متغيّرٍ من عُقد الخزن. ومن المحتمل كذلك أن تواجهك حالاتٌ يكون فيها نفاذُك مقتصرًا على مكوّنٍ واحدٍ فقط لنظامٍ موزعٍ. فمثلاً، يمكنك تأليف نظام طرفٍ ثالثٍ third-party يَمْرُجُ معطياتٍ من عدة مصادرٍ مختلفةٍ بقصد تجميع معطياتٍ لمستخدم. ومن المرجح بل المؤكّد أنك لا تملك فعليًا نفاذًا للتحرير edit access إلى النُظُم الأخرى، ومن ثمّ لا تستطيع التحكم بسهولةٍ في الخرج الصادر عنها. ومن المفيد، في حالة كهذه، إنشاء محاكياتٍ simulators تقلّد مختلف أنواع الخرج الصادر عن نُظُمٍ أخرى، سواءً أكانت أنواع هذا الخرج جيدةً أم لا. على أن هذه الطريقة لا تخلو من بعض العيوب؛ فمن مساوئها:

- أنه يتعدّد معرفة جميع أنواع الخرج (الجيد والريء) الذي يمكن أن يوفّره النظام الآخر.
- أن إنشاء المحاكيات المختلفة قد يستغرق وقتًا طويلاً (يُهدر).
- أن المحاكيات لن تستجيب لتلقّي المعطيات كاستجابة النظام الفعلي لتلقّيها.

ولئن كانت المحاكيات أدواتٍ معتبرة تُعِين على تطوير مكوّنات النُظُم وتفتيحها (تفليتها)، يتعيّن التنبّه إلى مواطن قصورها، وعدم الاعتماد عليها أو الركون إليها كثيرًا.

نُظُم المعطيات الموزعة

إن اختبارَ مخزنٍ معطياتٍ موزعٍ distributed data store هو في حدّ ذاته عمليةٌ معقّدة، حتى من غير ما حاجةٍ إلى إجرائه على طرفٍ نظامٍ موزعٍ آخر؛ فهذه النُظُم تتطلّب إجراء اختباراتٍ مستفيضةٍ مستقلةٍ للاطمئنان إلى سلامة عمل مكوّناتها، ومن ثمّ فإن إقحامها في نهاية اختبارٍ لنظامٍ موزعٍ من شأنه أن يزيد إلى حدّ بعيدٍ من درجة التعقيد والفسحة الزمنية لأيّ طقم اختبارٍ test suite. وحيال ذلك فإن تأليف مجموعةٍ مستقلةٍ من الاختبارات لمخزن المعطيات على وجه الخصوص هو أمرٌ حسن؛ وإلا فقد يكون الزمنُ اللازم لانتقال المعطيات من طرفٍ إلى طرفٍ مخيبًا لتوقّعاتك - كانتظار ثلاثين دقيقةً لمعطياتٍ تتقاطر ببطء في جميع أنحاء نظامٍ ما، لغرضٍ لا يتجاوز إثبات إخفاقها في اختبارٍ واحد، ومستجابةً إعادة العملية بتمامها مجددًا.

وفي حين أن من المهمّ دومًا اختبارُ كامل النظام من أوله إلى آخره، يتعيّن اختبارُ نظامٍ فرعي subsystem معقّد، من مثل معطياتٍ موزعٍ، اختبارًا مستقلًا، إضافةً إلى الاختبارات الجارية على النظام برمّته. وتجدر الإشارة إلى أن ثمة مسائل عديدةً في نُظُم المعطيات الموزعة تنصّف بصعوبة التعامل معها. ومن أصعب تلك المسائل: إيصال (تسليم) المعطيات اللامتزامن asynchronous data delivery، وتعطلُّ العُقد node failure.

لاحظ أن متطلّبات التساوق النهائي لنظامك قد تكون مختلفةً عن النظام المذكور هنا. وقد اعتمدتُ، فيما سقّته من أمثلة، الافتراضات الآتية:

- أن المعطيات مخزونةً في عددٍ معيّنٍ من العُقد حُدّدت عند إنشاء النظام، وأن العُقدة التي تحمل معطياتٍ معيَّنة لن تتغيّر.
- أن المعطيات سترسل إلى عقدةٍ وحيدة، ثم تُنقل إلى العُقد الأخرى التي تحتاج إلى خزنٍ نسّخٍ من هذه المعطيات.
- أن النظام يعطي دومًا أحدث إصدارٍ للمعطيات، بقطع النظر عن العُقدة التي خُرّنت فيها هذه المعطيات.

- أن المعطيات، في حال تعطلت عقدة أو أكثر، ستتدفق تدفقاً صحيحاً إلى العقدة التي كانت مفضولة (عن الشبكة) offline فور عودتها مفضولة إليها online.

إيصال المعطيات اللامتزامن

في نظام خزن المعطيات الموزع المُعدّ حسب الطلب الذي أعمل فيه شخصياً، تُسَلَّم المعطيات لأي عقدة (واحدة) في النظام، ثم تتولى هذه العقدة إرسال تلك المعطيات لاتزامياً asynchronously إلى جميع عُقد النظام الأخرى المسؤولة عن فرز sorting المعطيات. يُذكَر أن النظام الذي يرسل المعطيات إلى العقدة الأولى لا يتلقَى أيما إشارة إلى أن تلك المعطيات قد تكرر نسخها بنجاح في أنحاء المنظومة، بل إلى أن العقدة الأولى قد استقبلت المعطيات على الوجه المطلوب، لا أكثر ولا أقل. ثم إن النظام يعالج مقادير من المعطيات كبيرة إلى درجة تجعل انتظار إيصال المعطيات المتزامن synchronous data delivery في أرجاء كامل الحشد (العنقود) cluster أمراً بطيئاً إلى حدٍ غير مقبول. والحق أن هذا النظام ما انفكَّ يعمل جيداً طوال سنوات، غير أن ما يؤخِّد عليه أن اختباره غالباً ما يستغرق من الوقت - على أقل تقدير - ما يعادل زمن إجراء عمليات تطوير جديدة، إن لم يكن أكثر.

وعند إضافة معطيات إلى النظام يتعيَّن أن تستوثق عملية الاختبار من أن المعطيات لا تصل إلى العقدة المقصودة فحسب، بل أيضاً إلى جميع العُقد اللازمة لخزن المعطيات ابتغاء حمل النظام على تحقيق تساوٍ نهائي eventual consistency. ولذلك يحتاج طقم الاختبار إلى نزع المعطيات من كلِّ عقدة يُفترض وجود معطيات فيها، وعدم الاكتفاء بطرح استعلام (استفسار) query معمم موجّه إلى الحشد. على أنه إن لم يُعرف متى انتقلت المعطيات (أو هل انتقلت بالفعل أم لا) بكيفية مناسبة في أنحاء باقي المنظومة، فثمة احتمال أن تكون المعطيات لم تصل بعد إلى وجهتها المقصودة. وبالإمكان أيضاً إضافة راية flag إلى الملف التنفيذي executable الذي يترتّب حتى تنتقل المعطيات كلها في أرجاء الحشد قبل أن يعطي "حالة الصلاحية" valid status إلى النظام الذي يضيف المعطيات إلى الحشد. وهذا من شأنه أن يضمن انتقال المعطيات قبل نزعها، لكنه قد يغيّر أيضاً طريقة عمل النظام على أساس يومي، ويصير الاختبار غير معنيٍّ فعلاً بتناول وظيفية النظام الطبيعية normal system functionality.

ومن الحلول التي تحافظ على استمرار وظيفية النظام الطبيعية إضافة تأخيرات صُنعية artificial delays إلى طقم الاختبار، بعد كل مجموعة مدخلات ناجحة إلى العقدة الأساسية (الأولية) primary node، وهذا يتيح للمعطيات زمناً للانتقال، ويزيد من احتمالات أن تكون المعطيات موجودة في جميع العُقد الموافقة في الوقت التي تُجرى فيه محاولة لانتزاعها. وواضح أن هذا ليس حلاً مثالياً؛ فإذ ليس ثمة على الإطلاق ضمانات توقيت timing guarantees، فلا يمكن من ثمَّ ضمان تسليم المعطيات ضمن أيِّ إطار زمني، كذلك سيكون التوقيت مختلفاً تبعاً لسرعة النظام الذي يعمل عليه طقم الاختبار. إذن فإن ما يعمل بنجاح على نظام ما ربما يكون غير كافٍ للعمل على نظامٍ آخر.

كذلك قد تسبّب الفروق في الأحمال loads والسرعات speeds بين بيئة التطوير development environment وإطار الإنشاء الرسمي official build box بعض المشكلات. وفي هذا المساق تولّيتُ بنفسني تشغيل طقم اختبارٍ عدة مرات بنجاح على إطار التطوير الخاص بي، لأفاجأ بالإنشاء المؤتمت automated build وقد «خَدَل» طقم الاختبار فلم يستجب له بسبب من وجود تباينات في السرعات والأحمال. ولا شك في أن ذلك يورث شعوراً بالإحباط لديك عندما تحاول أن تقرّر: هل هناك مشكلة حقيقية في النظام، أم مشكلة في طقم الاختبار؟

والحلّ الواضح لهذا الإشكال يتمثل في زيادة عدد التأخيرات الصّنعية إلى حين أن يعمل النظامُ جيداً بقطع النظر عن مكان تشغيله. ومن شأن هذه التأخيرات، على وجه الإجمال، أن تُحدِث زيادةً أُسيّةً في الزمن الذي يستغرقه طقم الاختبار لكي يعمل. وأشير هنا إلى أن طقم الاختبار الذي أُستعمله مرتبطٌ بالإشياء المؤتمت من مخدّم جينكز `automated Jenkins build`¹، تعمل كلما أُفرد الرّماز code للخازنة repository الخاصة بنا. وقد بلغ النظامُ درجةً من التعقيد تستلزم وجودَ طقم اختبارٍ طويلٍ ومفصّلٍ، ليتلاءم مع جميع حالات الاستعمال. ومن الممكن أن يأخذ الزمنُ الذي يستغرقه طقم الاختبار كيما ينطلق بالتضخّم بسرعةٍ إذا ما أُضيفَ إليه عددٌ كافٍ من التأخيرات الصّنعية؛ فطقم الاختبار الذي كان يحتاج عادةً إلى نحو خمس دقائق للانطلاق قد ينتهي إلى أن يستغرق ثلاثين دقيقة. وبالإستمرار في إضافة المزيد من الاختبارات إلى النظام، يمكن أن يتضخّم أكثر فأكثر إلى أن يتناول زمنُ تشغيل طقم الاختبار إلى حدٍّ مُحبطٍ ومخيّبٍ للأمال، يبدأ معه المرءُ بالزهد فيه أو بالافتقار في إضافة اختباراتٍ لاحقةٍ إليه، وحرّيٌّ بهذا أن يفضي إلى عثراتٍ تتسرّب إلى النظام من خلال الصدوع.

وخير سبيلٍ لتحييد أثر هذا التضخّم هو تنفيذ أكبر عددٍ ممكن من الاختبارات على التوازي. فإذا أُجريت كلُّ الأمور بترتيبٍ متسلسلٍ *in sequence* (أي تتابعياً *sequentially*)، ازداد الزمنُ اللازمُ لتنفيذ الاختبارات ازدياداً سريعاً. وفي حين أن من غير المحتمل ازدياد سرعة دخل المعطيات *speed of data input* إذا كان النظامُ في الأصل مثقلاً جداً بالأحمال، فإن بالإمكان إجراء القراءات بسهولةٍ على التوازي.

ولهذا الأسلوب مظهرٌ سلبيٌّ واضح - فإجراء اختبارائك لآتزامياً *asynchronously* أصعب بكثيرٍ من مجرد إجرائها تتابعياً *sequentially*، إذ إن ثمة فرصاً أكبر لظهور عثراتٍ في طقم اختبارك نفسه. ومن ثم يلزمك أن توازن بين صعوبة الاختبار اللامتزامن في مقابل قضايا الزمن التي قد تبرز فجأةً إذا أنت اختبرت كلَّ شيءٍ تتابعياً. وهنا قد يفيدك حلُّ «هجين» يتمثل في أن تصنّف اختبارائك في مجموعاتٍ صغيرة، ثم تديرها تتابعياً، منقداً أكبر قدرٍ ممكن من كل مجموعةٍ على التوازي. وهذا مفيد في كونه يتيح تقليص كمية البرمجة اللامتزامنة *asynchronous programming* التي تلزمك لطقم الاختبار، مع المحافظة على سرعتها مقبولةً.

ومن المهم كذلك أن تضبط اختبارائك لتلائم متطلبات نظامك. وفي مثالي أفترض أن ليس هناك مَطْلَبٌ زمنيّ (توقيتيّ) *timing requirement* محددٌ لنظامك، وإن بإمكانك ببساطة توسيع المساحة الزمنية اللازمة لتنفيذ الاختبارات. أما إذا كنت محكوماً بمتطلباتٍ زمنيةٍ (توقيتية) محددة، فلن يكون في وسعك الاكتفاء بزيادة الزمن اللازم حتى انقضاء الاختبارات، بل سيتربّب عليك أيضاً التعامل مع أحمالٍ متزايدة، وذلك تبعاً لعدد الاختبارات المنفّذة على التوازي وأنواعها. وقد يغدو من الضروري تقيوم الحمل والنسب في أنك حققت متطلباتك الزمنية استناداً إلى كمية المعطيات المعالجة. ولا شك في أن هذه أمورٌ مهمةٌ يجب أن تأخذها في الحسبان عندما تصمّم اختبارك، وتحدّد زمن إجرائها، ومقدار الحمل الذي تطبّقه على نظامك عند تشغيل طقم الاختبار.

ونخلص إلى أن ليس ثمة طريقةً مثاليةً لاختبار تسليم المعطيات اللامتزامن، إذ لكلّ طريقةٍ عيوبها ونقائصها. وواقع الأمر أن الحلّ يتعلّق بأفضل ما يناسب كلّ نظامٍ على حدة. وقد تبيّن لي شخصياً أن أفضل الحلول يتمثل في تأخيرات النظام *delays* التي تلي كلّ دخلٍ ناجحٍ على عقدةٍ أولية، عندما يقترن ذلك بمستوياتٍ عاليةٍ من تنفيذ اختبارٍ متوازٍ.

¹ مخدّم أمتنة مفتوح المصدر مكتوبٌ بلغة جاوا *Java*، يساعد على أتمنة الجزء الذي لا تتدخّل فيه اليد البشرية في عملية تطوير البرمجيات. (المترجم).

والسبب أن الحلَّ عندئذٍ أكثر ما يكون دقَّةً في محاكاة نظامٍ منحرفٍ فعلاً في عمليات إنتاج، من دون إدخال رسائل متزامنة لا تتلاءم مع أداء النظام في الإنتاج. على أن ذلك ليس حلاً عاماً يناسب جميع الحالات؛ فكلُّ نظامٍ معطياتٍ موزعٍ مختلفٌ بطبيعته عن سواه. ولعلَّ من أبلغ الحكمة أن تضيف مفهوم التزامن synchronization إلى اختبارتك. تحقِّق أن اختياراتك تقوم، أولاً وبالذات، على أفضل طريقةٍ تختبر نظامك، لا أيسرها عليك. وتذكَّر دوماً أنك عندما تشرع في تدوين الاختبارات اعتماداً على السهولة بدلاً من توحِّي اختبار كامل أجزاء النظام، تكون في سبيلك إلى إفساح المجال للعثرات بالتسرُّب.

تعطُّل العُقْد في مخزن معطياتٍ موزعٍ

من العسير فعلاً أن تختبر نظاماً موزعاً بحثاً عن عُطلٍ في مكُوناته، علماً بأن تعطُّل أحد المكُونات لا يسبِّب تعطُّل النظام برُمَّته، ولن يحوُل تعطُّل مكوّنٍ أو أكثر من استمرار عمل سائر أجزاء النظام على الوجه الصحيح. وفي مخزن معطياتٍ موزعٍ، فإن الحالة المثالية لعُطلٍ يطراً على العُقْد هي أن يكون غير ظاهرٍ للمستعملين على الإطلاق. وفيما يأتي حالاتٌ يجب اختبارها للاستيثاق من سلامة أداء حشد الخزن storage cluster:

- تحتاج المعطياتُ المرسلَّة إلى النظام والعقْدَةُ معطَّلة (مغلقة) إلى نشرها بوجه صحيح في سائر أنحاء النظام.
- يجب أن تبقى المعطياتُ قابلةً للاستحضار retrievable حتى بوجود عُطلٍ في العقْدَة.
- لدى عودة العقْدَة موصولةً إلى الشبكة online، يتعيَّن نقلُ المعطيات التي يجب خزنها في تلك العقْدَة إليها، وجعلها قابلةً للاستحضار منها.
- إذا كان عُطلُ العقْدَة دائماً، تعيَّن أن تكون العقْدَةُ قابلةً للاستعادة recoverable باستعمال المعطيات المخزونة في باقي نواحي الحشد.

ويمكن إجراء هذه الاختبارات باستعمال طقم اختبارٍ مؤتمت، أو بإنشاء بيئة اختبارٍ test environment تُجرى عليها الاختبارات يدوياً للتحقُّق من سلامة عمل المكُونات. وبإمكانك، عند اكتمال إنشاء النظام وتدقُّق المعطيات فيه، أن تفصل عقْدَةً عن الشبكة offline وتتحقِّق أن مظهر المعطيات كلها يوحى بأنها تعمل بانتظام. وبالإمكان نزعُ المعطيات من مخزن المعطيات يدوياً بغية التثبُّت في أنها ما زالت قابلةً للاستحضار. فإن تمَّ ذلك بات بالإمكان إعادة وصل العقْدَة المعطَّلة إلى الشبكة online، عندئذٍ يُفترض أن تبدأ المعطياتُ التي تنتمي إلى هذه العقْدَة بالتدقُّق إلى داخلها. وبعد برهة يمكن نزع المعطيات من هذه العقْدَة يدوياً للاطمئنان إلى أن المعطيات التي أرسلت إلى الحشد والعقْدَة معطَّلة قد خزنت خزاناً صحيحاً.

مع أن إجراء الاختبارات يدوياً أسهل بلا شك، فإن اتِّخاذ طقم اختبارٍ مؤتمت يفضُّله. وكما ذكرنا آنفاً، فإنك لو استطعت تشكيل مخزن معطياتك الموزع لتشغيله على إطارٍ واحد، لكنت قادراً على تدوين طقم اختبارٍ مؤتمت ليساعد على اختبارهِ.

ولا بدَّ من ضمان توفُّر النقاط الآتية عند اختبار تعطُّل عقْدَةٍ في طقم اختبار:

- يجب أن تكون معطيات الاختبار test data قد أُضيفت إلى النظام وانتشرت تماماً في أنحاء الحشد. وقد تقدَّم بيانٌ عدة استراتيجياتٍ لضمان ذلك في موضعٍ سابقٍ من المقالة.

• عند إسقاط bring down عقدة من طقم الاختبار، لا بدّ من أن تكون قادرًا على التحقق أنها أسقطت فعلاً ويات النفاذ إليها متعذرًا؛ فالعقدة التي لا تستجيب لإشارتك ينبغي ألا تكون قادرة على تخديم serve المعطيات وحجّب نتائج اختبارائك.

• ينبغي أن تكون قادرًا على نزع كل مفردة من المعطيات المخزونة في نظام خزن المعطيات المؤرّع بدون خطأ؛ فإذا أخفقت أي عملية نزع أصيب النظام بعثرة في توزيع المعطيات data-distribution bug تحتاج إلى تصحيح.

ويقتضي الاختبارُ بحثًا عن أعطال العُقد، القدرة على نزع المعطيات من كل عقدة في النظام على حدة. ومما يستحق منك بذل الجهد والوقت، في سياق سعيك إلى نزع معطيات من إحدى العُقد، أن تستيقن قدرتك على جعل العقدة تؤدي إحدى الوظيفتين الآتيتين:

- توفير «أفضل المعطيات» المخزونة في الحشد، مصحوبة بإشارة تدل على مصدرها.
- توفير المعطيات المحتواة في تلك العقدة بالذات، بقطع النظر عن كون المعطيات التي هي «أفضل» مخزونة في موضع آخر أم لا.

والقدرة على التحقق من خزّن المعطيات على عُقدٍ فردية أمرٌ أساسي حتى لو كان واقع الاستعمال النظامي يتمثل في إتاحة أحدث المعطيات، إذ من شأن ذلك أن يقضي على الكثير من العثرات قبل ظهورها في بيئة الإنتاج. وربما تطلّب هذا أن تُضاف إلى الواجهة البرمجية للتطبيقات API نقاط إدخال معطيات data entry points تُستعمل في المقام الأول (بل حصريًا) لأغراض الاختبار، بالنظر إلى أنك - في الاستعمال المعتاد - لن تلتفت غالبًا إلى العقدة التي خدّمت served المعطيات فيها ما دامت هذه المعطيات صحيحة.

أما وقد تحصّلت لديك القدرة على التحقق من خزّن المعطيات على كل عقدة على الوجه الصحيح، فقد آن لك أن تبدأ عملية الاختبار. والخطوة الأولى فيها هي اختيار عقدة لتعطيلها وإسقاطها. حاول نزع المعطيات من العقدة بعد أن تتعطل؛ ويُفترض أن تخفق عملية الاستحضار وتُخرّج بسلاسة. وإذا حدّث أن عملية الاستحضار ردت المعطيات أو توقفت فجأة، فنُحَقِّق عندئذ أن عقدة المعطيات تتعامل مع الإغلاقات shutdowns بطريقة سليمة.

وتتمثل الخطوة التالية في نزع المعطيات من الحشد، وينبغي أن تكون قادرًا على نزع كل نقطة معطيات أضفتها إلى الحشد حتى لو كانت ثمة عقدة مُسقطّة. فإن عُثِرَ على أن هناك معطيات مفقودة، فاعلم أن لديك عثرة في توزيع المعطيات، أو أن المعطيات لم تُمنح الوقت الكافي لإتمام توزيع معطياتها اللامتزامن asynchronous data distribution كُله قبل إغلاق العقدة. وإذا كانت نتائج الاختبار غير مُسقة من تشغيل إلى آخر، فذلك على الأرجح نتيجة لعطل في توزيع المعطيات اللامتزامن. أصلح العطل وحاول مجددًا؛ فإذا كانت النتائج مُسقة فأغلب الظن أن لديك عثرة.

كذلك فإن بالإمكان إعادة بناء عقدة تعطلت تمامًا إذا كانت المعطيات قد خزنت بصورة تكرارية redundantly في جميع نواحي الحشد. والاختبار هنا شبيه باختبار عقدة مُسقطّة: أغلق العقدة، وانزع منها جميع معطياتها، ثم أعد بناءها، وافتحها مجددًا، وتحقق أن المعطيات التي تأمل أن تكون موجودة فيها هي كذلك فعلاً. وواقع الأمر أنك بحاجة إلى اقتناء هذه الوظيفة، ويتعيّن عليك بالتأكيد التنبّث في سلامة عملها. وفي حال تعطل عقدة إنتاج production node وضياح جميع معطياتها، عليك أن تكون قادرًا على إعادة إنشائها بسرعة، وتأهيلها للعمل بثقة تامة.

النتيجة

إن التحقّق من سلامة أداء نظامك عمليةً متكاملة، وعلى جانبٍ كبيرٍ من الأهمية. والاستراتيجيات التي أجمَلتها هذه المقالة من شأنها أن تسهم في إجراء اختبارٍ أشد فاعليّةً للنُظْم.

على أن من المهم الإشارة إلى أنه ليس ثمة نظامان مؤرّعان متطابقين تمامًا؛ فما يصحُّ في بعض النُظْم قد لا يصحُّ في بعضها الآخر. ضَع في اعتبارك طريقةً عمل نظامك الخاص، وتحقّق أنك تُجري اختباراتك عليه بطريقةً منطقيّةً سديدةً تتناسب هي وخصائصه.

المؤلّف

فيليب مادوكس Philip Maddox مهندس نُظْم في منصّة (تقويم المعطيات) سيركُونس Circonus - وهي من رواد مزوّدَي المراقبة والتحليل في شركة IT Operations and DevOps - وهو يعمل على نظام خزن معطيات مؤرّع كبير. وكان يعمل من قبلُ في وضع رماز آلات فرز الرسائل لإدارة البريد الأمريكيّة.

مقالات ذات صلة

- ▶ The Antifragile Organization, *Ariel Tseitlin*, <http://queue.acm.org/detail.cfm?id=2499552>
- ▶ Distributed Development Lessons Learned, *Michael Turnlund*, <http://queue.acm.org/detail.cfm?id=966801>
- ▶ Lessons from the Floor, *Daniel Rogers*, <http://queue.acm.org/detail.cfm?id=1113334>

خمسون عاماً من نظم التشغيل

FIFTY YEARS OF OPERATING SYSTEMS*

Peter J. Denning
ترجمة: م. وسام شريفة
مراجعة: د. أميمة الدكاك

الاحتفال حديثاً بمرور خمسين عاماً في العمل على تطوير أبحاث نظم التشغيل يعطي دروساً للمحترفين في تصميم العروض لزيائهم.

تعد نظم التشغيل الوحدة الرئيسية في الحوسبة، فهي مستضافة على بلايين الأجهزة الحاسوبية المتصلة بالإنترنت. لقد كانت حصتها من السوق العالمية 33 بليون دولار في عام 2014. ويزداد عدد نظم التشغيل المختلفة الجديدة كلما مرَّ عقد، فمن تسعة نظم تشغيل أُدخلت خلال خمسينيات القرن الماضي إلى نحو 320 نظام تشغيل في العقد الحالي¹ 2010s. لقد أصبحت نظم التشغيل موضوع بحثٍ منتجٍ في أواخر خمسينيات القرن الماضي. وفي عام 1967 نظم كبار الباحثين في نظم التشغيل مؤتمر مبادئ نظم التشغيل SOSP (symposium on operating systems principles)، الذي صار عقده تقليداً مرة كل عامين، على مدى خمسين عاماً. ومن الجدير بالذكر أن التحديد الأولي لمبادئ نظم التشغيل قد بلور في عام 1971 دعماً جعل نظم التشغيل جزءاً من منهاج تدريس علوم الحاسوب.

في تشرين الأول من عام 2015 وكجزء من مؤتمر SOSP الخامس والعشرين احتفلنا بمرور خمسين عاماً على بدء نظم التشغيل. لقد ناقش عشرة متحدثين، إضافة إلى جلسة حوار، تطور الأقسام الأساسية لنظم التشغيل، مركزين على الأفكار الرئيسية التي جرى في نهاية المطاف تفتيحها إلى مبادئ نظم التشغيل (انظر <https://sigops.org/sosp/sosp15/history/>). ثمة شريط فيديو متاح على موقع المكتبة الإلكترونية لل ACM. لقد قام المؤلف بكتابة هذا الملخص ليس فقط لأنه من بين المختصين المستخدمين لنظم التشغيل، ولكن أيضاً لأن هذه الأعوام الخمسين تعطي دروساً جمة لجميع محترفي الحاسوب الذين يصممون نظاماً للزيائن.

الجدول الزمني

من السمات المميزة لهذا التاريخ الطويل، أن أهداف نظم التشغيل ووظائفها قد تغيرت كثيراً مع الزمن، وشملت أربع مراحل:

◀ نظم التشغيل الدفعية: مهمة واحدة خلال لحظة زمنية معينة (1950-1960)؛

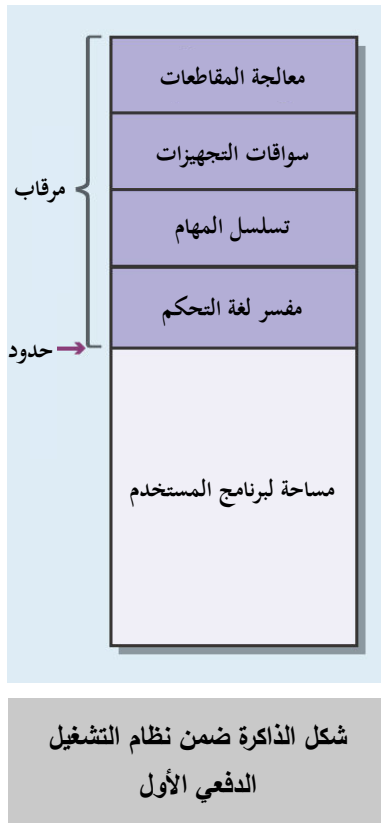
* نُشر هذا البحث في مجلة *Communications of the ACM*، المجلد 59، العدد 3، آذار (مارس) 2016، الصفحات 30 - 32.

¹ انظر https://en.wikipedia.org/wiki/timeline_of_operating_system.

- ◀ النظم التفاعلية: عدد من المستخدمين يعملون على نظم متعددة يتواصلون، ويتفاعلون فيما بينهم باستمرار، ويتشاركون الموارد (1960-1975)؛
 - ◀ نظم سطح المكتب: نظام شامل وشخصي وموزع لتنظيم العمل في المكتب (1975-2005)؛
 - ◀ النظم السحابية النقالة: وهي نظم شاملة شخصية مصممة لتنظيم كل جوانب العمل والحياة الشخصية والعلاقات الاجتماعية للمستخدمين (من 2005 إلى الآن).
- يصف الشكل المرفق توزيع الذاكرة لنظام تشغيل دفعي قديم.

الملتقى الكبير لـ 1965

كانت نظم التشغيل في أول عهدها أكثر تطوراً بقليل من "إجرائيات تشغيل يدوية" للحواسيب الأولى في خمسينيات القرن الماضي. حيث تنشئ هذه الإجرائيات رتلاً للأعمال المطلوب تنفيذها؛ ويقوم المشغل بوضع هذه الأعمال على الآلة (الحاسوب) واحداً تلو الآخر ويعيد النتيجة إلى المستخدمين المعنيين (الطالبين). جرت أتمتة هذه الإجرائيات لاحقاً في أواخر الخمسينيات. في ذلك الوقت أصدرت IBM الحواسيب الواجهية (front end): من الطراز 1401 إلى الحواسيب ذات الأشرطة الحاسبة (number crunchers) 709x التي كانت تعرف تجارياً بنظم التخزين المؤقت "spooling". ومن ذلك الوقت، أصبح مهندسو الحواسيب مهتمين بأتمتة كل جوانب الحوسبة ومنها جدولة المهام، وتخصيص الموارد، والتفاعل مع المستخدم؛ وكل هذا أثناء التنفيذ، إضافة إلى التخطيط الذي يسبق تنفيذ المهام من تحضير، واختبار، وتقليد (تصحيح). في عام 1965 أسفرت تجاربهم عن ثمانية مبادئ تُعد نقطة البدء للأجيال الجديدة من نظم التشغيل:



◀ حوسبة تفاعلية (اقتسام الزمن)

◀ نظم ملفات تراتبية

◀ بنيان يتحمل الأعطال

◀ نظم المقاطعات

◀ الرمز المحمل آلياً $2overlays$ (الذاكرة الافتراضية)

◀ البرمجة المتعددة

◀ البرمجة المهيكلة (الاجترائية)

◀ تشارك المعلومات المضبوط

لقد كان مشروع "المولتكس Multics" من MIT (http://multicians.org) ومشروع "نظام 360" من IBM أول من أصدر نظم تشغيل بكل هذه الخصائص. فقد ركز مولتكس على النشاطات البيئية والمجتمعات، وكان النظام 360 سلسلة كاملة من الحواسيب من المستوى

² قطعة من الرمز يجري تحميلها إلى مكان محدد في الذاكرة أثناء التنفيذ. (المراجع)

الأدنى إلى الأعلى بمجموعة تعليمات مشتركة.

إضافة إلى ذلك، استعمل مشروع "مولتكس Multics" -في برمجة نظام التشغيل- لغةً برمجية عالية المستوى (هي مجموعة جزئية من PL/I) لأن المصممين لم يرغبوا في استعمال لغة المجمع في نظام من هذا الحجم. هذه النظم التي جرى تطويرها بين عامي 1964-1968 كان لها أثر كبير ومباشر في أجيال نظم التشغيل اللاحقة.

لقد أحبّ "دينس ريتشي Dennis Ritchie" و "كين ثومبسون Ken Thompson" من مختبرات Bell Labs الخدمات المتاحة في نظام التشغيل "مولتكس" ولكنهما أبغضا حجمه وتكلفته المرتفعتين. لقد استخرجا من هذا النظام أفضل الأفكار وغلفاها ببعض أفكارهما لإنتاج نظام التشغيل "يونكس Unix" عام 1971. هذا النظام كان صغيراً بقدر كافٍ لتشغيله على حواسيب صغيرة، وقد جرت كتابة هذا النظام بلغة برمجة جديدة حَمولة portable: السي "C"، التي كانت قريبة جداً من الرمز البرمجي مما جعلها فعالة، كما كانت عالية المستوى بقدر كافٍ لإدارة تعقيدات برامج نظام التشغيل. أصبح اليونكس معياراً عاماً لواجهات إعدادات نظم التشغيل إضافة إلى كونه برمجيات وسيطة للإنترنت. وفي عام 1978 أصدر "أندي تاننباوم Andy Tanenbaum" نظام "مينيكس Minix" كنسخة طلابية عن "اليونكس". وفيما بعد، أطلق طالبه لينوس تورفادس Linus Torvalds نظام "لينكس Linux".

مبادئ نظم التشغيل

في أواخر ستينيات القرن الماضي أدرك مهندسو نظم التشغيل أنهم قد أحاطوا بمجموعة أساسية من المبادئ قادت إلى نظم تشغيل موثوقة يمكن الاعتماد عليها. قامت إدارة SOSP بجعل بحثها الخاص بمبادئ (أساسيات) نظم التشغيل مؤسسة. ما قام به المؤلف في عمله الخاص به هو أنه وسّع هذا البحث ليشمل الحوسبة بوجه عام [3,4] (انظر <http://greatprinciples.org>).

ويقول: كثيرا ما كنت أسأل: "ما هو مبدأ نظام التشغيل OS (أو نظام الحوسبة CS)؟" والجواب: المبدأ بوجه عام هو عبارة تشير إما إلى قانون في الحوسبة (الشكل 1)، أو إلى حكمة تصميمية من أجل الحوسبة (الشكل 2).

بوجود الكثير من العبارات المرشحة لتكون مبدأ، أيها يستحق التذكّر؟ ولهذا اقترح الزميل الراحل "جيم غري Jim Gray" معياراً للمبدأ وهو: يكون المبدأ جيداً بقدر ما يكون "شديد الاتساع" -مناسبا لجميع الأوقات (غير محدود بزمان) ومفيداً إلى أبعد الحدود- ساهمت نظم التشغيل تقريباً بثلاث المبادئ الـ 41 المدرجة في الدراسة الاستقصائية التي جرت في عام 2004 (انظر [https:// greatprinciples.org](https://greatprinciples.org)). يعطي الجدول المرفق أمثلة تدل على مدى مساهمة نظم التشغيل في مجال نظم الحوسبة CS.

الدروس

بالنظر إلى اتساع النتائج المحققة من قبل عشرة آلاف شخص ممن عملوا طوال الخمسين عاماً الماضية في مجال بحوث نظم التشغيل، أرى أن بعض الدروس تُطبّق في أعمالنا اليومية كمحترفين.

ثابت السيمافور $c(t) = \min(a(t) * S(t) + I)$ [5]
 قانون المكان-الزمن: الذاكرة المستخدمة = الزمن والمكان لكل مهمة × معدل خرج النظام
 معادلات القيمة المتوسطة لمعدل خرج النظام و زمن الاستجابة في شبكات الأرتال
 مبدأ المحلية

الشكل 1. أمثلة على القوانين.

إخفاء المعلومة
 مستويات أو طبقات التجريد
 مداوات لاتجزئية
 آلات افتراضية
 أقل امتيازات

الشكل 2. أمثلة على الحكم التصميمية.

ومع أن البحث يبدو ذا طابع أكاديمي ولا يطبق في الحياة المهنية، إلا أنه بالنظر عن قرب إلى ما يحدث فعلياً نجد الكثير من التداخل بينهما. يسعى الباحثون والمحترفون، جميعاً، لإيجاد إجابات عن أسئلة. يهدف الباحثون إلى توسيع حدود المعرفة، على حين يهدف المحترفون إلى جعل النظم ذات قيمة أكبر للزبون. فمثلاً إذا أردنا استكشاف مسألة معينة، فسننجه أولاً إلى الأوراق البحثية؛ إذ لا يوجد إلا القليل جداً من دراسات الحالات التي يقدمها المحترفون. فالأوراق البحثية تطرح الأفكار بطريقة مرتبة تنتقل من البحث والاستقصاء إلى النتائج والاستنتاجات بطريقة سلسلة. أما الاستقصاءات الفعلية فهي عادة غير مرتبة، وغير مؤكدة وعشوائية. والارتياح نتيجة طبيعية للأمر الطارئة التي تحدث والظروف غير المتوقعة التي على المتحري أن يمر بها. ولا يمكننا معرفة صدى تصميم معين حتى يطرح على الزبائن ونرى رد فعلهم تجاهه.

يمكنك أن ترى هذا ضمن العروض التي قدمها المحاضرن في المؤتمر، حيث أعادوا النظر في نضالهم لإيجاد أجوبة عن الأسئلة التي طرحوها أنفسهم. لقد نجحوا لأنهم سمحوا لأنفسهم بأن يكونوا مبتدئين دائمي البحث عن الجزء الذي يعمل على نحو صحيح والجزء الذي لا يعمل: يبنون ويصلحون ويجربون. ومن هنا برزت عدة رؤى. لقد كانت نتائج عملهم، تقريباً دائماً، نظم تشغيل يستطيع الآخرون استعمالها وتجريبها. بعد هذه العملية الفوضوية لمعرفة ما هو جيد ويعمل، يقوم الباحثون بكتابة ما تعلموه بشكل مفهوم ومرتب. أي قبل إصدار النظريات يقومون بإنتاج نماذج أولوية ونظم.

يقوم المحترفون بنفس العمل تقريباً، عندما يجلسون أمام النار محاولين جمع خيوط ماقاموا به لزبائنهم. هم أيضاً يكتبون بأناقة مجنبيين زبائنهم، بكل لطف، عناء ما يعانونه من أجل تصاميمهم.

أمثلة على مبادئ أو أساسيات الحوسبة التي ساهمت بوضعها نظم التشغيل.

الإجراءات	هي برنامج يجري تنفيذه على معالج افتراضي. يمكن الإقلاع بالإجرائية أو إيقافها أو جدولتها أو التفاعل معها. تحوي الشبكات ونظم التشغيل العديد من الإجراءات المتفاعلة التي لا تنتهي أبداً.
الحوسبة التفاعلية	تستطيع الإجراءات استقبال الدخول أو توليد الخروج في أي وقت كان - وهذا عكس وجهة نظر Turing التي تقول إن الإجراءات تحصل على كل الدخول في لحظة البدء وتعطي الخرج عند الانتهاء من العمل فقط. ولهذا تستطيع الحوسبة التفاعلية تنفيذ توابع لا يمكن تنفيذها باستعمال الحوسبة غير التفاعلية.
ضبط التزامن	لتجنب الحالات غير الصحية في الاستعمال مثل حالات السباق ³ ، وطفح الصوانات، والتوقف التام؛ تحتاج الإجراءات إلى آليات صريحة للانتظار واستقبال الإشارات.
المحلية	تستعمل الإجراءات مجموعات جزئية صغيرة من فضاء العنوان مُدداً طويلة. تكشف الخوابي ومدير الذاكرة مجموعات العمل، وتضعها على نحوٍ يعطي أداءً محسناً ملحوظاً، ويحميها من حدوث الانهيار الكامل.
التسمية والتقابل	يمكن أن يُسند إلى الأغراض أسماء مستقلة عن أماكنها. يترجم المقابل mapper كل اسم إلى الموضع الفيزيائي عند الحاجة، يمكن أن تُوسَّع نظم التسمية التراتبية (كالمجلدات و URLs ⁴) إلى فضاء أسماء كبير جداً.
الحماية والمشاركة	فضاء الأسماء العام مرئي لجميع المستخدمين (على سبيل المثال، فضاء جميع مواضع موارد الوب Web URLs)، أما الأغراض فهي تحكيمياً متاحة فقط لمالكيها. يصرح المالكون صراحة عن لديه صلاحيات قراءة هذه الأغراض أو كتابتها (التغيير فيها).
لغات النظام	يؤدي استعمال لغات برمجة النظم إلى إنتاج نظم مهيكلية جيداً، ويمكن التحقق منها بسهولة، وتحمل الأعطال.
درجات التجريد	يمكن تبسيط برمجيات النظام والتحقق منها بتنظيم التوابع تنظيمياً تراتبياً بحيث يمكنها فقط استدعاء التوابع التي هي أدنى منها، وإعادة النتائج إلى التوابع التي هي أعلى منها.
الآلات الافتراضية	يمكن تنجيز مجموعة من التوابع المرتبطة على أنها محاكاة لآلة واجهتها هي "مجموعة تعليمات instruction set" أما بنيانها الداخلي ومعطياتها فتبقى مخفية.

³ حالة غير مرغوبة تحدث حين يحاول نظام معين أو تجهيزة معينة القيام بعمليتين أو أكثر بنفس الوقت، ولكن بسبب طبيعة النظام أو التجهيزة يجب القيام بهذه العمليات بترتيب مناسب لتتفد تنفيذاً صحيحاً. (المراجع)

⁴ Uniform Resource Locators: هي مواقع الوب التي تشير إلى موقع مورد على الشبكة. (المراجع)

المراجع

- [1] COSINE Task Force 8 report. An Undergraduate Course on Operating System Principles. National Academy of Engineering, 1971; <https://denninginstitute.com/pjd/PUBS/cosine-8.pdf>
- [2] Denning. P, Operating systems principles and undergraduate computer science curricula. In proceedings of AFIPS Conference, 40 [SJCC], 1972, 849-855: <https://denninginstitute.com/pjd/PUBS/OSprinciples.pdf>
- [3] Denning. P, Great principles of computing, Commun. ACM 46,11 (Nov.2003), 15-20.
- [4] Denning .P and Martell .C, Great Principles of computing. MIT Press, 2015.
- [5] Habermann. A. N. Synchronization of communicating processes. Commun. ACM 15, 3 (Mar. 1972), 171-176.

Cebrowski Institute for **Peter j. Denning** (pjd@nps.edu): أستاذ متميز في علوم الحاسوب ومدير معهد Monterey كاليفورنيا. وهو مدير information innovation في المدرسة البحرية Naval Postgraduate School في Monterey كاليفورنيا. وهو مدير تحرير ACM Ubiquity. وهو رئيس سابق لـ ACM.

إدارة حياتك الرقمية

MANAGING YOUR DIGITAL LIFE*

Serge Abiteboul, Benjamin André, Daniel Kaplan

ترجمة: د. ندى غنيم

مراجعة: د. محمد عباسي

يجب أن يكون بمقدور الجميع إدارة معطيائهم الشخصية بنظام إدارة معلومات شخصية.

لدى الشخص العادي اليوم معطيات¹ على أجهزة متعددة وفي عددٍ من النظم التجارية التي تعمل مصانَدَ للمعطيات، حيث من السهل تسجيل المعلومات ومن الصعب حذفها أو مجرد النفاذ إليها أحياناً. كذلك، فإن التحكم بنفاذ أطرافٍ أخرى إلى المعطيات أمرٌ صعب، وأحياناً مستحيل. قد يعتبر البعضُ هذا ثمناً لا مناص من دفعه للاستفادة كلياً من الكمِّ المتزايد من المعلومات المتاحة. إلا أن هذا الوضع ليس غير مُرضٍ فقط، لأنه يتطلب من المستخدمين أن يبادلوا الخصوصية بالراحة، بل لأنه أيضاً يحدُّ من القيمة التي يمكننا أن نستخلصها -أفراداً أو مجتمعاً- من المعطيات. نحن نعيش في عالم تُعدُّ فيه المعطيات أحد الأصول الحيوية، ويرى أغلبُ الناس أن قدرتهم على التحكم في معطيائهم الشخصية قليلة، إن لم تكن معدومة. وهذا قطعاً أمرٌ ضارٌّ على صعيد الثقة، والإبداع، والنمو. في هذا العالم، نحن أيضاً محدودون من حيث تفعيل كل هذه المعلومات الموجودة، لأنها تقبع في مخازن معزولة يحولُ بينها عدم التوافق التقني، وغموض المعاني، والعوائق التنظيمية، إضافة إلى القوانين المتعلقة بالخصوصية. يزداد هذا الحال سوءاً نظراً إلى الازدياد المستمر في عدد مصادر المعطيات.

بالطبع، يمكن للمستخدمين أن يَعْهَدُوا بكل معلوماتهم إلى شركة واحدة (تحلم بعض الشركات صراحة بتقديم كامل طيفِ خدماتِ المعلومات). من المؤكد أن هذا سيجعل حياة المستخدمين أسهل على المدى القصير، لكنه سيجعلهم معتمدين كلياً على هذه الشركة. سنفترض -مع أن هذا الأمر جدلي- أن أغلب المستخدمين يفضلون تجنب مثل هذا الحل، إن كان لديهم حق الاختيار.

ثمة احتمال آخر، هو أن نطلب من المستخدمين أن يمضوا عدة سنوات من حياتهم وهم يدرسون ليصبحوا خبراء في الحواسيب. يمكننا أن نفترض بأمان أن هذا ليس ما يتوق إليه قسم كبير من الناس. هل ثمة خيار آخر؟ نعم، وهو نظام إدارة المعلومات الشخصية (PIMS)².

* تُشير هذا البحث في مجلة *Communications of the ACM*، المجلد 59، العدد 5، أيار (مايو) 2015، الصفحات 32 - 35.

¹ كالمعطيات التي ننشرها (مثل الصور)، ومنتجها (مثل جهات الاتصال contacts) ونساهم في إنتاجها اجتماعياً (في الشبكات الاجتماعية مثلاً)، والمعطيات التي تقدمها المنظمات عنا (مثل المصارف والإدارات العامة)، والمعطيات التي تلتقطها المحسات حولنا (مثل GPS)، وغيرها.

² Personal Information Management System.

نظام إدارة المعلومات الشخصية

لكي نفهم فكرة نظام إدارة المعلومات الشخصية (PIMS)، علينا أن نأخذ بالاعتبار البيئة الحالية. لماذا يُودعُ المستخدمون معطياتهم في خدمات تعرضها شركات مثل جوجل وفيسبوك؟ لأنهم يستمتعون باستخدام هذه الخدمات. حالياً، ثمة سمتان لهذه الخدمات: هي أنها مدعومة ببرمجيات ذات ميزات مفيدة، وأنه يجري تنفيذها على آلات لا يديرها المستخدم. ماذا لو استطعنا فصل هاتين السمتين؟ من جهة، يمكن للمستخدم أن يختار لكل خدمة أفضل مطور برمجيات أو مزود خدمة يلائم احتياجاته. ومن جهة أخرى، يمكن لهذا المستخدم أن يختار مخدمًا يمكنه أن يشغل جميع هذه التطبيقات. بالنتيجة، فإن هذا سيجمع بين جميع تطبيقات المستخدم المفضلة وجميع معطياته - الموزعة، والمجزأة، والمعزولة حالياً- في مخدمٍ شخصيٍّ واحد.

هذا ما يفعله نظام PIMS. قد يبدو هذا مثل المدينة الفاضلة، ولكنه، كما سنرى، ليس كذلك. يتألف نظام PIMS من مُخدّم المستخدم، الذي يُشغّل الخدمات التي اختارها المستخدم، ويخزّن معطيات المستخدم ويعالجها:

- ◀ يدفع المستخدم من أجل المُخدّم (وقد يمتلكه) فيؤدي المُخدّم فقط ما يطلبه منه المستخدم ولا شيء آخر.
- ◀ يختار المستخدم رماز التطبيق لاستخدامه على المُخدّم.
- ◀ قد تكون برمجيات المُخدّم، إضافة إلى الخدمات فيه، مفتوحة المصدر (مما يتيح التحقق من الرماز نيابة عن مستخدمى الخدمة).

◀ يقع المُخدّم في السحابة ومن ثمّ يمكن الوصول إليه من أي مكان. هناك العديد من الإعدادات المختلفة المحتملة، ولسنا بحاجة إلى تحديد واحد معيّن. فقد يمتلك المُخدّم، أو قد يدفع مقابل مُخدّم مُستضاف. وقد يكون المُخدّم آلة مادية أو افتراضية. وقد يكون موجوداً مادياً في منزل المستخدم (صندوق التلفاز مثلاً) أو لا. وقد يشغّل على آلة مُفردة أو يكون موزعاً بين عدة آلات.

يجعل نظام PIMS معلومات المستخدم الشخصية مركزيةً. إنه منزلٌ رقمي. يمكن لنظام PIMS أيضاً أن يتحكم في المعلومات التي تقع ضمن خدماتٍ خارجية (مثل فيسبوك)، والتي يجري نسخها فقط ضمن نظام PIMS. تعتمد نماذج أعمال هذه الخدمات على معطياتنا الشخصية، ولن تمنعها نظم PIMS من العمل بهذه الطريقة، ما دام زبائننا موافقين؛ لكن سيكون عليها أن تشارك مستخدميه معطياتها، فقد يرغب المستخدمون استخدام المعطيات في منصات منافسة، أو في أي شيء منطقي في رأيهم. لا تمنع نظم PIMS تشارك المعطيات، بل تمنع تخزينها الأحادي الجانب. تزود برمجيات PIMS الدعم الضروري ليتمكن المستخدم دائماً من النفاذ إلى معلوماته ومن التحكم (بالقدر الممكن) بكيفية نفاذ التطبيقات إلى المعلومات.

يتيح نظام PIMS، بجعله النفاذ إلى معلومات الفرد مركزياً، خدماتٍ جديدةً مفيدة جداً تدمج المعلومات من مصادرٍ متنوعة جداً -نفس المستودعات التي مُنعت من التعاون في عالم متمركز حول المنظمات- لوضعها تحت سيطرة المستخدم ولتسُد احتياجاته.

هل تشكل نظم PIMS خطراً أمنياً؟ بالطبع، يمكن لأحدهم أن يجيب أنّ من الصعب أن تكون هذه النظم أخطر من قواعد المعطيات المشتركة المترابطة الضخمة الحالية التي تتضمن معطيات عن ملايين الزبائن، إلا أن هذه إجابة لا تكاد تكون مريحة. من نقاط الضعف المحتملة لنظم PIMS أنّ أمنها يعتمد على المستخدمين النهائيين، في الوقت الذي أثبت

فيه الأفراد مراراً أنهم إما غير راغبين أو غير قادرين حتى على بذل الجهد الأدنى لتأمين أنظمتهم. من جهة ثانية:

- ◀ يدير نظم PIMS مشغّل خبير، أو تدار على عتاديات آمنة. ثم، يقوم نظام PIMS بمعالجة مسألة الأمن نيابة عن المستخدمين النهائيين معالجة أفضل مما لو كانت على أجهزة شخصية عامة الاستخدام، كالحواسيب الشخصية مثلاً.

- ◀ على المستخدمين أن يحددوا خيارات الأمن/الخصوصية بإشراف نظام PIMS، ثم يقلص النظام PIMS الأخطار المتعلقة بالخصوصية، وذلك بمراقبة عمليات النفاذ وأنماط النفاذ مثلاً، لكل التطبيقات التي تعمل ضمن بيئة PIMS.

من جهة أخرى، في نظم PIMS المصممة على نحو صحيح، تكون كل مجموعة من معطيات مستخدم ما، معزولة تماماً عن معطيات الآخرين. لذا، في حال حدوث خرق أمني، فإنه يتعلق بمستخدم مفرد. ومن ثم، سيكون القرصنة أكثر انجذاباً لمهاجمة نظم أخرى لديها معطيات كثيرة ومستخدمون عديدون.

لن تحل نظم PIMS القضايا الأمنية المتعلقة بحماية معطيات المستخدمين. لكننا نعتقد أن تزويد نقطة دخول واحدة لتوصيف قواعد الأمن/الخصوصية، وبدعم من نظم PIMS المصممة بعناية لتأخذ بالاعتبار قضية الأمن، سيجعلنا في موقع أفضل لتوفير الأمن والخصوصية معاً للمستخدمين.

ثمة قضية أخرى هامة للمستخدمين العاديين هي إدارة نظم PIMS الخاصة بهم. حيث تبيّن أن السحابة أصبحت أمراً أساسياً. إذ يمكن معها، إيجاد شركة تستضيف النظام لمصلحة المستخدمين. (يدفع المستخدم بوصفه زبوناً لهذه الشركة، وثمة عقد يحمي خصوصية المعطيات).

نظم PIMS قادمة!

يمكن النظر إلى ذلك من ثلاث زوايا مختلفة: المجتمع، والتقانة، والصناعة.

المجتمع جاهز للتحرك. حتى الآن، لم يكن لدى الناس اهتمام كبير حيال "أين تذهب معطياتهم الشخصية"، ولكن هذا الحال بدأ يتغير لعدة أسباب:

- ◀ تتبادر إلى الذهن انتهاكات واضحة بعمليات تجميع واسع للمعطيات تقوم بها حكومات (وكالة الأمن القومي في الولايات المتحدة الأمريكية ومقابلاتها في الدول الأوروبية) وشركات (مكاتب الائتمان، والشركات الصحية، والشبكات الاجتماعية).

- ◀ وعي الأفراد المتزايد لعدم التكافؤ بين ما تعرفه الشركات عن شخص ما، وما يعرفه هذا الشخص فعلياً عن هذه الشركات (أو حتى عن نفسه): ففي أوروبا والولايات المتحدة تشير جميع استبيانات الزبائن إلى تزايد قلق الزبائن، ليس فقط حول أمن معطياتهم، بل حول ماذا يمكن أن تفعله تلك المنظمات التي تحتفظ بمعطياتهم بهذه المعطيات³ أيضاً.

- ◀ استياء متزايد تجاه التسويق التطفلي، الشخصية المخفية، "المعطيات الضخمة" المروعة: فعلى سبيل المثال، وحسب مشروع الإنترنت والحياة الأمريكية لمؤسسة Pew، يرى 65% من البالغين الأمريكيين أن البحث الشخصي "سيئ" في حين يراه 73% انتهاكاً للخصوصية⁴.

³ انظر على سبيل المثال استبيان GFK حول خصوصية المعطيات وأمنها، 2014: <http://www.gfk.com/trustsurvey/>.

⁴ انظر <http://pewinternet.org/media-mentions/pew-report-65-view-personalized-search-asbad-73-see-it-as-privacy-invasion/>.

◀ فهم جديد لمسألة أن المعطيات الشخصية قد تكون قيمة للأشخاص وكذلك للهيئات. تدخل تطبيقات "النفس المقدره كميًا" في صلب هذا الموضوع: حيث يبدو أن ملايين الأشخاص على استعداد لإنفاق 100 دولار أو أكثر لشراء أجهزة تساعد على متابعة صحتهم، وحالتهم الجسدية، وأنماط نومهم، وهلم جرا، وذلك كله عن طريق المعطيات. نتيجة لذلك، تتجه سلسلة من المبادرات نحو منح المستخدمين الأفراد ليس فقط تحكماً أكبر في كيفية جمع الآخرين لمعطياتهم الشخصية واستخدامها، بل منحهم قدرة أكبر لامتلاك هذه المعطيات واستخدامها فعلياً لغاياتهم الخاصة. تقع هذه المبادرات ضمن أصناف متعددة:

◀ *التحكم في الخصوصية*: في عام 2009، اقترحت مجموعة عمل النفاذ الذي يديره المستخدم مواصفات⁵ لتمكين الفرد من التحكم في التصريح بمشاركة المعطيات وعمليات النفاذ إلى الخدمة التي تُجرى ما بين الخدمات على الخط بالنيابة عن الفرد، ولتسهيل التطبيقات البنينة للمواصفات. تقدم المراجعة الحالية لقوانين الخصوصية في أوروبا وباقي العالم مفاهيم جديدة مثل "مراعاة الخصوصية في التصميم"⁶ (تقليل المعطيات⁷ مثلاً)، *opt-in*⁸، سياسات "الخصوصية الملازمة"⁹، "الحق بأن تُنسى" *right to be forgotten* أو قابلية المعطيات للحمل.

◀ *تمائل المعلومات*: بغية تحقيق تماثل أفضل بين الزبائن والباعة، قامت شركة Doc Searls وغيرها من الشركات بتعزيز مفهوم إدارة العلاقة بالبايع (VRM)¹⁰ منذ 2006. انبثق مفهوم VRM من فكرة أن الزبائن سيستفيدون من امتلاك صورة متكاملة لعلاقاتهم بالباعة، بالطريقة نفسها التي يحاول بها الباعة امتلاك صورة متكاملة لزبائنهم بالاستفادة من نظم إدارة العلاقة بالزبون CRM.

◀ *ملكية المعلومات واستعمال الأفراد لها*: ورد في تقرير منتدى الاقتصاد العالمي لعام 2011 [2]، "بعبارة عملية، ستكون معطيات الأشخاص مكافئة "لأموالهم". ستوضع في حساب حيث يجري التحكم فيها وإدارتها، وتبادلها، وتفسيرها مثلما تعمل الخدمات المصرفية الشخصية حالياً". انظر أيضاً، على سبيل المثال، مشروع OpenPDS [1] في مخبر MIT للوسائط.

أدت هذه التوقعات حديثاً إلى مبادرات هامة لكشف معطيات شخصية مثل مبادرة Smart Disclosure في الولايات المتحدة (حيث يمكن لأكثر من 40 مليون أمريكي حالياً أن يحملوا ويستخدموا معطياتهم الصحية باستخدام نفس "الزر الأزرق" الموجود على موقع مزود التأمين الصحي الخاص بهم)، ومبادرة MiData في المملكة المتحدة، ومبادرة MesInfos¹¹ في فرنسا.

⁵ انظر <https://kantarainitiative.org/confluence/display/uma/Home>.

⁶ *privacy by design*: منهجية في هندسة البرمجيات تُراعى فيها "الخصوصية في كامل الإجراءات الهندسية (ويكيبيديا).

⁷ *data minimization*: مبدأ أساسي لحماية المعطيات، حيث يجب على جامعي المعطيات أن يجمعوا المعطيات الشخصية فقط التي يحتاجون إليها فعلاً، وأن يحتفظوا بها ما داموا بحاجة إليها. (المترجم/المراجع)

⁸ *Opt-in*: السماح بالاستقبال دون موافقة قَبْلِيَّة. (المترجم/المراجع)

⁹ *sticky privacy*: شروط وقيود مرفقة بالمعطيات لتصف كيف يجب التعامل معها. (المترجم/المراجع)

¹⁰ مشروع VRM، في مركز بيركمان للإنترنت والمجتمع Berkman Center for Internet and Society، في جامعة هارفرد.

¹¹ MesInfos هي تجربة كشف معطيات شخصية، حيث اتفقت عدة شركات كبيرة (مشغلي شبكات، مصارف، باعة تجزئة، شركات تأمين، ...) على مشاركة مجموعة من الزبائن في المعطيات الشخصية التي يحتفظون بها لديهم.

التقانة تستعد. يستعمل بعض الناس حالياً أنظمة PIMS الخاصة بهم. فهم يشغلون مخدماً منزلياً أو يستأجرون مخدماً مُستضافاً (في اختبار للسوق عام 2013، أجزت شركة OVH الفرنسية للاستضافة على الوب 15,000 مخدمٍ شخصيٍ قليل التكلفة في 10 أيام فقط). ويتوفّر لديهم بعض الوظائف البدائية التي تتمثل عادةً بتطوير المخطوطات. ثمة عامل مقيدٌ أنه، ولكي يستعمل المستخدمون الخدمات المتاحة، ليس لديهم أي خيار سوى التخلي عن بعض قدراتهم على التحكم في معطيّاتهم. فمثلاً، إذا أرادوا المشاركة في الويب الاجتماعي، يجب أن يأتّمون فيسبوك أو غيره من الوسائط على معطيّاتهم. لكنهم يستطيعون، بتخصيص الوقت والجهد ومراعاة هذه القيود، إدارة معطيّاتهم وخدماتهم إلى حدٍّ ما. لكن هذا ليس متاحاً للجميع. فحالياً ينبغي أن يكون المرء ماهراً جداً وراغباً في تخصيص وقتٍ طويلٍ لتحقيق هذه النتيجة. لكن الأمور تتغير بسرعة، حيث:

◀ تساعد تقانات التجريد¹² على كبح تعقيد المخدمّات.

◀ غدت التقانات المفتوحة المصدر متاحة على نحوٍ متزايدٍ لنطاقٍ واسعٍ من الخدمات.

◀ أصبح سعر العتاديات بخساً جداً، كما انخفض سعر استضافة المخدمّات.

كذلك تنشط الأبحاث في مجال نظم PIMS على نحوٍ متزايدٍ¹³، حيث ابتكر عدد من النماذج الأولية لتخزين واستحضار المعطيّات الشخصية: Connections، MyLifeBits، Haystack، Stuff-I've-Seen، Lifestreams، Personal Dataspaces، أو deskWeb. ويبدو أن نقطة التحول باتت قريبة كما يتضح من العديد من المشاريع مثل Mailpile (للبريد)، Lima (لخدمات شبيهة بـ Dropbox مُستضافة في المنزل)، Synologie أو Iomega (NAS شخصي¹⁴)، SAMI الخاص بشركة سامسونغ (مخزن معطيّات شخصية) وعدد من نظم PIMS المستضافة ذاتياً، من قبيل YounoHost، Amahi، ArkOS، أو Own Cloud أو Cozy Cloud.

شركات ضخمة تدخل الوسط. تعمل نظم PIMS أيضاً كمغانطٍ للشركات الضخمة، وخاصة لـ:

◀ الشركات التقليدية التي لديها كميات ضخمة من المعلومات الشخصية. حيث يتزايد تفكيك الروابط بين هذه الشركات -ومنها باعة التجزئة، شركات التأمين، المصارف- وبين زبائنها عن طريق المزودين الرئيسيين في الإنترنت. ويمكن لهذه الشركات أن تجد في نظم PIMS فرصة لإعادة بناء تفاعل مباشر مع هؤلاء الزبائن.

◀ تُعتبر الشركات التي تدير أدوات منزلية (وخاصةً صناديق الإنترنت) مُستضيفاتٍ طبيعية للمعلومات الشخصية. يمكن لهذه الصناديق، انطلاقاً من معطيّاتٍ مخصصة لاستعمالات خاصة، أن تتطور لتصبح أكثر عمومية وتتحكم بأعداد متزايدة من الأغراض والخدمات والمعطيّات المترابطة.

ستكون نظم PIMS مهمة أيضاً للمزودين الرئيسيين في الإنترنت، حيث إن لدى بعضهم (مثل أمازون) كمّاً كبيراً من المعرفة عن كيفية تقديم خدمات المعطيّات، مما يتيح لهم الانتقال بسلاسة إلى هذه الأعمال الجديدة. كذلك، فإن شركات أخرى (مثل فيسبوك) متمحورة حول إدارة المعلومات، لا يمكنها أن تدع مثل هذا المجال الواسع من إدارة المعلومات يزدهر دون أن تشارك فيه. إلا أن نظم PIMS، كما عُرّفت هنا، بعيدة جداً عن نماذج العمل غير المباشرة لهذه

¹² Abstraction في علم الحواسيب والبرمجيات تعني ترتيب التعقيدات في أنظمة الحاسوب، إذ يوضع مستوى من التعقيد يعمل ضمنه المستخدم وتهدف كافة التفاصيل التعقيدية دونه. (موقع ويكيبيديا) (المراجع)

¹³ صفحة Personal Information Management على موقع ويكيبيديا.

¹⁴ تخزين شخصي متصل بالشبكة (NAS) Network-Attached Storage. (المترجم/المراجع)

الشركات والمعتمدة على الإعلانات الشخصية. لذلك، فإن الدخول إلى هذا السوق الجديد سيتطلب منها تغييراً جذرياً، وخاصة توضيح العلاقة بالزبائن (ممثلة بنظم PIMS) فيما يتعلق بتحقيق دخلٍ من المعطيات الشخصية.

تتيح نظم PIMS وظائف جديدة

ربما يكون السبب الرئيسي لانتقال الزبائن إلى نظم PIMS هو أنها تتيح وظائف جديدة رائعة. بناءً على مكاملة معطيات الزبون، يمكن لنظم PIMS أن تتيح:

- ◀ بحثاً عاماً ضمن معطيات الشخص مع طبقة دلالية تستخدم أنطولوجية شخصية (مثل تنظيم المعطيات الذي يفضّله الشخص، ومصطلحاته الخاصة بالمعطيات) تساعد على إعطاء معنى للمعطيات.
- ◀ المزامنة الآلية للمعطيات على أجهزة/نظم مختلفة، وترتيب شامل للمهام بغية تسهيل التشغيل البيئي لأجهزة (أو خدمات) مختلفة؛
- ◀ تبادل المعلومات والمعرفة بين "الأصدقاء" بأسلوب اجتماعي حقيقي، حتى لو كانوا يستعملون منصات شبكات اجتماعية مختلفة، أو حتى بدون منصة على الإطلاق؛
- ◀ نقطة تحكم مركزية للأغراض المترابطة، أي موزع hub لإنترنت الأشياء¹⁵؛ و
- ◀ تحليل المعطيات ضمن معلومات الشخص والتنقيب فيها.

خاتمة

أصبحت الخدمات المتوفرة على الشبكة جزءاً أساسياً من حياتنا اليومية. لكننا جميعاً نعاني بسببها فقدان قدرتنا على التحكم بمعطياتنا الشخصية. يمكننا استعادة التحكم في هذه المعطيات باستعمال نظم PIMS. كما أن هذه النظم تتيح مجالاً واسعاً من الوظائف الجديدة. وتمهد الطريق نحو أسلوب جديد، وفعال، وأكثر توازناً لبناء قيمة للزبون وللأعمال على حدٍ سواء. تُحقّق نظم PIMS ذلك كله دون أن تتخلى عن الانتشار الواسع، أو سهولة الاستعمال، أو الأمن. تجعلنا هذه الأسباب نعتقد أن فوائد PIMS واضحة جداً بحيث أنها ستعتمدُ على نطاقٍ واسعٍ في المستقبل القريب. ما زال علينا أن نعرف الشكل الذي سيأخذه هذا التطور، وكيف سيغير العلاقات بين لاعبي "السحابة الشخصية" الجدد، ومزودي الأجهزة المنزلية والإلكترونية، والمنصات المؤسسة المتوفرة على الشبكة، وحائزي المعطيات الشخصية الحاليين.

هل سنستمر بالتوجه نحو إنترنت يهيمن عليها الاحتكار، واكتشاف لاحة الزبون، والمراقبة المعمّمة؟ هل سيحولنا فقدان المتزايد لقدرتنا على التحكم بمعطياتنا إلى منتجاتٍ منفعةٍ للاقتصاد الرقمي العالمي؟ قد تكون نظم PIMS خياراً بديلاً لهذه النتيجة.

المراجع

- [1] de Montjaye, Y. –A., Wang S., and Pentland, A. On the trusted use of Large Scale Personal Data. IEEE Data Engineering Bulletin 35, 4 (2012).
- [2] World Economic Forum. Personal Data: The Emergence of a New Asset Class (2011); <http://www.weforum.org/reports/personal-data-emergence-newasset-class>.

¹⁵ Internet of Things: تطوير مقترح للإنترنت، تكون فيه الأغراض اليومية على اتصال بالإنترنت، مما يسمح لها بإرسال المعطيات واستقبالها.

تقنيات تحليل المشاعر وتطبيقاتها

TECHNIQUES AND APPLICATIONS FOR SENTIMENT ANALYSIS*

Ronen Feldman

ترجمة: د. نزار الحافظ¹
مراجعة: د. مكي الحسني

التطبيقات والتحديات الرئيسية لواحدة من أهم المجالات البحثية في علوم الحاسوب.

يُعرّف تحليل المشاعر (أو التنقيب في الآراء) بأنه مهمة العثور على آراء المؤلفين بخصوص كيانات محددة. تتأثر إجرائية صنع الناس قرارهم بالآراء التي يصنعها قادة الفكر والناس العاديون. عندما يريد شخص شراء منتج على الإنترنت يبدأ عادةً بالبحث عن المراجعات والآراء التي كتبها أشخاص آخرون عن العروض المختلفة. تحليل المشاعر هو واحد من أهم المجالات البحثية في علوم الحاسوب. كُتبت أكثر من 7000 بحث في هذا الموضوع. مئات من الشركات الناشئة تطوّر حلولاً لتحليل المشاعر وجزماً إحصائية أساسية مثل SAS و SPSS تتضمن وحدات تحليل مشاعر مخصصة. هناك انفجار ضخم اليوم من "المشاعر" متاحة من وسائل التواصل الاجتماعية، ومنها تويتر، الفيسبوك، لوحات الرسائل، المدونات، ومنتديات المستعملين. هذه المقتطفات النصية هي منجم ذهب للشركات والأفراد الذين يرغبون في مراقبة

سمعتهم والحصول على ردود فعل في الوقت المناسب بخصوص منتجاتهم وأفعالهم. يقدّم تحليل المشاعر لهذه المؤسسات القدرة على رصد مواقع وسائل التواصل الاجتماعي المختلفة في الوقت الحقيقي، وتتصرف وفقاً لهذا. مديرو التسويق، وشركات العلاقات العامة، ومديرو الحملات، والسياسيون، وحتى المستثمرون في الأسهم، والمتسوقون عن طريق الإنترنت، هم المستفيدون المباشرين من تقانة تحليل المشاعر.

من الشائع تصنيف الجمل في فئتين رئيسيتين فيما يتعلق بالذاتية (subjectivity): جمل موضوعية

الأفكار الرئيسية

- يقدّم تحليل المشاعر للمؤسسات القدرة على رصد مواقع وسائل التواصل الاجتماعية المختلفة في الزمن الحقيقي، وتتصرف تبعاً لذلك.
- تحليل المشاعر على مستوى الخاصية هو التحليل الأدق لمقالات المراجعة وقصصات وسائل التواصل الاجتماعية فيما يتعلق بأشياء محدّدة وخصائصها.
- يمكن أن يؤدي استعمال تقنيات تحليل المشاعر في اختيار الأسهم إلى عوائد مُجزية.

*شير هذا البحث في مجلة *Communications of the ACM*، المجلد 56، العدد 4، نيسان (أبريل) 2013، الصفحات 82 – 89.

¹ مدير بحوث في المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا.

(objective) تحوي معلومات واقعية، وجُمَل ذاتية (subjective) تحوي آراء صريحة، ومعتقدات، وآراء بخصوص كيانات محددة. هنا، سوف أركز الاهتمام على الأغلب في تحليل الجمل الذاتية. مع ذلك، سوف أشير إلى استعمال الجمل الموضوعية عند وصف تطبيق مشاعر لاختيار الأسهم.

مثالاً على ذلك، نورد هنا استعراضاً بخصوص فندق في مانهاتن.

"كان الجناح الملكي فسيحاً ونظيفاً وجيداً من حيث تجهيزه. وكان موظفو الاستقبال والحمالون والعناية بالغرف متعاونين جداً. وطلبات الأشياء الإضافية من الخدم كانت تقدّم دائماً. نظاما التدفئة والتكييف كانا يعملان جيداً؛ وهذا كان شيئاً جيداً إذ كان الطقس متقلباً. كان السرير الأريكة أفضل ما استعملت. وكان السرير ذو الحجم الملكي مريحاً جداً. وكان المبنى والغرف ذات عزل صوتي جيد جداً. وكان الحي هو الأفضل للتسوق والمطاعم والوصول إلى المترو. "الشكوى" الوحيدة تتعلق بالنفاز إلى الإنترنت العالي السرعة. لأنها متاحة فقط في الطوابق 8-12".

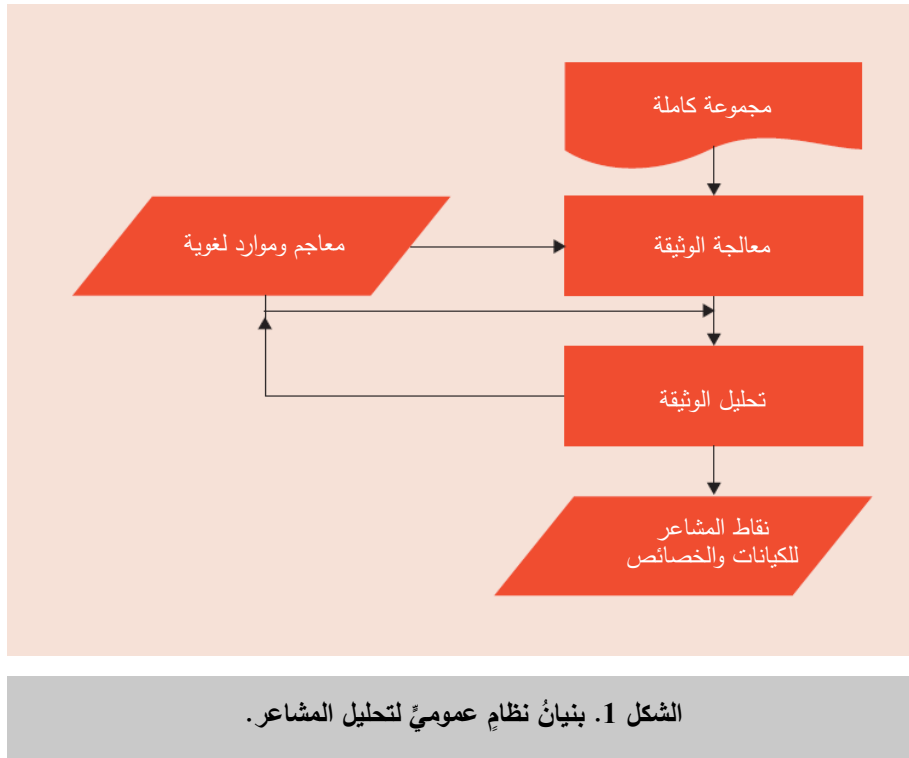
عموماً، هذا الاستعراض إيجابي جداً بخصوص الفندق. إنه يشير إلى خصائص مختلفة عديدة للفندق، تتضمن: التدفئة، وتكييف الهواء، ولطافة الموظفين، والأسرة، والحي، والنفاز إلى الإنترنت. يجب أن تكون نُظْم تحليل المشاعر قادرةً على توفير درجةٍ للمشاعر للاستعراض بتمامه، وعلى تحليلٍ للمشاعر أيضاً لكل خاصية منفردة من خصائص الفندق. أقدم هنا المشاكل البحثية الرئيسية المتعلقة بتحليل المشاعر وبعض التقنيات التي تُستعمل لحل تلك المشاكل، ثم أستعرض بعض مجالات التطبيق الرئيسية حيث يجري استعمال تحليل المشاعر حالياً. وأختِم ببعض المشاكل البحثية المفتوحة في هذا المجال. وبسبب ضيق المساحة، لن أكون قادراً على تناول المجموعة الكاملة من المشاكل والتقنيات؛ لكنني أحيل القارئ على بعض الاستعراضات الشاملة المكتوبة عن هذا الموضوع [20, 21, 27].

في هذا الاستعراض، سوف أركز على خمس مسائل محددة في مجال تحليل المشاعر:

- تحليل المشاعر على مستوى وثيقة
- تحليل المشاعر على مستوى جملة
- تحليل المشاعر المعتمد على الخاصية
- تحليل المشاعر المقارنة
- تحصيل معجم بالمشاعر

قبل شرح كل واحدة من هذه المسائل بالتفصيل، دعونا نراجع البنيان العام لنظام شاملٍ لتحليل المشاعر. البنيان ظاهر في الشكل 1.

إنّ دُخْل النظام هو مجموعة وثائق (corpus of documents) بأيّ مصاغة (PDF, HTML, XML, Word, ...) يجري تحويل الوثائق في هذه المجموعة إلى نص وتعالج معالجة سبّئية باستعمال أدوات لغوية متنوعة من مثل القَطْع stemming، واستخراج علامات tokenization، وضع أمارات على جزء من الكلام، استخراج الكيانات، استخراج العلاقات. يمكن أن يستعمل النظام أيضاً مجموعة معاجم وموارد لغوية. العنصر الرئيسي من هذا النظام هو مجتزأ تحليل الوثيقة، الذي يستعمل موارد لغوية لتزويد الوثائق ذات المعالجة السببية بحواشي مشاعر annotations. يمكن أن تكون الحواشي ملحقة بوثائق كاملة (للمشاعر المعتمدة على وثيقة)، أو بجملة مفردة (للمشاعر المعتمدة على جُمَل) أو



بخصائص معيّنة من كياناتٍ (للمشاعر المعتمدة على الخاصية). وهذه الحواشي هي خرج النظام، ويمكن أن تقدّم للمستعمل بواسطة مجموعة متنوعة من أدوات الإظهار.

تحليل المشاعر على مستوى وثيقة

هو أبسط شكل من أشكال تحليل المشاعر، وفيه يُفترض أن تتضمن الوثيقة رأياً بخصوصٍ موضوعٍ رئيسي مفردٍ يعبر عنه مؤلف الوثيقة. كُتبت العديد من الأوراق البحثية في هذا الموضوع. هناك أسلوبان رئيسيان لتحليل المشاعر على مستوى وثيقة: التعلم بإشراف supervised learning والتعلم بلا إشراف unsupervised learning.

يُفترض في منهج التعلم بإشراف وجود مجموعة منتهية من الصفوف التي يجب أن تصنف إليها الوثائق، وتكون معطيات التدريب (training data) متاحة لكل صف. في أبسط الحالات يكون لدينا صفان: إيجابي وسلبى. يمكن أن تصنيف توسعات بسيطة أيضاً صفّاً محايداً، أو يكون لها مقياس رقمي متقطع معين يُتخذ مكاناً للوثيقة (مثل نظام الخمس نجوم الذي يستعمله أمازون). وبسبب وجود معطيات تدريب، يتعلم النظام نموذج تصنيف باستعمال إحدى خوارزميات التصنيف الشائعة، مثل SVM، بايز الساذج، الاستكمال اللوجستي، KNN². ثم يجري استعمال هذا التصنيف لإسناد أماراتٍ قيمها صفوف المشاعر المتنوعة إلى الوثائق الجديدة. عندما يراد إسناد قيمة رقمية (من مجال قيم منتهٍ) إلى الوثيقة، يمكن إجراء الاستكمال regression للتنبؤ بالقيمة (على سبيل المثال، في إطار نظام أمازون للتصنيف ذي الخمس نجوم). وقد أظهرت الأبحاث [28] أنه يجري إحراز ضبطٍ جيد حتى عندما تمثّل كل وثيقة بمجموعة بسيطة من الكلمات (bag of

² Support Vector Machine (SVM), Naïve Bayes (NB), Logistic Regression (LogR), k-Nearest Neighbor (k-NN).

(words). لكن، ثمة أساليب أخرى للتمثيل أكثر تقدماً تستعمل طريقة TFIDF³، ومعلومات POS (جزء من الكلام part of speech)، ومعاجم المشاعر، وبنيات صرفية (parse structures).
تَعتمد مناهج التعلم بلا إشراف، لتحليل المشاعر على مستوى وثيقة، على تحديد التوجه الدلالي (Semantic SO Orientation) لعباراتٍ محدّدة ضمن المستند. إذا كان متوسط SO لهذه العبارات أعلى من عتبة محددة سلفاً صنّفت الوثيقة "إيجابية" وإلا اعتُبرت "سلبية". هناك منهجان رئيسيان لاختيار العبارات: استعمال مجموعة من أنماط POS محدّدة سلفاً لتحديد هذه العبارات [36]، أو استعمال معجمٍ لكلماتٍ وعباراتٍ المشاعر. [34] تكمن إحدى الطرق التقليدية لتحديد SO لكلمةٍ أو عبارةٍ معطاة في حساب الفرق بين PMIs⁴ للعبارة وكلمتي مشاعر. [36] يقيس $PMI(P, W)$ الاعتماد الإحصائي بين العبارة P والكلمة W على أساس ورودهما المشترك في مجموعة معيّنة (corpus) أو في شبكة الوب (عن طريق استعمال استعلامات البحث في الوب). الكلمتان المستعملتان في Turney [36] هما "ممتاز excellent" و "ضعيف poor". ويقيس SO كون P أقرب من حيث المعنى إلى الكلمة الإيجابية ('ممتاز') أو إلى الكلمة السلبية ('ضعيف'). استعمل عدد قليل من الباحثين [1,37] الترجمة الآلية لأداء تحليل المشاعر على مستوى وثيقة في لغاتٍ مثل الصينية والإسبانية، التي تنفقر إلى الموارد اللغوية الهائلة المتاحة في اللغة الإنجليزية. (تعمل طريقتهم عن طريق ترجمة الوثائق إلى اللغة الإنجليزية، ثم إجراء تحليل المشاعر على هذه الوثائق باستعمال محلل مشاعر في اللغة الإنجليزية).

تحليل المشاعر على مستوى جملة

قد تحتوي وثيقة واحدة آراء متعددة حتى عن الكيانات ذاتها. عندما نريد أن يكون لدينا رؤية أعلى دقة للآراء المختلفة المعبر عنها في وثيقةٍ بخصوص كياناتٍ، علينا أن ننقل إلى مستوى الجملة.
نفترض هنا أننا نعرف هوية الكيان المناقش في الجملة. ونفترض كذلك وجود رأيٍ منفردٍ في كل جملة. يمكن أن نخفف هذا الافتراض بنقسيم الجملة إلى عبارات، بحيث تحوي كل عبارة رأياً واحداً فقط. قبل تحليل قطبية الجُمْل علينا أن نحدّد: أتكون الجُمْل ذاتية أم موضوعية؟ ولا يجري تحليلها أكثر بعد ذلك إلا الجمل الذاتية. (بعض المناهج أيضاً تحلّل الجمل الموضوعية، وهو أكثر صعوبة.) تستعمل معظم الطرائق منهج تعلم بإشراف لتصنيف الجُمْل إلى فئتين. [40] اقترح منهج الإقلاع التمهيدي (bootstrapping) في Hai [32] لتقليل حجم العمل اليدوي اللازم عند تحضير مجموعة جُمْل تدريبية (training corpus) ضخمة. واقترح منهجٌ مميزٌ معتمدٌ على الحد الأدنى من القطع (minimum cuts) في Pang and Lee [26] الفرضية الرئيسية في منهجها هي أنه يجب أن يكون للجُمْل المتجاوزة التصنيف الذاتي نفسه.
بعد تحديدنا الجُمْل الذاتية يمكننا تصنيفها إلى صفوفٍ إيجابية أو سلبية. وكما ذكرنا سابقاً، معظم مناهج تحليل المشاعر على مستوى الجملة هي إما تَعلم بإشراف [17] أو تعلم بلا إشراف. [40] المنهج الأخير مماثل في طبيعته لمنهج Turney [36]، إلا أنه يستعمل النسبة المعدّلة للوغاريتم الأرجحية (modified log-likelihood ratio) بدلاً من المعلومة PMI، وعدد كلمات "البذور" (seeds) التي يجري استعمالها للعثور على التوجه الدلالي SO للكلمات في الجملة هو أكبر جداً.

³ (TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency) هي تقنية للتقريب في النصوص (text mining) تُستعمل لتصنيف الوثائق. (المترجم)

⁴ PMI (Pointwise Mutual Information): معلومة متبادلة نقطياً.

أظهرت الأبحاث حديثاً [24] أنه يُنصح بالتعامل مع أنواع مختلفة من الجُمَل باستعمال استراتيجيات مختلفة. فالجمل التي تحتاج إلى استراتيجيات فريدة هي الجمل الشرطية، والجمل ذات الأسئلة، والجمل الساخرة. ومن الصعب جداً كشف السخرية (sarcasm)، وهي موجودة أساساً في السياقات السياسية. ثمة حل لتعرّف الجمل الساخرة موصوف في مقالة Tsur et al [35].

تحليل المشاعر المعتمدة على الخاصية

ينجح المنهج السابق جيداً في مهمتهما عندما تُرجع الوثيقة كلها أو كل جملة منفردة إلى كيان واحد. ومع ذلك، في كثير من الحالات يتحدث الناس عن كيانات لها خصائص (سمات) عديدة ويكون لديهم رأي مختلف عن كل من الخصائص. وهذا غالباً ما يحدث في الآراء بخصوص منتجات أو في منتديات النقاش المخصصة لفئات معينة من المنتجات (مثل السيارات، والكميرات، والهواتف الذكية، وحتى الأدوية الطبية). لناخذ مثلاً هنا، استعراض جهاز Kindle Fire مقتبساً من موقع وب أمازون:

"بصفتي أحد مشجعي جهاز Kindle منذ مدة طويلة، كنت شغفًا بالحصول على جهاز Fire. ثمة خصائص (aspects) عظيمة؛ فالجهاز سريع وفي معظم أجزائه بسيط جداً في الاستعمال. شاشته رائعة وتمتاز بسطوح جيد، ولونٍ ممتاز، وزاوية مشاهدة واسعة جداً. ولكن ثمة جوانب سلبية أيضاً؛ فحجم إطاره الصغير يجعل من الصعب الإمساك به من دون تقلب صفحات من غير قصد، وعدم وجود أزرار يجعل خصائص التحكم أكثر صعوبة، وذاكرة التخزين التي يمكن النفاذ إليها محدودة بـ 5GB فقط."

يؤدي تصنيف هذا الاستعراض "إيجابي" أم "سلبي" تجاه جهاز Kindle إلى فقدان تام للمعلومات القيمة التي ينطوي عليها الجهاز. يقدم المؤلف ملاحظات تتعلق بخصائص كثيرة لجهاز Kindle (مثل السرعة، وسهولة الاستعمال، وجودة الشاشة، وحجم الإطار، والأزرار، وحجم ذاكرة التخزين). تُستعرض بعض هذه الخصائص إيجابياً في حين تحصل خصائص أخرى على مشاعر سلبية.

تحليل المشاعر المعتمد على الخاصية (ويسمى أيضاً تحليل المشاعر المعتمد على السمة) هو مسألة بحثية تركز على تعرّف جميع تعبيرات المشاعر ضمن وثيقة معطاة والخصائص التي تشير إليها تلك التعبيرات.

المنهج التقليدي الذي تستعمله عدة شركات تجارية لتعرّف جميع الخصائص في مجموعة من استعراضات المنتجات هو استخراج كل الجمل الاسمية ثم مجرد الاحتفاظ بتلك الجمل الاسمية التي يزيد ترددها على عتبة محددة تجريبياً. [12] ويتمثل أحد المناهج في الحد من الضجيج في الجمل الاسمية التي عُثر عليها. [30] والفكرة الرئيسية هي أن نقيس لكل جملة اسمية مرشحة المعلومة PMI ذات العبارات التي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بفئة من فئات المنتجات (مثل الهواتف، أو الطابعات أو الكميرات). ولا يجري الاحتفاظ إلا بتلك الجمل الاسمية التي تزيد قيمة PMI الموافقة لها عن العتبة المكتسبة. على سبيل المثال، في حالة فئة الطابعات، يندرج ضمن هذه العبارات مثلاً، " تأتي الطابعة مع" أو "الطابعة مزودة بـ."

ثمة منهج آخر لتعرّف الخاصية يتمثل باستعمال محلّل تبعية العبارة (phrase dependency parser) التي تستعمل تعبيرات مشاعر معروفة للعثور على خصائص إضافية (حتى تلك نادرة). [39]

يمكننا أيضاً اعتبار مسألة تعرّف الخاصية مسألة استخراج معلومات، ومن ثم استعمال مجموعة خصائص معلّمة لتدريب مصنّف التسلسل، مثل المصنّف CRF (حقل عشوائي شرطي) [18] للعثور على الخصائص. [14]

فرغت من مناقشة تعريف الخصائص الصريحة، أي الخصائص المذكورة صراحةً في الجمل. لكن، هناك العديد من الخصائص التي لم يرد ذكرها صراحةً في الجمل، ويمكن الاستدلال عليها من تعبيرات المشاعر التي تشير إليها ضمناً. تسمى هذه الخصائص خصائصاً ضمنية. من الأمثلة على هذه الخصائص الوزن، الذي يمكن الاستدلال عليه من المقطع "هذا الهاتف ثقيل جداً"، أو الحجم، الذي يمكن الاستدلال عليه من "الكَمرة متراصّة جداً". يقترح Liu [10] طريقة لاستخراج مثل هذه الخصائص الضمنية، وتتضمن استعمال منهج التقيب عن قواعد ارتباط التوارد (co-occurrence) من مرحلتين لمطابقة الخصائص الضمنية (تعبيرات المشاعر) مع الخصائص الصريحة.

باستعمال هاتين المجموعتين يمكننا تطبيق خوارزمية بسيطة [2] لتحديد قطبية كل تعبير من تعبيرات المشاعر بالاعتماد على معجم مشاعر، ومبدلات مشاعر (مثل كلمات النفي)، ومعالجة خاصة للعطف الإضرائي، مثل "لكن". وتحدّد القطبية النهائية لكل خاصية بمتوسطٍ منقل لأقطاب جميع تعابير المشاعر، المثقّلة عكسياً بالمسافة بين الخاصية وتعبير المشاعر.

تحليل المشاعر المقارنة

في كثير من الحالات، لا يعطي المستعملون رأياً مباشراً بخصوص منتج ما، ولكن بدلاً من ذلك، يعطون آراء تقبل المقارنة، كما في هذه الجملة المأخوذة من منتديات مستعملي موقع من Edmonds.com: "المسدس C Touring 300 كما يبدو هو أفضل كثيراً من المسدس ماغنوم"، "قُدت المركبة هوندا سيفيك، لكن قيادتها ليست أفضل من TSX، ولا حتى قريبة من ذلك." الغرض من نظام تحليل المشاعر في هذه الحالة هو تعريف الجمل التي تحوي آراء مقارنة، واستخراج الكيان أو الكيانات المفضلة في كل رأي من الآراء.

جندال وليو Jindal and Liu [15] هما من الباحثين الرائدة في تحليل المشاعر المقارنة. وجدّا في بحثهما أننا باستعمال عددٍ قليلٍ نسبياً من الكلمات يمكننا أن نشمّل 98% من جميع الآراء المقارنة. هذه الكلمات هي:

- الأحوال والصفات بصيغ التفضيل المقارنة مثل: "more أكثر"، "less أقل"، والكلمات التي تنتهي بـ er (على سبيل المثال، "lighter أخف").
- الأحوال والصفات بصيغ التفضيل المطلقة مثل: "most الأكثر"، "least الأقل"، والكلمات التي تنتهي بـ est (على سبيل المثال، "finest الأرفع").
- عبارات إضافية مثل "favor مصلحة"، "exceed يتجاوز"، "outperform يتفوق على"، "prefer يفضل"، "than من"، "superior أعلى شأنًا"، "inferior أقل شأنًا"، "number one الأول"، "up against تصدى".

ولمّا كانت هذه الكلمات تؤدي إلى استذكار عالٍ جداً، وإن كانت منخفضة الدقة، فقد استعمل مصنّف بايز Bayes البسيط لتصفية الجمل التي لا تحوي آراء مقارنة. واتخذ المصنّف نماذج نمطية متتابعة على أنها سمات. واكتشفت النماذج النمطية المتتابعة بخوارزمية التقيب في القواعد المتتابعة لفئات CSR (class sequential rule). وثمة خوارزمية بسيطة لتعرف الكيانات المفضلة بالاعتماد على نوع التعبير المقارن المستعمل وعلى وجود نفي، موصوفة في بحث Ding et al. [3]

تحصيل معجم المشاعر

كما رأينا في المناقشة السابقة، فإنّ معجم المشاعر هو أكثر الموارد أهمية لمعظم خوارزميات تحليل المشاعر. هنا، نذكر بإيجاز بعض المناهج لتحصيل مثل هذا المعجم. لدينا ثلاثة خيارات للحصول على معجم المشاعر: إما مناهج يدوية يتبعها الناس لترميز المعجم باليد، أو مناهج قائمة على قاموس يجري فيها توسيع مجموعة كلمات بذرية باستعمال موارد، مثل WordNet [8]، أو مناهج قائمة على مجموعة من الوثائق يجري فيها توسيع مجموعة كلمات بذرية باستعمال مجموعة كبيرة من الوثائق من مجالٍ منفرد.

من الواضح أن المنهج اليدوي بوجهٍ عام لا يمكن تحقيقه، لأنّ كل مجال يتطلب معجمًا خاصًا به، ومثل هذا الجهد المضني باهظ. لذلك سنركّز على المنهجين الآخرين. يبدأ المنهج القائم على القاموس بمجموعة صغيرة من كلمات مشاعر بذرية مناسبة للمجال الذي هو في متناول اليد. ثم يجري توسيع هذه المجموعة من الكلمات باستعمال المرادفات والمضادات (synonyms & antonyms) من معجم WordNet. ثمة خوارزمية رائعة يقترحها بحثُ Kamp et al [16] تُعرّف هذه الطريقة المسافة $d(t1, t2)$ بين مصطلحين $t1$ و $t2$ على أنها طول أقصر مسار بين $t1$ و $t2$ في WordNet. ويُعرّف اتجاه t على أنه $SO(t) = (d(t, bad) - d(t, good))/d(good, bad)$. يمثّل $|SO(t)|$ قوة المشاعر t ، فيستلزم $SO(t) > 0$ أن يكون t إيجابيًا، وأن يكون t سلبياً بخلاف ذلك. العيب الرئيسي في أية خوارزمية معتمدة على قاموس هو أن المعجم المكتسب مستقلٌّ عن المجال، ومن ثم فهو لا يقدّم خصوصيات محددة في أيّ مجال معيّن. ثمة مناهج قائمة على القاموس أكثر تقدماً مذكورة في المقالتين [4] Dragut et al و [29] Peng and Park.

في حال رغبتنا في إنشاء معجم مشاعر لمجالٍ محدّد، علينا أن نستعمل إحدى الخوارزميات الكثيرة المعتمدة على مجموعات كاملة (corpus-based). وثمة عملٌ تقليدي [11] في هذا الإطار عرض مفهوم *اتساق المشاعر* الذي يمكن من تعرّف صفاتٍ إضافية لها قطبية متسقة على أنها مجموعة من صفاتٍ بذرية. وثمة مجموعة من الروابط اللغوية (و، أو، لا هذا ولا ذلك، إما هذا أو ذلك) استعملت للعثور على الصفات التي ترتبط بصفات ذات قطبية معروفة. لنتأمل الجملة "الهاتف قوي وخفيف على حدّ سواء". إذا علمنا أن "قوي" كلمة إيجابية، أمكننا أن نفترض أنه بالاستفادة من الرابط "و" تكون كلمة "خفيف" إيجابية أيضاً. لتحاكي التشويش، ولدت الخوارزمية رسماً بيانياً من الصفات باستعمال الارتباطات المستنبطة من المجموعة الكاملة، وبعد خطوة التجميع، شكّلت تجميعاً إيجابية وتجميعاً سلبية.

وثمة منهج يُسمى *الانتشار المزدوج لتحصيل معجم مشاعر خاصّ بمجالٍ محدّد* ومجموعة خصائص في وقتٍ واحد، يقترحه Qiu et al [31]. يستعمل هذا المنهج المُعرب minipar [19] لإعراب (تحليل parse) الجُمْل المحتواة في المجموعة الكاملة والعثور على الخصائص وتعبيرات المشاعر المرتبطة بها. تبدأ الخوارزمية بمجموعة بذورٍ من تعبيرات المشاعر، وتستعمل مجموعة من قواعد التبعية محدّدة سلفاً، والمُعرب minipar للعثور على الخصائص التي ترتبط بتعبيرات المشاعر. ثم تستعمل الخوارزمية الخصائص التي عُثِر عليها بحثاً عن مزيدٍ من تعبيرات المشاعر التي بدورها تُسمح بالعثور على مزيدٍ من الخصائص. وتتوقف إجرائية بدء الإقلاع المتبادل هذه عندما لا يُعدّ ممكناً إضافة أيّ خصائص أو تعبيراتٍ مشاعرٍ أخرى. على سبيل المثال، في الجملة "Kindle Fire مزوّد بشاشة عرضٍ display مذهلة amazing"، دور الصفة "مذهلة" هو تعديل الاسم "شاشة العرض"، لذا إذا كانت "مذهلة" تعبيراً مشاعر وكان لدينا القاعدة "الاسم الذي يعدّله تعبير مشاعر هو خاصية"، أمكننا استخراج "شاشة العرض" باعتبارها خاصية. وعلى العكس من ذلك،

إذا علمنا أن 'شاشة العرض' هي خاصية، أمكننا باستعمال قاعدةٍ مماثلةٍ أن نستنتج أن 'مذهلة' هو تعبير مشاعر. تستعمل الخوارزمية عدة قيودٍ إضافية للحد من تأثير التشويش.

دُرِسَ تهجيزُ معجم المشاعر من مجال إلى آخر في Du et al. [5] ثمة خوارزميةٌ للحصول على نوعٍ مختلفٍ قليلاً من المعاجم، يُسمّى معجمًا دلاليًا (connotation lexicon)، مذكورة في Feng et al. [9] يحتوي المعجم الدلالي الكلمات التي تعبّر عن المشاعر إما صراحةً أو ضمناً. على سبيل المثال، لـ جائزة award و ترويج promotion دلالةٌ إيجابية، ولـ السرطان cancer وحرب war دلالةٌ سلبية.

تطبيقات

أن أكثر تطبيقات تحليل المشاعر شيوعاً هو في مجال الآراء بخصوص المنتجات والخدمات الاستهلاكية. هناك العديد من مواقع الوب التي تقدّم ملخصاتٍ آلية عن الآراء بخصوص المنتجات وخصائصها الخاصة. ومن الأمثلة البارزة على ذلك "البحث عن منتجات بواسطة جوجل".

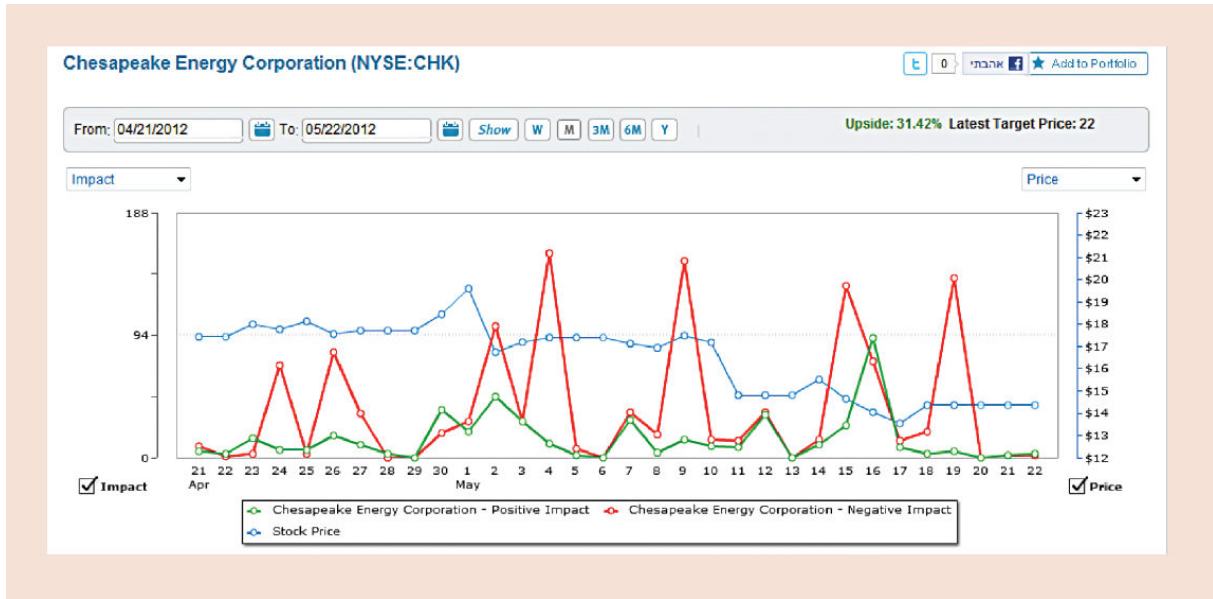
تويتر وفيسبوك هما نقطة محورية في العديد من تطبيقات تحليل المشاعر. والتطبيق الأكثر شيوعاً هو مراقبة سمعة علامة تجارية خاصة على تويتر و/أو فيسبوك. أحد التطبيقات التي تؤدي التحليل في الزمن الحقيقي للتغريدات tweets التي تحوي مصطلحاً معيناً هو (HTTP://www.tweetfeel.com) (tweetfeel).

يمكن أن يوفر تحليل المشاعر قيمةً كبيرة للمرشحين لشغل وظائف مختلفة. ويمكن مديري الحملات من تعقب شعور الناخبين بخصوص القضايا المختلفة وكيفية ارتباطها بخُطَب المرشحين وتصرفاتهم. يمكن الاطلاع على تحليل التغريدات المتعلقة بحملة 2010 في الصفحة: <http://www.nytimes.com/interactive/us/politics/2010-twitter-candidates.html>.

وثمة مجال آخر مهم في تحليل المشاعر: الأسواق المالية. هناك العديد من المواد الأخبارية والمقالات والمدونات والتغريدات المتعلقة بكل شركة عامة. ويستطيع نظام تحليل المشاعر استعمال هذه الموارد المختلفة للعثور على المقالات التي تناقش الشركات وتجمع المشاعر المتعلقة بها وتعطيها درجةً منفردةً يمكن استعمالها بواسطة نظام تجاري مؤتمت. أحد نماذج هذا النظام هو The Stock Sonar (<http://www.thestocksonar.com>). [7] هذا النظام (الذي ابتكرته شركة Digital Trowel) يُظهر بياناً المشاعر الإيجابية والسلبية اليومية لكل سهم من الأسهم إلى جانب الرسم البياني لأسعار الأسهم. نموذج من هذا الرسم البياني مبين في الشكل 2. الشعور بخصوص السهم CHK سلبيّ جداً، وبالفعل هبطت الأسهم كثيراً بين 21 نيسان (أبريل) 2012 و 22 أيار (مايو) 2012. الرسم البياني هو تفاعلي، لذلك يؤدي نقر أية نقطة إلى الكشف عن الأحداث والتعبير عن المشاعر وراء مختلف الزيادات في الشعور الإيجابي أو السلبي، كما هو مبين في الشكل 3.

يعرض الموقع StockTwits (<http://www.stocktwits.com>) جميع التغريدات التي تحتوي على الأقل مؤشر أسهم⁵ منفرداً فيها (يجب أن توضع العلامة '\$' قبل مؤشر الأسهم للإشارة إلى أن هذا مؤشر). وفيما يلي ثلاث تغريدات عن غوغل (المؤشر: GOOG)، بتاريخ الأحد 29 تموز (يوليو)، 2012.

⁵ مؤشر الأسهم (stock ticker) هو تقرير أسعار بعض الأوراق المالية، ويُحدّثه باستمرار طوال جلسة التداول البورصات المختلفة. والدقة "tick" هي أي تغيير في الأسعار، سواء أكانت تلك الحركة نحو الأعلى أم نحو الأسفل. ويعرض مؤشر الأسهم تلقائياً هذه الدقات، جنباً إلى جنب مع



الشكل 2. بيان المشاعر للطاقة المقدّمة من شركة Chesapeake Energy (<http://www.thestocksonar.com>).

1. برأيي، إذا كان السوق في صعودٍ يوم الاثنين، فإن المؤشرين \$AAPL, \$PCLN يبدوان أفضل كثيراً في أدائهما من \$GOOG فيما يخص خيارات الاتصال. يحتاج المؤشر \$GOOG إلى قليلٍ من الراحة.
2. المؤشر \$GOOG سوف يُثبت يوم الاثنين على الأرجح أنه فرصة تنزيلات جيدة. أنا أؤمن أنه سوف يغلق عند سعر التعامل بحدود 625 أو لا يقل عنها.
3. \$MSFT الخبيث هو كل ما تريد، لكن ذلك يعتمد على التطور الحاصل على التلفاز. والجيل القادم Kinect هو شيء أريد شراءه، بدلاً من التلفاز \$GOOG TV v.39.3 beta.

سوف يجري الكشف عن المشاعر بخصوص التغريدة الأولى عن طريق استعمال تقنيات تحليل المشاعر المقارنة. وسوف نخلص إلى أن الكاتب هو إيجابي فيما يخص PriceLine (PCLN) وأبل (AAPL)، وسليبي بخصوص جوجل. وسوف يكشف تحليل التغريدة الثانية عن وجود شعور سلبي بخصوص جوجل (فرصة تنزيلات). لما كان جوجل أغلق يوم الجمعة 27 تموز (يوليو) 2012 عند القيمة \$634.96، فإن المؤلف يتوقع حركةً بانخفاض 1.57% لتصل القيمة إلى \$525. ومن الواضح أننا بحاجة إلى أن نكون قادرين على الحصول على الأسعار السابقة للأسهم للقيام بتحليل سليم للتغريدات. التغريدة الثالثة والأخيرة هي الأكثر صعوبة في التحليل لأنها تتطلب معرفةً خلفيةً وهي غير متوفرة داخل التغريدة. نحن بحاجة إلى معرفة أن Kinect هو منتج من مايكروسوفت (MSFT)، وعليه لدى المؤلف رأيٌ إيجابي بخصوص MSFT ورأيٌ سلبي بخصوص جوجل (باستعمال مغير المشاعر "NOT لا"). تُبين هذه الأمثلة بعض التحديات التي تواجه نظم تحليل المشاعر عند محاولة تحليل الرسائل القصيرة التي تتضمن إشارة إلى أشياء إضافية (منتجات،

غيرها من المعلومات ذات الصلة، مثل جهازة الصوت، الذي يحدده المستثمرون كي يبقوا على اطلاع على الظروف السوق الحالية). (المترجم)

The screenshot displays a web interface for stock analysis. It features a 'Filter' section on the left with various event types checked, such as 'All', 'Acquisition', 'Analyst Recommendation', 'Deals', 'Employment', 'Financial', 'Legal', 'Partnerships', 'Product', and 'Stock Price Change'. The main content area shows a list of articles under the 'Articles' tab, sorted by 'Most Recent'. The articles include 'Analyst Rating' from bizjournals.com, 'Analyst Rating' from online.wsj.com, 'Stock Price Change' from themumbaitimes.com, and 'Lawsuit' from bloomberg.com. An 'Article Preview' section on the right shows a snippet of an article about Moody's downgrading Chesapeake Energy Corp.'s rating.

الشكل 3. الأحداث السلبية لمؤشر CHK يوم 9 أيار (مايو) (<http://www.thestocksonar.com>).

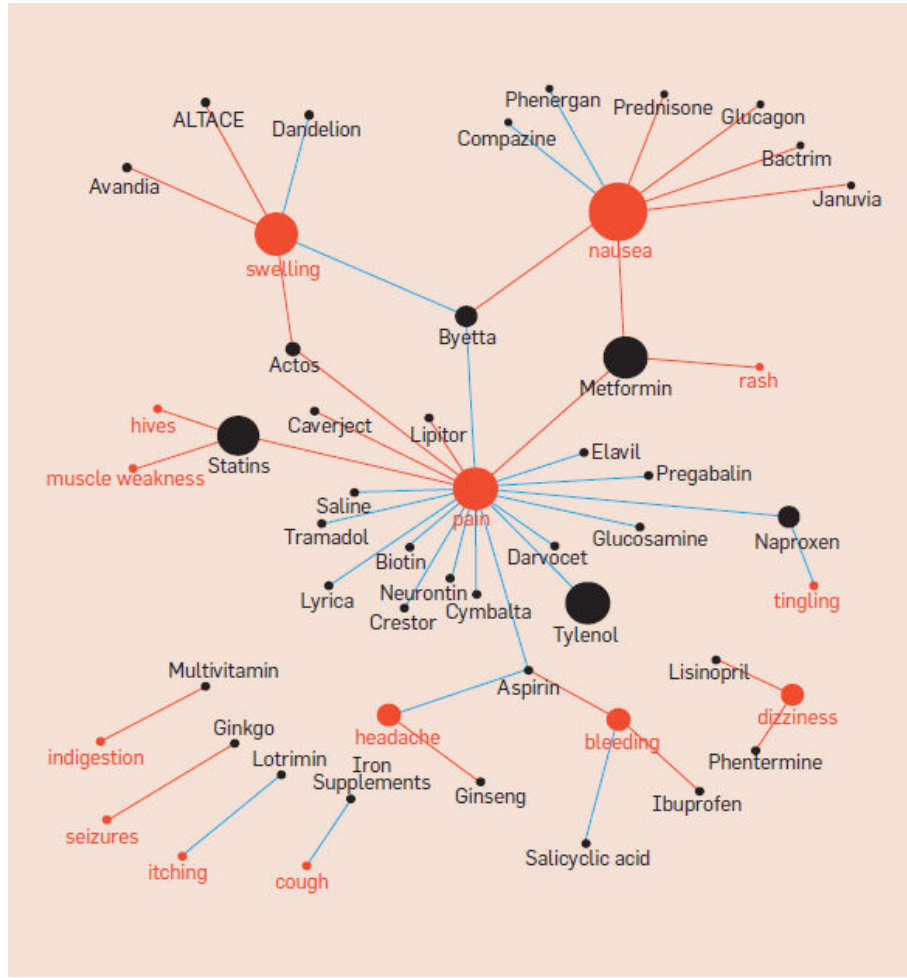
وأسعار أسهم في هذه الحالة). يجب أن تستعمل النظم معرفةً خلفيةً بغية تحديد العلاقة بين مستهدفات المشاعر وغيرها من الأشياء.

يصف Netzer et al [25] أحد التطبيقات التي تستعمل تحليل المشاعر المقارنة لتقييم بنية سوق سيارات سيدان sedan وأدوية لمرض السكري. في الشكل 4 يمكننا أن نرى خريطةً بصريةً تُظهر الروابط المختلفة بين الأدوية والأعراض. ويستخرج نظام تحليل المشاعر نوعين من الروابط: الدواء المسبب للعرض (سلبي، كما هو موضح باللون الأحمر)، والدواء المعالج للعرض (إيجابي، كما هو موضح باللون الأزرق).

مسائل بحثية

ثمة مسائل بحثية عديدة مفتوحة في موضوع تحليل المشاعر، وتتضمن:

1. هناك حاجة لوضع نماذج أفضل للمشاعر التركيبية. على مستوى الجملة، هذا يعني حساباً أكثر ضبطاً للمشاعر الإجمالية للجملة، للكلمات التي تحمل المشاعر، ولمغيّرات المشاعر، ولبناء الجملة.
2. لكل منتج أسماء عديدة تشير إليه حتى داخل المستند نفسه ومن دون شك من وثيقة إلى أخرى. مسألة حل الكيان ألياً هذه لم تُنجز حتى الآن. وثمة عقبة رئيسية أخرى ذات صلة هي التعامل مع قرار الجنس (anaphora)



الشكل 4. الأدوية والأعراض (منتديات مرض السكري) اعتمادًا على المستخرجات التي قامت بها مؤسسة Visual Care (<http://www.digitltrowel.com>).

- بطريقة دقيقة. وهذه مشكلة تخص استخراج الخصائص أيضًا، بمعنى كيف يمكن تجميع الخصائص، على سبيل المثال، "عمر البطارية" و "استهلاك القدرة الكهربائية" تشيران إلى الخاصية نفسها للهاتف.
3. عندما تناقش وثيقة عدة كيانات، فإن من الأهمية بمكان تحديد النص المتصل بكل كيان. الضبط الحالي في تحديد النصوص ذات الصلة لا يزال بعيدًا عن أن يكون مرضيًا.
4. ومع أنه توجد بعض المناهج التي تستعمل طرائق تصنيف لتعريف السخرية، فإنها ليست متكاملة بعد في نظم تحليل المشاعر المستقلة.
5. النصوص المفعمة بالتشويش (التي تتضمن أخطاء إملائية/نحوية، ينقصها علامات الترقيم أو فيها إشكالية في علامات الترقيم، تحوي الكلام العامي) لا تزال تشكل تحديًا كبيرًا لمعظم نظم تحليل المشاعر.
6. العديد من العبارات بخصوص الكيانات هو واقعي في الطبيعة ولكنها مع ذلك لا تزال تحمل مشاعر. نُحدّد مناهج تحليل المشاعر الراهنة مشاعر العبارات الذاتية وتتغاضى عن تلك العبارات الموضوعية. فثمة حاجة إلى

الخوارزميات التي تستعمل السياق لإسناد نقاط مشاعر (sentiment scores) للعبارة الموضوعية (الواقعية).
ومثل هذه العبارات يرد كثيرًا في المقالات الأخبارية.

موارد

تحتوي الموارد التالية معاجم مشاعر يمكن استعمالها في نظم تحليل المشاعر:

- معجم General Inquirer [33]؛ http://www.wjh.harvard.edu/~inquirer/spreadsheet_guide.htm.
- معجم المشاعر [13]؛ <http://www.cs.uic.edu/~liub/FBS/sentiment-analysis.html>.
- معجم الذاتية MPQA⁶ [38]؛ http://www.cs.pitt.edu/mpqa/subj_lexicon.html.
- معجم SentiWordNet [6]؛ <http://sentiwordnet.isti.cnr.it/>.
- معجم Emotion [23]؛ <http://www.purl.org/net/emolex>.
- معاجم المشاعر المالية (مناسبة لتحديد مشاعر الوثائق المالية) [22]؛ http://nd.edu/~mcdonald/Word_Lists.html.

خلاصة

استعرضنا في هذه المقالة بعض المسائل البحثية الرئيسية في مجال تحليل المشاعر، وناقشنا عدة خوارزميات تهدف إلى حل كل من هذه المسائل. وصفنا أيضًا بعض التطبيقات الرئيسية لتحليل المشاعر، وقدمنا عددًا قليلًا من التحديات المفتوحة الكبرى. لا يزال العديد من نظم تحليل المشاعر التجارية يستعمل تقنيات مبسطة بغية تجنب هذه التحديات المفتوحة، ومن ثم يدع أدائها الكثير مما هو مرغوب فيه. سيجعل تقديم حلول مرضية لهذه التحديات مجال تحليل المشاعر أكثر انتشارًا جدًا.

شكر وتقدير

نشكر كلاً من لايل أونجار، وبينغ ليو، وبينيامين روزنفلد، وروي بار حاييم، لتقديمهم تعليقات مفيدة على مسودات هذا المقال.

المراجع

- [1] Brooke, J., Tofiloski, M. and Taboada, M. Cross-linguistic sentiment analysis: From English to Spanish. In *Proceedings of RANLP* (2009).
- [2] Ding, X., Liu, B. and Yu, P.S. A holistic lexicon-based approach to opinion mining. In *Proceedings of the Conference on Web Search and Web Data Mining* (2008).
- [3] Ding, X., Liu, B. and Zhang, L. Entity discovery and assignment for opinion mining applications. In *Proceedings of ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (2009).

⁶ multi-perspective question answering: رد على أسئلة متعددة المناظير.

- [4] Dragut, E.C., Yu, C., Sistla, P. and Meng, W. Construction of a sentimental word dictionary. In *Proceedings of ACM International Conference on Information and Knowledge Management* (2010).
- [5] Du, W., Tan, S., Cheng, X. and Yun, X. Adapting information bottleneck method for automatic construction of domain-oriented sentiment lexicon. In *Proceedings of ACM International Conference on Web Search and Data Mining* (2010).
- [6] Esuli, A. and Sebastiani, F. Determining term subjectivity and term orientation for opinion mining. In *Proceedings of Conf. of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics* (2006).
- [7] Feldman, R., Rosenfeld, B., Bar-Haim, R. and Fresko, M. The Stock Sonar—Sentiment Analysis of Stocks Based on a Hybrid Approach. *IAAI-12* (2011), 1642–1647.
- [8] Fellbaum, C.D. *Wordnet: An Electronic Lexical Database*. MIT Press, Cambridge, MA, 1998.
- [9] Feng, S., Bose, R. and Choi, Y. Learning general connotation of words using graph-based algorithms. In *Proceedings of the 2011 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. Association for Computational Linguistics* (Edinburgh, Scotland, UK, 2011). 1092–1103.
- [10] Hai, Z., Chang, K. and Kim, J.-j. Implicit feature identification via co-occurrence association rule mining. *Computational Linguistics and Intelligent Text Processing* (2011), 393–404.
- [11] Hatzivassiloglou, V. and K. McKeown, Predicting the semantic orientation of adjectives. In *Proceedings of the Joint ACL/EACL Conference* (1997), 174–181.
- [12] Hu, M. and Liu, B. Mining and summarizing customer reviews. In *Proceedings of the ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (2004), 168–177.
- [13] Hu, M. and Liu, B. Mining opinion features in customer reviews. In *Proceedings of AAAI* (2004), 755–760.
- [14] Jakob, N. and Gurevych, I. Extracting opinion targets in a single-and cross-domain setting with conditional random fields. In *Proceedings of Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (2010).
- [15] Jindal, N. and Liu, B. Identifying comparative sentences in text documents. In *Proceedings of ACM SIGIR Conf. on Research and Development in Information Retrieval* (2006).
- [16] Kamps, J., Marx, M., Mokken, R.J. and de Rijke, M. Using WordNet to measure semantic orientation of adjectives. *LREC*, 2004.
- [17] Kim, S.-M. and Hovy, E. Crystal: Analyzing predictive opinions on the Web. In *Proceedings of the Joint Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and Computational Natural Language Learning* (2007).
- [18] Lafferty, J., McCallum, A. and Pereira, F. Conditional random fields: Probabilistic models for segmenting and labeling sequence data. In *Proc. 18th International Conf. on Machine Learning*. Morgan Kaufmann, San Francisco, CA, 2001, 282–289.
- [19] Lin, D. Minipar; <http://webdocs.cs.ualberta.ca/lindek/minipar.htm>, 2007.
- [20] Liu, B., Sentiment analysis and subjectivity. *Handbook of Natural Language Processing*. N. Indurkha and F.J. Damerau, eds, 2010.
- [21] Liu, B. Sentiment analysis and opinion mining. *Synthesis Lectures on Human Language Technologies*. Morgan & Claypool Publishers, 2012.
- [22] Loughran, T. and McDonald, B. When is a liability not a liability? Textual analysis, dictionaries, and 10-Ks. *The Journal of Finance* 66, 1 (2011), 35-65.
- [23] Mohammad, S.M. and Turney, P.D. Emotions evoked by common words and phrases: Using Mechanical Turk to create an emotion lexicon. In *Proceedings of the NAACL HLT 2010 Workshop on Computational Approaches to Analysis and Generation of Emotion in Text* (2010).
- [24] Narayanan, R., Liu, B. and Choudhary, A. Sentiment analysis of conditional sentences. In *Proceedings of the 2009 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (Singapore, 2009). Association for Computational Linguistics, 180–189.
- [25] Netzer, O., Feldman, R., Fresko, M. and Goldenberg, Y. Mine your own business: Market structure surveillance through text mining. *Marketing Science*, 2012.
- [26] Pang, B. and Lee, L. A Sentimental Education: Sentiment Analysis using Subjectivity Summarization based on minimum cuts. In *Proceedings of the Association for Computational Linguistics* (2004), 271–278.

- [27] Pang, B. and Lee, L. Opinion mining and sentiment analysis. *Foundations and Trends in Information Retrieval* 2, 1-2 (2008), 1–135.
- [28] Pang, B., Lee, L. and Vaithyanathan, S. Thumbs up? Sentiment Classification using machine learning techniques. In *Proceedings of EMNLP-02, 7th Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (Philadelphia, PA, 2002). Association for Computational Linguistics, Morristown, NJ, 79–86.
- [29] Peng, W. and Park, D.H. Generate adjective sentiment dictionary for social media sentiment analysis using constrained nonnegative matrix factorization. In *Proceedings of the Fifth International AAAI Conference on Weblogs and Social Media* (2011).
- [30] Popescu, A.-M. and Etzioni, O. Extracting product features and opinions from reviews. In *Proceedings of Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (2005).
- [31] Qiu, G., Liu, B., Bu, J. and Chen, C. Opinion word expansion and target extraction through double propagation. *Computational Linguistics* 37, 1 (2011), 9–27.
- [32] Riloff, E. and Wiebe, J. Learning extraction patterns for subjective eExpressions. In *Proceedings of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (2003).
- [33] Stone, P. The general inquirer: A computer approach to content analysis. *Journal of Regional Science* 8, 1 (1968).
- [34] Taboada, M., J. Brooke, J., Tofiloski, M., Voll, K. and Stede, M. Lexicon-based methods for sentiment analysis. *Computational Linguistics* 37, 2 (2011), 267–307.
- [35] Tsur, O., Davidov, D. and Rappoport, A. A great catchy name: Semi-supervised recognition of sarcastic sentences in online product reviews. In *Fourth International AAAI Conference on Weblogs and Social Media* (2010).
- [36] Turney, P. Thumbs up or thumbs down? Semantic orientation applied to unsupervised classification of reviews. In *Proceedings of the Association for Computational Linguistics* (2002), 417–424.
- [37] Wan, X. Using bilingual knowledge and ensemble techniques for unsupervised Chinese sentiment analysis. In *Proceedings of the 2008 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (Honolulu, Hawaii, 2008). Association for Computational Linguistics, 553–561.
- [38] Wilson, T., Wiebe, J. and Hoffmann, P. Recognizing contextual polarity in phrase-level sentiment analysis. In *Proceedings of the Human Language Technology Conference and the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (2005), 347–354.
- [39] Wu, Y., Zhang, Q. Huang, X. and Wu, L. Phrase dependency parsing for opinion mining. In *Proceedings of Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (2009).
- [40] Yu, H. and Hatzivassiloglou, V. Towards answering opinion questions: Separating facts from opinions and identifying the polarity of opinion sentences. In *Proceedings of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (2003).

الكاتب

رونن فلدمان (Ronen.Feldman@huji.ac.il) هو أستاذ نظم المعلومات في مدرسة إدارة الأعمال في الجامعة العبرية بالقدس، الأراضي المحتلة.

أفكار رئيسية

- يقدم تحليل المشاعر للمؤسسات القدرة على رصد مواقع وسائل التواصل الاجتماعية المختلفة في الزمن الحقيقي، وتتصرف تبعاً لذلك.
- تحليل المشاعر على مستوى الخاصية هو التحليل الأدق لمقالات المراجعة وقصاصات وسائل التواصل الاجتماعية فيما يتعلق بأشياء محددة وخصائصها.
- يمكن أن يؤدي استعمال تقنيات تحليل المشاعر في اختيار الأسهم إلى عوائد مجزية.

قائمة المصطلحات

LIST OF TERMS

إعداد: د. نزار الحافظ¹

أضداد	antonyms
واجهة برمجية للتطبيقات	API (Application Programming Interface)
تأخير صُنعي	artificial delay
تحليل المشاعر المعتمد على الخاصية	aspect-based sentiment analysis
(تسليم (إيصال)، توزيع) معطيات لامترامن	asynchronous data (delivery, distribution)
برمجة لامترامنة	asynchronous programming
استكمال آلي	autocomplete
بناء مؤتمت	automated build
المعالجة المؤتمتة للغات	Automated Language Processing (ALP)
طقم اختبار مؤتمت	automated test suite
وظيفية النظام الأساسية	basic system functionality
التصميم بمقارنة المواضيع	between-subjects design
قواعد متتابعة للفئات	Class Sequential Rule (CSR)
مارج	collator
آراء مقارنة	comparative opinions
تحليل المشاعر المقارنة	comparative sentiment analysis
اختبار المكونات	component testing
لسانيات حسابية	computational linguistics
عُقَد الحساب	compute nodes
حقل عشوائي شرطي	Conditional Random Field (CRF)
مكونات قابلة للتشكيل	configurable components

¹ مدير بحوث في المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا.

معجم دلالي	connotation lexicon
متطلبات التَّساوُق	consistency requirements
رسائل متساوقة	consistent messages
شخصنة مخفية	cryptic personalization
علم نظم التحكم (السيبرانيات)	cybernetics
توقيت وصول المعطيات	data arrival timing
مجمّعات المعطيات	data collectors
تسليم المعطيات	data delivery
نقاط إدخال معطيات	data entry points
عقدة معطيات	data node
قابلية المعطيات للحمل	data portability
عُثْرَة في توزيع المعطيات	data-distribution bug
إطار تطوير	development box
مجزآت الذاكرة المزدوجة الصف	DIMMS (Dual In-Line Memory Modules)
نظام خزن معطياتٍ موزَّعٍ	distributed data storage system
(مخزن، نظام) معطيات موزَّعٍ	distributed data (store, system)
تحليل المشاعر على مستوى وثيقة	document-level sentiment analysis
لغة خاصة بالمجال	Domain Specific Language (DSL)
يسحب ويُقلِّت، سحبٌ وقلِّتٌ	drag-and-drop (v, n)
ذاكرة النفاذ العشوائي الديناميكية	DRAM (Dynamic Random Access Memory)
نفاذ للتحريير	edit access
اختبار من طرف إلى طرف	end-to-end testing
تحليل المشاعر المعتمد على السمة	feature-based sentiment analysis
شعيرة ناقلة	filament
خزْن ومُضني	flash storage
الترجمة العالية الجودة الآلية كلياً	Fully Automatic High Quality Translation (FAHQT)
تفاعل الإنسان مع الحاسوب	Human Computer Interaction (HCI)
حوسبة مركّزة على الإنسان	human-centric computing
نموذج بشري-آلي	human-machine model
ربوطات إنسانية (شبيهة بالإنسان)	humanoids

بترتيب متسلسل	in sequence
تماثل المعلومات	information symmetry
قواعد المعطيات التي في الذاكرة	In-Memory DataBase (IMDB)
ترجمة آلية تفاعلية	interactive machine translation
نظام ترجمة تفاعلي	Interactive Translation System (ITS)
صناديق الإنترنت	Internet boxes
التسويق التطفلي	intrusive marketing
تماثلات شكلية	isomorphisms
ترجمة اللغات	language translation
محرر لحقي آلي	machine post-editor
ترجمة آلية	Machine Translation (MT)
ترجمة بمساعدة الآلة	machine-(aided/assisted) translation
تكافل الإنسان والحاسوب	man-computer symbiosis
مقابل	mapper
حوسبة مٌقودة بالذاكرة	Memory-Driven Computing (MDC)
ذاكرة مقاومة	memristor
ذاكرة النفاذ العشوائي الكهرومغناطيسية	MeRAM (Magnetoelectric Random Access Memory)
ترجمة آلية مختلطة	mixed MT (Machine Translation)
معالجة اللغات الطبيعية	Natural Language Processing (NLP)
تعطُّل عُقد (ة)	node failure
وظيفية النظام الطبيعية	normal system functionality
جملة اسمية	Noun Phrase (NP)
ذاكرة النفاذ العشوائي اللامتلاشية	NVRAM (Non-volatile Random Access Memory)
موضوعي	objective
إطار الإنشاء الرسمي	official build box
التقيب في الآراء	opinion mining
ترتيب وصول المعطيات	order of data arrival
عالم متمركز حول المنظمات	organization-centric world
استعمال خارج النواة	out-of-core use

مُغْرِب (محلَّل)	parser
ديمومة	persistence
(خزن، ذاكرة) دائم(ة)	persistent (storage, memory)
نظام إدارة المعلومات الشخصية	Personal Information Management System (PIMS)
متغلغل	pervasive
نسيج فوتوني	photonic fabric
محلَّل تبعية العبارة	phrase dependency parser
حَمول	portable
تعرُّف الشخص مهما كانت الوضعية	Pose Invariant Person Recognition (PIPER)
وضعيات	poselets
(تقويم، تحرير) لاحق	post-(assessment, editing)
ترجمة مع تحرير لحقي	post-editing translation
ذاكرة الترجمة التنبؤية	Predictive Translation Memory (PTM)
تحرير سبقي	pre-editing
عُقدة أساسية (أولية)	primary node
(بيئة، عقدة) إنتاج	production (environment, node)
قيادة الدمى	puppeteering
ترجمة آلية صرفة	pure MT (Machine Translation)
النفس المقدرة كميًا	quantified self
ذاكرة نفاذ عشوائي مقاومة	RRAM (Resistive Random Access Memory)
متصعد	scalable
مخطوطات	scripts
كلمات بذرية	seed words
تحليل المشاعر على مستوى جملة	sentence-level sentiment analysis
تحليل المشاعر	sentiment analysis
تحصيل معجم بالمشاعر	sentiment lexicon acquisition
تتابعياً	sequentially
إغلاقات	shutdowns
محاكيات	simulators
طقم التطوير البرمجي	Software Development Kit (SDK)
مساوق صلبة	Solid State Drives (SSDs)

عزم قُتل انتقال السبين	Spin Transfer Torque (STT)
قابل للتكديس	stackable
(حَشْدُ، عُقْد) خَزْن	storage (cluster, nodes)
ذاتي	subjective
ذاتية	subjectivity
نظام فرعي	subsystem
تعلم بإشراف	supervised learning
نمط الإرجاء والاستئناف	suspend-resume mode
تزامن	synchronization
تسليم (إيصال) المعطيات المتزامن	synchronous data delivery
رسائل متزامنة	synchronous messages
تأخيرات النظام	system delays
(معطيات، بيئة، طقم) اختبار	test (data, environment, suite)
معتمد على النص	text-based
نظام طرف ثالث	third-party system
إطار زمني	time frame
ضمانات توقيت	timing guarantees
مطلب زمني (توقيتي)	timing requirement
مقياس صغير	tiny scale
معطيات تدريب	training data
منصات عمل المترجم	translator workbenches
نسخ المترجم	translator's amanuensis
تعلم بلا إشراف	unsupervised learning
حالات استعمال	use cases
حالة الصلاحية	valid status
إدارة العلاقة بالبائع	Vendor Relationship Management (VMR)
عمر الاهتلاك	wear-life

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