

الأكاديمية العربية الدولية



الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

الأكاديمية العربية الدولية المقررات الجامعية



الذكاء الاصطناعي

● واقعه ومستقبله

تأليف: آلان بونيه
ترجمة: علي صبري فرغلي

سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران



سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

صدرت السلسلة في يناير 1978 بإشراف أحمد مشاري العدواني 1923 - 1990

172

الذكاء الاصطناعي

واقعه ومستقبله

تأليف: آلان بونيه

ترجمة: د. علي صبري فرغلي



١٦٦٣

المواد المنشورة في هذه السلسلة تعبر عن رأي كاتبها
ولا تعبر بالضرورة عن رأي المجلس

المحتوى

7	مقدمة المترجم
11	الفصل الأول: الأهداف والمفاهيم الأساسية للذكاء الاصطناعي
27	الفصل الثاني: بعض المعايير
35	الفصل الثالث: عصر معالجة اللغات الطبيعية
41	الفصل الرابع: فهم الجمل المنفصلة
53	الفصل الخامس: بعض طرق التحليل الآلي للغات الطبيعية
65	الفصل السادس فهم الكلام بعض جوانب المشكلة
75	الفصل السابع: برامج بینیة ودية باللغات الطبيعية
85	الفصل الثامن: فهم النصوص
101	الفصل التاسع: منطق الدرجة الأولى
111	الفصل العاشر: التمثيل الإجرائي

المحتوى

117	الفصل الحادي عشر: الشبكات الدلالية
131	الفصل الثاني عشر: القواعد الإنتاجية
147	الفصل الثالث عشر: الكيانات الهيكلية
159	الفصل الرابع عشر: برامج لعب الشطرنج وحل المسائل
177	الفصل الخامس عشر: خصائص الأنظمة الخبيرة
197	الفصل السادس عشر: الأنظمة الخبيرة في الطب وعلم الأحياء
213	الفصل السابع عشر: النظم الخبيرة في العلوم والصناعة
233	الفصل الثامن عشر: الذكاء الاصطناعي والتدريس بواسطة الحاسوب الآلي
243	الفصل التاسع عشر: البرامج القابلة للتعلم
263	الفصل العشرون: الوعد والأداء

مقدمة المترجم

يقدم هذا الكتاب علم الذكاء الاصطناعي إلى القارئ العربي، وهو أحد العلوم التي نتجت عن الثورة التكنولوجية المعاصرة. والبحث في الذكاء الاصطناعي عمل جماعي بالدرجة الأولى يحتم تعاون علماء ومتخصصين من مجالات مختلفة كالحاسب الآلي، وعلم اللغة، والمنطق، والرياضيات، وعلم النفس. وهذا الكتاب موجه إلى هؤلاء جميعاً، وإلى القارئ المثقف الراغب في بذل الجهد لفهم هذا العلم الجديد.

يتكون الكتاب من عشرين فصلاً موزعة على خمسة أقسام: يرسم القسم الأول منها فكرة عامة عن الذكاء الاصطناعي وأهدافه ومبادئه الأساسية، ويناقش بإيجاز بعض الجوانب التي يتعرض لها في باقي الكتاب بتفصيل أكبر. وفي القسم الثاني يعرض لمعالجة اللغات الطبيعية في سبعة فصول، ويجمع فيها بين النظرة التاريخية والإشكالية الرئيسية، ومعالجة النصوص المكتوبة، وتحليل وتخلص الكلام المنطوق وفهم النصوص اللغوية. وفي القسم الثالث يشرح تقنية تمثيل المعرفة، ويعرض لأساليب وطرق مختلفة بالشرح والنقد والتحليل مع إعطاء الأمثلة الواضحة في جميع الأوقات. وفي القسم الرابع يتناول موضوع الأنظمة الخبيرة محدداً خصائصها وإشكاليتها، كما يعرض لنماذج منها في مجالات متعددة كالطب، والتنقيب عن النفط والمعادن... الخ. ويعرض في القسم الخامس

والأخير لموضع التعليم والتعلم باستخدام الحاسوب وما يمكن أن يقدمه الذكاء الاصطناعي في هذا الميدان، ويحدد المؤلف رؤيته لمستقبل الذكاء الاصطناعي في الفصل العشرين، ويوضح ما يمكن توقع إنجازه في المدى القصير وما يبدو بعيد الأمد.

وقد رأيت ترجمة هذا الكتاب بالذات لسبعين: أولاً: لأنه يخاطب القارئ المثقف، فهو لا يفترض خلفية معينة سواء في الحاسوب الآلي أو علم اللغة أو غيرها، ورغم ذلك يجد المتخصص فيه مادة جادة خالية من التبسيط المخل، بل ويطرح كثيراً من القضايا النظرية الجوهرية في الذكاء الاصطناعي كطرق تمثيل المعرفة، والعلاقة بين الخبرير البشري وعالم المعلومات، وتقويم فعالية الأنظمة الخبريرة، والمعرفة الإجرائية والمعلنة.. الخ. ولهذا ليس غريباً أن يترجم هذا الكتاب من الفرنسي إلى الإنجليزية فور نشره رغم وجود الكثير من الكتب حول هذا الموضوع بالإنجليزية. وثانياً: لأنه يركز على موضوعين اثنين لهما-في رأي-أهمية خاصة للعالم العربي، وهما معالجة اللغات الطبيعية والأنظمة الخبريرة. فقد اكتسبت المعالجة الآلية للغة العربية اهتماماً متزايداً من الباحثين العرب في السنوات الأخيرة وخاصة منذ منتصف الثمانينيات، فقد تم عقد العديد من المؤتمرات في الكويت والمغرب وتونس والقاهرة ودمشق حول هذا الموضوع، وعرض كثير من شركات الحاسوب بالوطن العربي بمعالجة اللغة العربية ومنها شركة العالمية والمراكز العلمية لشركة «آي. بي. أم» مما يعكس إدراكاً بالأهمية البالغة لتطوييع الحاسوب للغة العربية، ولأهمية استخدام الحاسوب لترجمة الكم الهائل من المعلومات التي تنشر يومياً باللغات الأجنبية، ولتوحيد المصطلحات العربية، ولفهم وتلخيص النصوص العربية. ويتناول القسم الثاني من هذا الكتاب معالجة اللغات الطبيعية بالتفصيل وبشكل علمي سليم ويطرح قضايا نظرية هامة كأهمية التحليل الدلالي في معالجة اللغات الطبيعية، ودور قواعد المعرفة في فهم اللغات وإشكالية تحليل الكلام... إلخ. ولا شك أن الأفكار المطروحة في الكتاب ستكون ذات فائدة للبحث في هذا المجال. وموضوع الأنظمة الخبريرة له أهمية خاصة، فمن المعروف أن العالم العربي يعاني، شأنه شأن بقية العالم الثالث، من هجرة العقول، ونقص الخبراء. وهنا

مقدمه المترجم

تبرز أهمية تقنية الأنظمة الخبيرة على المستوى الاقتصادي والعلمي، فهي تحفظ خبرة العلماء في شكل برامج متاحة بسهولة، كما يمكن دائمًا تطويرها وتجديدها. وبالتالي لا تضيع خبرة ومعرفة الخبير البشري بوفاته أو هجرته إلى بلد آخر، أو عجزه عن العمل، بل تظل محفوظة كبرامج للكمبيوتر يمكن استشارتها كلما دعت الحاجة. وهو يمكن أن يوفر مثلاً خبرة الطبيب الأخصائي في الريف بينما هو موجود فعلاً في المدينة.

ونحن نأمل بتوفير مثل هذا الكتاب للقارئ العربي أن يزداد عدد المهتمين بالذكاء الاصطناعي، وأن يتوجه العديد من العلماء الشبان، خاصة علماء الإنسانيات، إلى البحث العلمي الدؤوب في هذا المجال، وتسخيره لخدمة احتياجات أمتنا العربية الملحة والعاجلة. كما نأمل أيضاً لا يقتصر اهتمامهم على النواحي التطبيقية-كما هو حادث الآن- بل يتعداها إلى القضايا النظرية الملحّة في الذكاء الاصطناعي وانعكاساتها على باقي العلوم، حتى تتجاوز النقل والاستهلاك إلى الإبداع والمساهمة في تطوير هذا العلم.

المترجم

علي فرغلي

الكويت في 3 أغسطس 1989 م

القسم الأول

مقدمة

الأهداف والمفاهيم الأساسية للذكاء الاصطناعي

يهدف علم الذكاء الاصطناعي إلى فهم طبيعة الذكاء الإنساني عن طريق عمل برامج للحاسِب الآلي قادرة على محاكاة السلوك الإنساني المتمس بالذكاء. وتعني قدرة برنامج الحاسِب على حل مسألة ما، أو اتخاذ قرار في موقف ما-بناء على وصف لهذا الموقف-أن البرنامج نفسه يجد الطريقة^(١) التي يجب أن تتبع لحل المسألة، أو للتوصِل إلى القرار بالرجوع إلى العديد من العمليات الاستدلالية المتوعدة التي غذى بها البرنامج. ويعتبر هذا نقطة تحول هامة تُعدى ما هو معروض باسم «تقنية المعلومات» التي تتم فيها العملية الاستدلالية عن طريق الإنسان، وتحصر أَهم أسباب استخدام الحاسِب في سرعته الفائقة.

ورغم أننا لا نستطيع أن نعرف الذكاء الإنساني بشكل عام فإنه يمكن أن نلقي الضوء على عدد من المعايير التي يمكن الحكم عليه من خلالها. ومن تلك المعايير القدرة على التعميم والتجريد، التعرف على أوجه الشبه بين المواقف المختلفة، والتكييف مع المواقف المستجدة، واكتشاف الأخطاء

وتصحيفها لتحسين الأداء في المستقبل.... الخ. وكثيراً ما قرن الذكاء الاصطناعي خطأ بالسبرانية Cybemetics التي تختص بالخصائص الرياضية لأنظمة التغذية الراجعة، وتتظر إلى الإنسان كأنه جهاز آلي، بينما يهتم علم الذكاء الاصطناعي بالعمليات المعرفية التي يستخدمها الإنسان في تأدبة الأفعال التي نعدها ذكية. وتحتفل هذه الأفعال اختلافاً بيناً في طبيعتها، فقد تكون فهم نص لغوي منطوق أو مكتوب، أو لعب الشطرنج أو «البريدج»، أو حل لغز، أو مسألة رياضية، أو كتابة قصيدة شعرية، أو القيام بتشخيص طبي، أو الاستدلال على طريق للانتقال من مكان إلى آخر. ويبدأ الباحث في علم الذكاء الاصطناعي عمله أولاً باختيار أحد الأنشطة المتفق على أنها «ذكية»⁽²⁾، ثم يضع بعض الفروض عما يستخدمه الإنسان لدى قيامه بهذا النشاط من معلومات واستدلالات، ثم يدخل هذه في برنامج للحاسب الآلي، ثم يقوم بملحوظة سلوك هذا البرنامج. وقد تؤدي ملاحظة البرنامج إلى اكتشاف أوجه القصور فيه مما ينفي إلى إدخال تعديلات وتطوير في أسسه النظري، وبالتالي في البرنامج نفسه، ويؤدي هذا بدوره إلى سلوك مختلف للبرنامج، وما يستتبعه من ملاحظة وتطوير... وهكذا.

ويغلب على المسائل التي يتناولها الذكاء الاصطناعي «التفجر التجمعي»⁽³⁾ Combinatory explosion فيها كبير جداً لدرجة أنه لا يمكن التوصل إلى الحل الأمثل-إن وجد- بعمليات البحث المباشر، لأن عملية البحث تأخذ وقتاً طويلاً جداً، أو لأنها تتطلب ذاكرة كبيرة جداً تفوق سعة ذاكرة الحاسوب أو الإنسان، فقد قدرت مثل النقلات الممكنة⁽⁴⁾ لقطع الشطرنج في دور واحد بحوالي 10 أس 120، من الواضح استحالة فحص المجموعة الكاملة لهذه النقلات، أو تخزينها بالحاسوب مصحوبة بتقدير لدى ملاءمة كل منها. وفي الواقع يوجد فرق أساسي بين عالم الرياضيات والمت dwell بالذكاء الاصطناعي في هذا الصدد. فبينما يسعى عالم الرياضيات لإثبات أن هناك حلاً للمسألة التي يبحثها (أو أنه لا حل)، ولا يعني بالوسائل الممكن اتباعها للوصول إلى الحل، نجد بالمقابل أن المشتغل بالذكاء الاصطناعي يبحث عن حل للمسألة قد لا يكون هو الحل الصحيح، أو الأمثل تماماً، ولكنه مقبول لدى أي من المهتمين بالمسألة، ولا يتطلب وقتاً أطول من اللازم، ويمكن الاهتداء إليه في ظروف

الأهداف والمغاهيم الأساسية للذكاء الاصطناعي

الواقع الحقيقية التي فد لا تتوفر فيها جميع المعلومات المطلوبة لحل المسألة.
لأنأخذ مثلاً لعبة «العقد الجبار» Master Mind.

يهدف عالم الرياضيات إلى إثبات أن هناك خوارزميا algorithm للتوصيل إلى حل اللعبة في عدد من الخطوات لا يزيد مثلاً عن سبع خطوات، بينما يستخدم المشتغل بالذكاء الاصطناعي كل مهارته لوضع برنامج لحل مبني على طرق استدلال سليمة، أما عدد الخطوات التي يتطلبها الحل فليس لها الدرجة الأولى من الأهمية. فالاتجاه السائد في الذكاء الاصطناعي هو أن مبادئ التنظيم الجيدة أهم من سرعة الحساب، والرياضيات يبرز دورها على المستوى المنطقي. ورغم أن أكثر فروع المنطق وضوحاً في أذهان الباحثين هو المنطق الاستباطي deductive logic، فمن المؤكد أنه أقل أهمية من المنطق الاستقرائي أو الاستدلالي inductive or inferential logic في معظم أنشطتنا المتعلقة بالذكاء.

وسنستخدم في هذا الكتاب اصطلاح «الاستدلال» inference للتعبير عن فكري الاستقراء والاستباط. وإلى جانب هذا الاستخدام للرياضيات على المستوى المنطقي، سنستخدمها أيضاً على مستوى أولى إلى حد ماً من أجل الحصول على تقديرات لسعة الذاكرة ووقف المعالجة اللازمن للتوصيل إلى حل مسألة ما. وسنحاول في بقية هذا الجزء التمهيدي توضيح ملامح برامج الذكاء الاصطناعي بشكل عام. وستكون المعايير التي نقدمها مرتبطة، من جهة، بأنواع المسائل المراد حلها، والتي تتطلب قدرًا من الذكاء مثلاً، ولكن ليس لها حل عام معروف، كما ستكون مرتبطة من ناحية أخرى بطرق المعالجة المنطقية المستخدمة والمستعينة بكل ما عرف عن الذكاء الإنساني.

التمثيل الرمزي Symbolic Representation:

إن السمة الأولى لبرامج الذكاء الاصطناعي هي أنها تستخدم أساساً رموزاً غير رقمية وهي في هذا تشكل نقضاً صارخاً للفكرة السائدة أن الحاسوب لا يستطيع أن يتناول سوى الأرقام، فعلى المستوى القاعدبي يتكون الحاسوب من نبائط ثنائية binary devices ولا يمكن لهذه النبائط أن تتخذ إلا أحد وضعين اتفقاً على أن يرمز لهما بـ «1 أو صفر». وقد أدى اختيار هذين الرمزين الرقميين إلى انتشار الفكرة القائلة إن الحاسوب لا يستطيع أن

يتفهم سوى «نعم أو لا»، وأنه لا يستطيع تمييز ظلال المعنى بينهما. ولكن إذا نظرنا على نفس المستوى للإنسان، مستوى الخلايا العصبية-neurons، لوجدنا أن الفهم الإنساني يعتمد أيضاً على الوضع الشائي مما يشير إلى إمكانية التعبير عن الأفكار والتصورات والمفاهيم البالغة التعقيد واتخاذ القرارات بشكيلات متطرفة من هذه الأوضاع أو الحالات الشائية. ولا شك أن إمكانية التعبير عن التصورات العليا والمعقدة بواسطة الرموز الشائية التي يفهمها الحاسب تجعل محاكاة عملية اتخاذ القرارات ممكنة.

ولا يوجد بالطبع ما يمنع برامج الذكاء الاصطناعي من أداء بعض العمليات الحسابية إذا لزم الأمر، ولكن غالباً ما تستخدم نتائج هذه العمليات على المستوى الإدراكي conceptual level، بمعنى أن مغزى هذه العمليات الحسابية سيدخل إلى العملية الاستدلالية التي يقوم بها البرنامج. ويوضح ذلك مثال من برامج التشخيص الطبي الذي قد يعطينا معلومة معينة في صورتها الرمزية بالشكل الآتي:

«المريض يعني من حمى بسيطة»

وقد توصل إليها الحاسوب بقيمه بعملية استدلالية لمعلومة رقمية مثل: «درجة حرارة المريض مائة درجة فهرنهايت».

كما يمكن لبرامج الذكاء الاصطناعي أن تستخدم معلومة رمزية من علم أمراض النبات مثل:

«العفن نوع من الفطر»

لتوصيل إلى معلومة رمزية أخرى كالأتي:

«الأضرار التي يسببها الفطر بشكل عام يمكن أن يسببها العفن بشكل خاص».

وعادة ما يطلق على هذا النوع من العمليات الاستدلالية أو الاستقرائية «الوراثة» inheritance أو نقل الخصائص transmission of properties وله أهمية بالغة في علم الذكاء الاصطناعي.

الاجتهاد Heuristics

تحدد السمة الشائعة لبرامج الذكاء الاصطناعي بنوعية المسائل التي تتتناولها. فهي في العادة ليس لها حل خوارزمي معروف، وتعني بذلك عدم

الأهداف والمغاهيم الأساسية للذكاء الاصطناعي

وجود سلسلة من الخطوات المحددة التي يؤدي اتباعها إلى ضمان الوصول إلى حل المسألة.

وطالما لا يوجد حل خوارزمي للمسائل التي يعالجها الذكاء الاصطناعي فلا بد إذن من الالتجاء إلى الاجتهاد⁽⁵⁾، أي إلى الطرق غير المنهجية والتي لا ضمان لنجاحها . ويتمثل «الاجتهاد» في اختيار إحدى طرق الحل التي تبدو ملائمة مع إبقاء الفرصة في نفس الوقت للتغيير إلى طريقة أخرى في حالة عدم توصل الطريقة الأولى إلى الحل المنشود في وقت مناسب. ولهذا لا تعد البرامج التي تحل المعادلات التربيعية ضمن برامج الذكاء الاصطناعي لأن لها حلاً خوارزمياً معروفاً . وبالتالي قد يصل أحد برامج التكامل الرمزي symbolic integration إلى مصاف برامج الذكاء الاصطناعي لاعتماده على طريقة حل أخرى كلما فشلت الطريقة السابقة لتبسيط عملية التكامل . وتشكل برامج لعب الشطرنج مجالاً خصباً للذكاء الاصطناعي لأنه لا توجد طريقة معروفة لتحديد أفضل نقلة ممكنة في مرحلة معينة من دور الشطرنج، وذلك لسببين: أولهما أن عدد الاحتمالات الممكنة كبير جداً لدرجة يستحيل معها إجراء بحث search كامل عليها، والسبب الآخر هو أننا لا نعرف سوى القليل عن المنطق الذي يبني عليه اللاعبون المهرة تحركات قطعهم إما لأنهم ليسوا مدركين له بشكل واع، أو لأنهم لا يريدون الإفصاح عنه . وقد اعتاد بعض المستهينين بالذكاء الاصطناعي ومنهم هربرت دريفس⁽⁶⁾، الادعاء بعدم استطاعة أي برنامج للوصول إلى مستوى اللاعب الإنساني الجيد . وقد ثبت خطأ هذا الادعاء منذ زمن . و تستطيع الآن (1985)، برامج الشطرنج الممتازة هزيمة جميع اللاعبين باستثناء مئات قليلة منهم .

تمثيل المعرفة Knowledge Representation

تحتار مختلف برامج الذكاء الاصطناعي عن برامج الإحصاء في أن بها «تمثيل للمعرفة». فهي تعبر عن تطابق بين العالم الخارجي والعمليات الاستدلالية الرمزية بالحاسب . ويمكن فهم تمثيل المعرفة هنا بيسير لأنه عادة لا يستخدم رموزاً رقمية . فقد يستخدم أحد برامج التشخيص العلاجي القاعدة التالية في تشخيص حالة المريض بالأنيفولونزا :

«إذا كانت درجة حرارة المريض عالية، ويشعر بآلام عضلية وصداع، فإن هناك احتمالاً قوياً بأنه يعاني من الأنفلونزا».

ويكون التعبير عن مثل هذه القاعدة في برامج الذكاء الاصطناعي بوضوح وإيجاز وبلغة أقرب ما تكون إلى لغتنا الطبيعية⁽⁷⁾ الفعل وليس بلغة الحاسوب الدنيا⁽⁸⁾. والتعبير عن هذه القاعدة في البرامج التقليدية يتطلب إضافة جداول كثيرة ومتعددة للتعبير عن العلاقة بين الأعراض المرضية وتلك الأمراض التي يحتمل أن تسببها. وحتى في هذه الحالة سيكون من الصعب جداً على البرنامج أن يفسر طريقة توصله إلى الحل كما تفعل برامج الذكاء الاصطناعي.

والأكثر من هذا أن برامج التشخيص الطبي تحتاج إلى التعامل مع معلومات معينة مثل «أرجل ضعيفة» أو «أرجل متخصبة» كأعراض مرضية مختلفة لأرجل المريض، كما لا بد أن يدرك البرنامج أن هذه الأرجل مرتبطة بالأجزاء الأخرى لجسم المريض. ولا شك أن برامج الحاسوب العادية الموجودة اليوم لا تحتوي هذا النوع من معرفة «الفطرة البديهية»⁽⁹⁾.

ومن أهم ما يميز طرق بناء برامج الذكاء الاصطناعي الفصل التام بين قاعدة المعرفة ونظم المعالجة mechanism التي تستخدم هذه المعرفة. فمواد المعرفة واضحة، ودلائلها ومعانيها مفهومة، أما ما يكتب بلغة البرمجة- الذي يصعب فهمه لغير المتخصص- فهو مجموعة نظم المعالجة التي تفسر مواد المعرفة هذه وهي تحدد في أي حالة وفي أي مرحلة من مراحل البرنامج يكون أي من قوانين الاستدلال فعالاً. سنعود لهذه النقطة في الفصل الخاص بالأنظمة الخبيرة.

وتعود برامج التحليل اللغوي⁽¹⁰⁾ مثلاً آخر على ذلك الفصل المنهجي بين قاعدة المعرفة والبرنامج، ويكون هذا الفصل هنا بين القواعد اللغوية لغة ما- التي تحدد صحة أي حملة في هذه اللغة- وبين ذلك الجزء من البرنامج الذي يمكن أن يقرر- بالرجوع إلى القواعد اللغوية طبعاً- ما إذا كان من الممكن توليد أي جملة يتم إدخالها إليه بواسطة هذه القواعد أم لا. وفي السابق لم تكن القواعد اللغوية منفصلة عن نظم المعالجة مما كان يؤدي إلى صعوبة تطوير وتعديل هذه القواعد لأن ذلك كان يتطلب تغيير البرنامج بأكمله كلما أردنا إضافة قاعدة لغوية جديدة.

البيانات غير الكاملة

تمثل السمة الرابعة لبرامج الذكاء الاصطناعي في قدرتها على التوصل لحل المسائل حتى في حالة عدم توفر جميع البيانات اللازمة وقت الحاجة لاتخاذ القرار. ويحدث ذلك كثيراً في الطب حين لا تكون نتائج التحاليل جاهزة وحالة المريض لا تسمح بالانتظار ولا يستطيع الطبيب في هذه الحالة انتظار نتائج التحاليل التي سيستفيد منها بالتأكيد ويضطر إلى اتخاذ قرار سريع.

ويترتب على نقص البيانات اللازمة كون النتيجة التي تم التوصل إليها غير مؤكدة، أو كونها أقل صواباً مع احتمال خطئها في بعض الأحيان. وكثيراً ما تتخذ قرارات في حياتنا العملية مع غياب جميع البيانات اللازمة، وبالتالي يظل احتمال خطأ القرار قائماً. ويكون غياب بعض البيانات أحياناً نتيجة لطبيعة المسألة نفسها. ومثال ذلك لاعب البريدج الذي لا يعرف سوى الأوراق التي في يديه وعليه أن يتوصل إلى تقديرات قد تخطئ وقد تصيب عن توزيع الأوراق الأخرى ولا بدileل له عن التخمين.

البيانات المتضاربة Conflicting Data

أما السمة الخامسة لبرامج الذكاء الاصطناعي فهي قدرتها على التعامل مع بيانات قد يناقض بعضها بعضاً، وهذا ما نسميه البيانات المتناقضة ونعني بها ببساطة تلك البيانات التي يشوبها بعض الأخطاء. ويوضح ذلك المثال التالي حيث يرمز كل من أ، ب، ج إلى حدث يمكن ملاحظته، بينما يدل الرقم أمام كل قانون على مدى صحته. وتتراوح الأرقام من +10 (وتعني أن القانون صحيح تماماً)، إلى -10 (وتعني أن القانون غير صحيح بالمرة). ويفترض في كلتا الحالتين أن أ و ب قد لوحظاً بالفعل.

- إذا كان صار吉 (5+)
- إذا كان ب صار吉 (3-)
- إذا كان أ صار吉 (10+)
- إذا كان ب صار吉 (10-)

نلاحظ أن هناك تضارياً في (1) أخرى ولكن لا يوجد تناقض. فقوانين الاستدلال واضحة: فقد يأتي حدث مثل ج بعد أ مثلاً، بينما يكون من غير

المحتمل حدوثه بعد ب. ويمثل القانونان في (1) رؤيتان متعارضتان ويكون استنتاجنا أن حدوثهما في وقت واحد غير مأ洛ف. ولكن هناك تناقضا صريحا في (2)، وليس له سوى أحد تفسيرين، إما أن أحد القانونين خاطئ تماما، ربما لأنه لم يأخذ في الاعتبار شرطا أو ظرفية ما تحد مجال تطبيق القانون، أما التفسير الثاني وهو الأهم أن هناك خطأ في الملاحظة أي أن أحد الحدتين أوب لم يقع. ونحل هذا التناقض عمليا بالإبقاء على القانون الذي لا يتناقض مع باقي مواد المعرفة بالبرنامج.

القدرة على التعلم The ability to learn

تمثل «القدرة على التعلم من الأخطاء» أحد معايير السلوك المتسق بالذكاء وتؤدي إلى تحسين الأداء نتيجة الاستفادة من الأخطاء السابقة. ويجب أن يقال هنا أننا لو طبقنا هذا المعيار بحذايره تماما لما وجدنا من البشر سوى عدد قليل ممن يمكن أن يعتبروا أذكياء. وترتبط هذه الملكة بالقدرة على التعلم باستطاعة استشراف التماثل في الأشياء والقضايا والتوصيل من الجزئيات إلى العموميات واستبعاد المعلومات غير المناسبة. ويجد الباحثون في علم الذكاء الاصطناعي صعوبة في تحديد الحالات التي يكون التعميم فيها جائزا وإدراك الأحوال التي لا يصح فيها التعميم. كما يجدون نفس القدر من الصعوبة في تحديد السياق الذي يكون التماثل في إطاره صحيحا. ووجد باحثو الذكاء الاصطناعي في قدرة الإنسان على استبعاد المعلومات غير المناسبة مشكلة دقيقة للغاية، ذلك أن من المميزات الهائلة للحاسوب، والتي جعلته مفيدا في أغراض عديدة هي أنه- بخلاف العقل الإنساني- قادر على عدم نسيان الأشياء. والإشكالية المطروحة أمام الذكاء الاصطناعي هي أن قدرة الإنسان على النسيان هي بالتحديد التي تعطيه القدرة الهائلة على التعلم. فالإنسان قادر على نسيان أو تناسى التفاصيل الكثيرة غير الهاامة-للتركيز على ما هو أهم طبعا- ويستطيع في نفس الوقت استرجاع هذه التفاصيل عند الحاجة. وتصبح مشكلة إعطاء الحاسوب قدرة على التعلم مرتكزة في جعله قادرا على التمييز بين الحقائق الهاامة «التي يجب أن يتذكرها» والحقائق غير الهاامة «والتي يمكن أن ينساها». إن ما يمكن أن يعتبر من وجهة نظر معينة نقطة ضعف

في الإنسان هو في الحقيقة مصدر قوة الإنسان الهائلة على التعلم. إن القدرة على استخلاص مفازى مجموعة من الحقائق بدلاً من تخزينها جمِيعاً في الذاكرة لهي واحدة من عوامل القوة العظيمة للإنسان. إن الذكاء لا يعني أبداً القدرة على ممارسة لعبة «العشرين سؤال» جيداً لأن ذلك من أسهل المهارات التي يمكن أن يكتسبها الحاسب، وما نريد أن نقوله بإيجاز هنا هو أن الذكاء بالقطع ليس هو اختران المعرفة. وهذا يفسر في-رأي-فلة اهتمام علماء الذكاء الاصطناعي ببرامج قواعد البيانات database. وقد بدأ علماء المعلومات يدركون قصور المناهج والطرق المستخدمة حالياً في بناء ومعالجة قواعد البيانات ويتوجهون حالياً لإدخال القدرات الاستدلالية في برامجهم. وأتصور أن باحث الذكاء الاصطناعي ينحو نحو مختلافاً عندما يشرع في بناء قواعد البيانات فهو يخزن البيانات بطريقة مختلفة من البداية بحيث يبني تصنيفه للبيانات على أساس العلاقات المنطقية والفكرية والتماثل.

محاكاة السلوك الإنساني بكل السبل

والنقطة الأخيرة التي سأتناولها في هذا الفصل التمهيدي تشير كثيراً من الجدل بين باحثي الذكاء الاصطناعي وهي تتركز في السؤال التالي: هل يجب أن تحاكي برامج الذكاء الاصطناعي الطريقة التي يتبعها الإنسان في حل المسائل ؟ أم أن الطريقة لا تهم طالما يتوصل البرنامج في النهاية إلى حل بشكل أو بأخر؟

وأشعر أن إجابة الإنسان على هذا السؤال تعتمد على موقفه من قضية أخرى نعبر عنها بالسؤال التالي. ما هو هدفنا الأساسي عندما نشتغل بالذكاء الاصطناعي: هل هو فهم الذكاء الإنساني أم الاستفادة من الحاسب في معالجة المعلومات؟ ومن الواضح أن من يختار الشق الأول من السؤال الأول سيختار أيضاً الشق الأول من السؤال الثاني. وسيتأثر نوع البحث الذي يقوم به عالم الذكاء الاصطناعي بشكل قوي بموقفه من هذه القضية. ولا يعني هذا أن محاكاة عملية ما شرط ضروري لفهمها، ولكن ذلك يزيد بالتأكيد من قدرتنا على دراسة تفاصيل آلياتها.

ويجب ألا يفهم من توضيحنا للاختلاف في النظرة إلى الهدف الأساسي

للذكاء الاصطناعي أن البرامج التي تكتب لمحاكاة المنطق الإنساني «غير مفيدة» وأن لا نفع لها. فالنفع وحده لم يكن هدفاً للبحث العلمي، ولا يجب أن يحدد مناهج البحث التي تتبع. ولابد من التأكد أن هذه المناهج قائمة على أساس علمية سليمة قبل طرح كفاءة الأداء للمناقشة.

وموقفنا في هذا الكتاب يتفق مع الاختيار الأول في الأسئلة التي طرحت في الفقرة السابقة، وهو السعي لفهم الذكاء الإنساني مما يثير السؤال التالي: كيف لنا أن نأمل في محاكاة السلوك الإنساني مع أننا لا نفهم الطريقة التي يعمل بها ومع إدراكنا أن هذا السلوك يختلف باختلاف البشر؟ بيد أنه يمكننا أن نعرف عن يقين بعض الطرق التي لا يتبعها الناس في العديد من المواقف، ويساعدنا هذا على استبعاد بعض الاحتمالات. فلننظر مثلاً إلى مسألة «فهم اللغة الإنسانية». من الواضح أننا لا نحتاج إلى قراءة أو سماع عبارة ما عدة مرات لكي نفهم مضمونها. وبالتالي يمكن لنا أن نحكم على أي برنامج يعتمد على تكرار الاطلاع على النص اللغوي بأنه لا يعبر عن الواقع السيكولوجي للعملية اللغوية. ومن الواضح أيضاً أننا لا نبدأ فهم جملة ما ببناء شجرة الأعراب أولاً ثم نشرع في التحليل الدلالي لها كي نصل إلى معناها. وتشير كل الدلائل إلى أن عمليتي إعراب الجملة وتقسير دلالتها مرتبطة ومتلازمان، وبالتالي فإن برامج التحليل اللغوي التي سادت في الفترة الأخيرة، والتي اعتمدت على الفصل بين هاتين العمليتين لا تعبّر عن طرقنا في فهم اللغة وأنها فصلت بين العمليتين لأن ذلك كان أسهل في البرمجة عن إدماج العمليتين كما يفعل الإنسان.

ومن جانب آخر فإنه يمكن للاستبطان Introspection ونتائج التجارب التي يجريها علماء النفس على الأفراد أن تمدنا بمعلومات قيمة عما يمكن للعقل الإنساني أن يحتفظ به بسهولة، وعن أي استنتاجات يمكن أن يخرج بها العقل الإنساني مما يقرأ أو يسمع؟ وأي توقعات للقارئ أو السامع تؤكد؟ وأيها يتبيّن خطأها؟ وقت تبني علاقة وثيقة بين نتائج مثل هذه التجارب والبرامج التي تحاكي هذه العمليات الاستدلالية.

وأخيراً فإن قدرة برامج الذكاء الاصطناعي على تحسين أدائها عن طريق التعلم له مؤشر جيد على مدى ملاءمة نظم البرمجة المستخدمة لمحاكاة العمليات الاستدلالية لدى الإنسان. كما أن فشل هذه البرامج في

الأهداف والمغاهيم الأساسية للذكاء الاصطناعي

التعلم يعني عدم تناظر العملية الاستدلالية بها للمنطق الإنساني. فكما هو متبع في العلوم، يستمر التسلیم بصحة النظرية طالما لم تدحضها التجربة العملية.

ويمتد تأثير الذكاء الاصطناعي إلى كثير من العلوم وخصوصا علم الحاسوب الآلي لأنه لابد من كتابة برامج لاختبار صحة نظريات الذكاء الاصطناعي. ونظرا لأن هذه البرامج لابد وأن تكون تفاعلية interactive فقد ساهم ذلك في تطوير لغات برمجة تفاعلية. كما أن الحاجة إلى كتابة برامج قابلة للتطور والتغير مع تطور وتغير الأفكار كان له تأثير كبير على منهجية البرمجة بشكل عام. وقد ساعدت الدروس المستفادة من علم المنطق على تطوير صورته formalization العمليات الاستدلالية، مما شكل نقطة بداية لتمثيل هذه العمليات، كما أن علاقة علماء الذكاء الاصطناعي بعلماء اللغة ضرورية لفهم اللغة الإنسانية بالرغم من اختلافهم في كثير من القضايا، كما أن لعلماء الذكاء الاصطناعي علاقات بعلماء النفس والأعصاب ووظائف الأعضاء والفلسفة. وقد تناولت مارجريت بودين⁽¹¹⁾، التداخل بين الذكاء الاصطناعي وبقي العلوم بالتفصيل ومع التحليل الدقيق في كتابها التمهيدي عن الذكاء الاصطناعي.

الموضوعات التي يعالجها الكتاب

تكتسب ثلاثة مجالات رئيسة في علم الذكاء الاصطناعي أهمية فائقة هذه الأيام وهي: تفسير المرئيات interpreting images، فهم اللغة الإنسانية والأنظمة الخيرة، وطرق التعلم. يحتاج الموضوع الأول (تفسير المرئيات)، إلى أن يفرد له كتاب بذاته لأن له طرقه ومنهجيته الخاصة، ويقع هذا خارج نطاق اختصاص مؤلف هذا الكتاب، ونرجع القراء المهتمين بهذا الموضوع إلى برادي⁽¹²⁾ أو برات⁽¹³⁾. يتناول الثالث الأول من هذا الكتاب قضية فهم اللغة الإنسانية، بينما يدور الثالث الثاني حول الحاجة للقيام بالعمليات الاستنتاجية لفهم مواد المعرفة وبالتالي تتتوفر لدينا الوسائل الالزامية لتمثيل المعرفة، أما الجزء الثالث فيختص بالأنظمة الخيرة وهو موضوع غني في تطبيقاته ويؤدي إلى ثورة في تقنية المعلومات. وسنعرض أيضا لأثر أنظمة الخبرة في التعليم بمساعدة الحاسوب، كما سنتحدث عن

طرق التعلم التي تستخدمها البرامج للاستفادة من الممارسة لتحسين الأداء وسنعطي العديد من الأمثلة لتوضيح هذه الأفكار، ونختتم الكتاب بنظرة استشرافية لما يمكن أن يتوقع من الذكاء الاصطناعي في المستقبل.

الحواشي والمراجع

- (1) خلاف ببرامج الحاسوب التقليدية حيث تكون خطوات حل المسألة واضحة ومحددة ويتولى البرمجة ترجمة هذه الخطوات المحددة إلى برنامج باستخدام لغات البرمجة. (المترجم).
- (2) نستطيع القول أن جميع أنشطة الحاسوب تتطلب قدرًا من الذكاء. فجميع العمليات الحسابية من جمع وضرب وقسمة واستخراج متوسط عدة أرقام تتطلب من الإنسان قدرًا من الذكاء، ولكن الفرق بينها وبين الأنشطة التي يعالجها الذكاء الاصطناعي أن لها خطوات واضحة ومعروفة يتبعها الحاسوب بشكل إلى دون أن يستطيع شرح أو تبرير ما يتوصل إليه. (المترجم).
- (3) نحاول هنا الالتصاق قدر الإمكان بالمصطلح الإنجليزي، والمعنى أن عدد الاحتمالات التي يجب النظر فيها أكبر بكثير من قدرة الإنسان والحااسب الآلي على استيعابها أو النظر فيها. (المترجم).
- (4) يبلغ متوسط عدد مرات حركات قطع الشطرنج في الدور الواحد حوالي ثمانين حركة. يقوم كل لاعب بأربعين حركة، وهناك ثلاثة اتجاهات يمكن أن تتحرك فيه كل قطعة، ويعني هذا أن عدد الاحتمالات في الدور الواحد $30 \text{ أس} = 2 \text{ أس} (5 \text{أس}) = 10 \text{أس} (10 \text{أس}) = 10 \text{أس} (3 \text{أس}) = 40 \text{أس} = 120 \text{أس}$.
- (5) Polya, G. (1954), How to solve it, a new aspect of math. ematical method. Princeton, Princeton University Press.
- (6) Dreyfus H L. (1972) What computers can't do: a critique of artificial reason New York Hater & Row
- (7) اللغات الطبيعية هي اللغات الإنسانية التي لم يخترعها إنسان معين ولم تنشأ بقرار، وترتبط بحضارات وتراث الشعوب كاللغات العربية والألمانية والإنجليزية وغيرها وهي تختلف عن لغات البرمجة والاسبرانتو التي صممت لأغراض معينة. (المترجم).
- (8) لغات الحاسوب الدنيا هي لغات البرمجة التي تستخدمن الرموزن صفر وواحد وهي لغات البرمجة الأولى قبل تصميم لغات برمجة «عليا» مثل باسكال وبيسك وفورتران وتستخدم هذه اللغات كلمات مألوفة من اللغة الإنجليزية مثل، save, type, print, if.....then, directory, (المترجم).
- (9) هناك نوعان من المعلومات أولهما معلومات محددة في شكل حقائق أو طرق معروفة لحل المسائل ويمكن أن تتوارد في الكتب مثل «الخرطوم عاصمة السودان»، أو طريقة التوصيل إلى متوسط عدد من الأرقام، وثانيهما المعلومات اللازمه لترجمة نص من لغة لأخرى أو حصيلة خبرات الحياة أو خبرات التخصص. (المترجم).
- (10) Winograd, T. (1972), Understanding natural language, Edinburgh, Edinburgh University Press.
- (11) Boden, M.. (1977), Artificial intelligence and natural man, New York, Basic Books.
- (12) Brady, M. (1983~), Computational approach to image understanding”, ACM Computing surveys, Vol. 14, pp. 3-71.
- (13) Pratt, W. (1978), Digital image processing. New York, Wiley.

القسم الثاني

فهم اللغات الطبيعية

بعض المعايير

مقدمة

نهدف في هذا الفصل إلى توضيح مختلف الأنشطة⁽¹⁾ التي يمكن أن تدرج تحت «فهم اللغات الطبيعية»، وأولها ما يمكن أن نسميه النشاط النفعي utilitarian activity وهو ما يشار إليه عادة بتفاعل الإنسان مع الآلة man machine interaction (MMI) ولا يختص هذا النشاط بمشاكل فهم السلوك الإنساني، وإنما بمشاكل الاتصال بين الإنسان والحاسوب فحسب. فنحن نريد أن نجعل هذا الاتصال يدور بلغة أقرب ما تكون إلى اللغات الطبيعية، ونعني بذلك تلك اللغات المرتبطة بحضارة وثقافة الإنسان كاللغات الإنجليزية والفرنسية والإسبانية والعربية على سبيل المثال. إن ما نحتاجه هو جسر بين مثل هذه اللغات ولغة الحاسوب الدنيا⁽²⁾ التي تناسب الآلة. وقد كان بناء لغات البرمجة العليا مثل فورتران والجول وليسب والتي يتم ترجمتها إلى لغة الحاسوب الدنيا بواسطة مترجم البرامج compiler هي الخطوة الأولى في هذا الاتجاه. ولا شك أن لغات البرمجة العليا هذه أيسر في الاستعمال والتعلم، إلا أنها تظل مع ذلك لغات اصطناعية. والإشكالية التي نواجهها هنا هي أننا

نود أن نتحاور مع الآلة بوسيلة طبيعية وبدون أن نضطر لتعلم إحدى لغات البرمجة. ولتحقيق هذا الهدف يتبعنا أن نجد طريقة ما لترجمة ما يدخله مستخدم الحاسب بلغته الطبيعية-بواسطة محطات الإدخال الطرفية- إلى شكل يمكن للآلة فهمه والاستجابة له. فكثيراً ما نحتاج إلى الاستفهام عن شيء ما بالرجوع إلى قاعدة المعلومات بالحاسوب، فقد نحتاج مثلاً إلى إجابة لسؤال كالتالي:

«أي من موظفي جون سميث وشركاه يتتقاضى راتباً يزيد عن عشرة آلاف جنيه سنوياً؟»

ويمكن ترجمة هذا السؤال على النحو التالي:

«س = صاحب عمل جون سميث وشركاه»، « المرتب السنوي $S > 1000$ ⁽³⁾ » وتعني هذه المعادلة أننا نريد معرفة كل الأفراد S والذين هم موظفون يعملون لدى صاحب عمل هو جون سميث وشركاه ويتقاضون مرتبًا سنويًا يزيد عن عشرة آلاف جنيه. ويمكن اعتبار شكل هذه المعادلة كتعليمات للآلة للقيام بسلسلة من الخطوات التي يمكن للغات البرمجة القيام بها . وهذا السؤال نموذج شائع للاستفسارات التي توجهه لقواعد المعلومات بهدف استخراج معلومات منها . وتحويل مثل هذا السؤال من صورته الطبيعية باللغة الإنسانية إلى شكل يكون له دلالة ومغزى لقاعدة المعلومات بالحاسوب، يفترض أن قاعدة المعلومات تدرك أن «جون سميث وشركاه» هو اسم شركة (وليس اسم موظف مثلاً)، وأن هذه الشركة تستخدم موظفين، وأننا مهتمون برواتب هؤلاء الموظفين وليس بعناوينهم أو عدد أطفالهم مثلاً، بل- بدقة أكثر- نحن مهتمون برواتب الموظفين الذين تزيد رواتبهم عن حد معين .

ويمكن لاستخدام هذه التقنية أن يكون له نتائج باهرة، لأنها تمكّن الإنسان والآلة من الدخول في حوار طبيعي يوحّي بوجود قدر كبير من الفهم المتبادل بينهما، ولنا أن نتوقع تطورات هامة في مجال تفاعل الإنسان مع الآلة في السنوات القادمة.

وثاني الأنشطة التي تدرج تحت «فهم اللغات الطبيعية» هو ما سأسميه النشاط اللغوی أو المنطقی . والسؤال الرئيسي هنا هو ما إذا كانت عبارة ما صحيحة لغوية ويمكن قولها فعلاً في الحياة اليومية . وقد درج علماء اللغة

المعاصرون على وضع نجمة «*» أمام العبارات والجمل التي تبدو غريبة لهم، ثم التساؤل عن سر الغرابة في هذه الجمل والعبارات، ويمثل هذا ما يمكن أن نطلق عليه الجانب القانوني Le galistic aspect الذي أكد على اللغة باعتبارها كيانا مستقلا دون أي اعتبار لوظائفها المعرفية أو التوافضية، ومن أبرز المؤيدون لوجهة النظر هذه (نوم تشومسكي)⁽⁴⁾ الذي أكد على التمايز بين الكفاءة والأداء⁽⁵⁾ أي بين ما يمكن أن يقوله ويختتمه الإنسان نظريا، وبين ما يقوله فعلا. ويعتقد تشومسكي أنه يمكن دراسة الخصائص الرياضية والشكلية للغة دون الرجوع إلى الكيفية التي يتم بها الاستخدام اللغوي. ويقارن وينوجراد⁽⁶⁾ بين هذا الاتجاه واتجاه علماء الفيزياء الذين يدرسون الميكانيكا دونأخذ عملية الاحتكاك في الاعتبار. وبهتم تشومسكي بالنحو الصوري، أي بأنظمة القواعد الصورية التي تحكم انتظام الرموز الأساسية arrangements of basic symbols إلى تحديد ملامح الأنحاء الكلية⁽⁷⁾ universal grammar كمجموعة مجردة وهو يعرفها كنظام من القوانين والشروط والقواعد التي تكون الأسس والخصائص لكل اللغات الإنسانية⁽⁸⁾. ويقر تشومسكي⁽⁹⁾ إن الأنحاء التي يهتم بها باللغة التعقيد، ولا يمكن تعلمها للبشر الذين يبدون من المبادئ العامة-أي الأنحاء الكلية- والتي يعتبرها تشومسكي موروثة innate أي جزءا من الجهاز البيولوجي للإنسان. ولهذا فإنه من غير المحتمل أن تكون من نفس نوع الأنحاء التي تستخدمها فعلا في تحليل العبارات والجمل.

وثلاث الأنشطة، وهو الذي سأحاول أن أؤيده في هذا الكتاب، يرفض الزعم البسيط لعلاقة ثابتة غير غامضة بين البنية السطحية للجملة-معنى التتابع الأفقي للحرروف لتكون الكلمات وتتابع الكلمات لتكون الجمل والعبارات-والبنية العميقية التي تحمل دلالته هذه الجملة. وعلى عكس ذلك تتمثل وجهة النظر المتخذة هنا في أن العمليات الاستدلالية inferential processes تلعب دورها بمجرد قراءة أو سماع أي جملة أو نص، وأن فهم النصوص اللغوية لا يختلف في جوهره عن فهم أي شيء آخر. ففي جميع الأحيان يتتأثر فهمنا للمعلومات التي نستقبلها بكل ما كنا نعرفه من قبل. ومن المؤكد أن لتركيب الكلام syntax دورا، ولكنه ليس بالدور الجوهرى في فهم اللغات الطبيعية. ونحن بالتأكيد لا نقسم فهمنا للجملة إلى مرحلتين:

الأولى تكون شجرة الإعراب syntactic tree، وتضع الثانية تحليلاً دلالياً لها. إن مثل هذا التصور لفهم اللغات الطبيعية هو الوحيد الذي يسعى لتفسير كيفية عمل عقولنا، وقد كان روجر شانك⁽¹⁰⁾ أكثر المؤيدين تحمساً له طوال الخمسة عشر عاماً الماضية، وليس الهدف هنا -كما كان في الماضي- بناء برامج لفهم اللغات الطبيعية بأي طريقة، بل تفسير وعرض طرقنا التي نستخدمها في الفهم.

فنحن نضع نظريات لفهم ثم نختبرها بواسطة برامج صممت، كما نأمل، بحيث تحاكي طرق الإنسان، آخذين في الاعتبار ردود أفعالنا الذاتية ومعرفتنا ودراون.

وينقسم هذا الجزء من الكتاب والمخصص للغات الطبيعية إلى سبعة فصول. ويعرض هذا الفصل بعض المعايير الأساسية التي يمكن استخدامها لتقويم درجة «فهم» مثل هذه اللغات. ويصف الفصل الثالث المحاولات الأولى (غير المثمرة) للترجمة الآلية والطرق التي استخدمت سابقاً لإجراء حوار، أقرب ما يكون إلى الحوار الطبيعي، مع الحاسوب.

ونتناول في الفصل الرابع البرامج الأولى التي كتبت لتحليل عبارات منفصلة مستخدمة النحو الصوري formal grammar أعدد في معظم الأحيان، كما يصف هذا الفصل المشكلة الرئيسية التي بربرت في هذا المجال. ويعرض الفصل الخامس لبعض الطرق التي استخدمت في هذا التحليل، أي طرق تحويل الصورة العادبة للجملة إلى الصورة الذي تمثل بها داخل الحاسوب. وبصف الفصل السادس بعض جوانب تحليل الكلام المنطق واحتلافه عن تحليل النصوص المكتوبة. ويتناول الفصل السابع المشاكل العملية لاستخدام اللغات الطبيعية في الاتصال بين الآلة والإنسان. وأخيراً يصف الفصل الثامن تغيراً ذا أهمية كبيرة في توجه معالجة اللغات الطبيعية، فلم تعد القضية الشاغلة هي تحويل الجملة من الشكل الذي أدخلت به إلى الحاسوب إلى شكل داخلي internal form يمثل معناها. بل أصبحت فهم النص واستخلاص مفاهيم دوافع المشاركين في الحوار. وأخذ يقل انتصار التحليل الصوري للجملة عن السياق الذي وردت فيه وكذلك عن الاستنتاجات التي يمكن التوصل إليها أثناء القراءة سواء تمت هذه القراءة بواسطة الحاسوب أو الإنسان.

بعض معايير الفهم

لن أحاول هنا تقديم تعريف للفهم سواء بالنسبة للإنسان أم الآلة. فكما شعرت في الفصل الأول بأنه رغم عدم قدرتي على تقديم تعريف للذكاء أمكنني أن أقدم عدة معايير يتصل كل منها بجانب مختلف من جوانب الذكاء مثل القدرة على التعميم، أو التعلم من الخبرات لتحسين الأداء في المستقبل، فإنه يمكنني هنا أيضا اقتراح عدد من المعايير يعكس كل منها إحدى درجات الفهم المتعددة:

1- القدرة على إجابة الأسئلة بطريقة ملائمة. إن قوة هذا المعيار تكمن طبعا في تطلب «كون الإجابة ملائمة» وبينما لا يمكن تعريف ذلك بشكل محدد تماما، فإنه يمكن التعرف على درجات مختلفة من الملائمة. فإذا وجهنا السؤال التالي «هل روما عاصمة فرنسا؟» فإن الإجابة البسيطة «لا تكون ملائمة، ولكن «لا، إنها باريس» أو «لا، روما عاصمة إيطاليا». تكون أكثر ملائمة.

2- القدرة على إعادة صياغة العبارات، شارحا معناها بطريقة أخرى.

3- القدرة على الاستنتاج، أي إعطاء النتائج المحتملة أو الممكنة لما قيل توا، ويشمل هذا المعيار المعايير الأخرى.

4- القدرة على الترجمة من لغة لأخرى. وتفترض المعايير الثلاثة أعلاه قدرة معينة على التجريد، تعكس إمكانية تكوين تمثيل دلالي وإدراكي للعلاقات السببية والتداعي بين مكونات الجملة، مع إعطاء أقل قدر ممكن من الأهمية للبنية الظاهرية. وسوف نبين فيما بعد عند مناقشة فشل المحاولات الأولى للترجمة الآلية إن أسباب هذا الفشل تكمن في الحقيقة في غياب القدرة على التجريد. ويجب أن نوضح هنا أن القيام بالاستنتاجات يمكن أن يشمل توضيح كل ما هو متضمن في النص، وتحديد دوافع الناس للأفعال الواردة في النص.

5- القدرة على التعرف على المسميات. إن إحدى المكونات الهامة لقدرتنا على الفهم هي إدراكنا أنه يمكن الإشارة إلى نفس الشيء أو الشخص بعده طرق، كما يحدث عندما يستبدل اسم شخص أو مجموعة بضمير. ويطلب إيجاد المرجع الصحيح في بعض الأحيان قdra كبيرة من المعرفة أو الاستدلال.

6- الأداء الناجح لاختبار (تورينج) للذكاء فقد تخيل (الآن تورينج Alan

Turing عالم الرياضيات الإنجليزي الاختبار التالي: نفترض أننا نستخدم محطة طرفية ولوحة مفاتيح وشاشة عرض، ونحن نعرف أن المحطة الطرفية توصل أحياناً بالحاسوب وأحياناً أخرى بـإنسان، ولكننا لا نعرف أبداً بأيهما هي موصلة في أي وقت من الأوقات. فإذا أجرينا حواراً باستخدام هذه المحطة الطرفية، ولم نستطع بعد فترة من الزمن معرفة ما إذا كانت موصلة بالحاسوب أم بالإنسان فإنه يمكن القول إن البرنامج ذكي. ويستطيع القارئ المهتم بهذه الفكرة أن يقرأ عنها في كتاب دوجلاس هوشتادر⁽¹¹⁾. ونحن لا نحتاج إلى القول إنه لم ينجح أي برنامج حتى الآن⁽¹²⁾ في أداء هذا الاختبار. ومعظم البرامج القليلة التي أمكن لها أن تستمر عدة دقائق في الاختبار قبل فشلها تحاكي سلوك الطبيب النفسي.

وتعمل المعايير الخمسة الأولى بجوانب مختلفة لعملية الفهم بينما يتضمن السادس كل هذه المعايير، ويجب تحقيق كل من المعايير الخمس قبل النجاح في اختبار المعيار السادس.

الحواشي والمراجع

- (1) يعني المؤلف بالأنشطة هنا فروع ومجالات البحث المختلفة لمعالجة اللغات الطبيعية والتي بدورها إحدى فروع الذكاء الاصطناعي. (المترجم).
- (2) لغة الحاسوب الدنيا تستخدم الصفر والواحد فقط وهي اللغة التي تفهمها الآلة، أما لغات الترجمة العليا (مثل ليسب وبرولوج.. آخ)، فهي تستخدم كلمات وألفاظ من اللغات الطبيعية. (المترجم).
- (3) ترمز «س» هنا للمجهول، وعلامة الاستفهام ترمز إلى أن هذا هو ما نريد معرفته، أي أنها نريد معرفة دلالة «س» حين يكون صاحب عمل «س» هو «جون سميث وشركاه»، وأن يكون الراتب السنوي الذي يتضمنه «س» يزيد عن عشرة آلاف جنيه. (المترجم).
- (4) Chomsky, N. (1965), Aspects of the Theory of Syntax. Cambridge, Mass., MIT Press.
- (5) اهتم شومسكي بالفصل بين الكفاءة competence والأداء performance لأن علماء المدرسة البنوية كانوا يهتمون بالنص اللغوي ويعددون هدف البحث اللغوي بوضع القواعد التي تحكم الاستخدام اللغوي الواقع فعلاً من خلال النص سواء كان مكتوباً أو منطوقاً، وقد أوضح شومسكي أن النظرة المتفحصة في الكلام توضح أن به العديد من الأخطاء ويتأثر بالحالة النفسية والمزاجية ودرجة التركيز لدى المتكلم ولهذا فهو لا يعبر تعبيراً دقيقاً عن المعرفة اللغوية لدى المتكلم، وحدد هدف البحث اللغوي بتحديد المعرفة اللغوية لدى المتكلم competence والتي تتضمن الأحكام التي يصدرها المتكلم على صحة أو خطأ عبارة ما. (المترجم).
- (6) Winograd, T. (1977). On Some Contested Suppositions of Generative Linguistics about the Scientific Study of Language:, Stanford Artificial Intelligence Laboratory Memorandum, AIM-300.
- (7) الأنحاء جمع نحو، ونقصد بها هنا جمع القواعد والقوانين-سواء كانت صوتية أو صرفية أو تراكيبية أو دلالية-التي تحكم فهم وتوليد الكلام.
- (8) Chomsky, N. (1975) Reflections on Lanugage. New York, Pantheon Books.
- (9) Chomsky, N. (1982), Rules and Representation, in The Behavioral and Brain Sciences.
- (10) Schank, R. C. (1975), Conceptual Information Processing, New York, North, North Holland.
- (11) Gofstadter, D. (1977), Godel, Escher, Bach. An Eternal Golden Braid. New York, Basic Books.
- (12) Dresher, B. E., Hornstein, N. (1976) On Some supposed Contributions of Artificial Intelligence to the Scientific Study of Language". Cognition 4, pp. 321-398.

عصر معالجة اللغات

الطبيعية

مقدمة

نستخدم كلمة «معالجة» بدلاً من «فهم» عن قصد لأن الفترة الزمنية التي يتتناولها هذا الفصل تتميز بغياب أي تمثيل داخلي للمفاهيم والأفكار⁽¹⁾، التي يمكن أن تستخلص من النص. ولم يتعد الأمر اللعب (أو التلاغ) الشكلي بالرموز، ويتضمن ذلك التحليل الإحصائي للنص مثل حساب عدد مرات تكرار كلمات معينة في خطاب سياسي مثلاً. ولا تشكل هذه الطرق الإحصائية أو طرق اللعب بالكلمات جزءاً من الذكاء الاصطناعي ولكنها كانت تمثل بشائره، ولهذا السبب نصفها بإيجاز في هذا الفصل.

المحاولات الأولى للترجمة الآلية:

يمكننا أن نحدد أن الأفكار الأولى للترجمة من لغة لأخرى بواسطة الحاسوب قد ظهرت في نهاية عام 1946 في مناقشة بين وارن ويفر وأندروبووث⁽²⁾، وكانت وجهة نظرهما في ذلك الوقت أنه يمكن استخدام الطرق المستخدمة في حل الشفرات

السرية والتي اعتمدت على جداول التكرار النسبي للحروف في الترجمة الآلية. وعلى هذا لم يهدفا لتحقيق أي فهم للمعنى المضمن في النص، وركزا على المعالجة الشكلية للنص باعتباره مكونا من حروف أو كلمات متتابعة.

وكانت الصعوبات التي تبعها تتعلق بإدخال قواميس كاملة بدرجة كافية لكل من اللغتين (المترجم منها وإليها) وانتقاء المعنى الصحيح للكلمات ذات المعاني المتعددة وتناول أنظمة ترتيب الكلام للغات المختلفة، حتى عندما تكون مشابهة بنيويا.

ولقد ضمت برامج الترجمة الأولى قواميس بها التصريفات الكاملة لكل فعل بدلاً من أن تحتوي على جذور الأفعال وقواعد تصريف المصادر. وقد أعطى أول برنامج للترجمة الآلية من اللغة الروسية إلى الإنجليزية عدة قوائم لكل كلمة روسية بها كل الترجمات المحتملة في الإنجليزية دون تحديد أي منها هي الصحيحة. وهكذا لم تصل هذه البرامج حتى إلى مرحلة الترجمة الحرافية.

وتلاشى بسرعة الاهتمام بالترجمة الآلية خلال السبعينيات بعدما يقرب من خمسة عشر عاما من الجهد الذي لم يثمر كثيرا. ولقد بين (بار هيليل) Bar Hillel أن الترجمة الآلية تتطلب أن يزود الحاسب بقاعدة من المعرفة يبلغ حجمها دائرة معارف كاملة، وهو ما اعتبره بوضوح أمراً غير واقعي. ولكي نفهم لماذا كان ثمرة جهد هذه السنين بسيطا، يجب أن نتذكر أنه لم تكن لدى أي شخص في ذلك الوقت فكرة عن كيفية إدخال قواعد النحو إلى الحاسوب الآلي، وأن برامج الحاسوب كانت لا تزال تكتب بلغة الآلة machine language، وأن فكرة اللغة التكرارية Recursive Language⁽³⁾ كانت في بدايتها الأولى.

وكان الدرس الذي تعلمناه من هذه الجهد هو استحالة الترجمة بدون فهم النص. وكان لابد من وسائل لتمثيل معنى الجملة، أو جزء من النص، ولحل غموض بعض الكلمات⁽⁴⁾ كان يتعتمد الرجوع إلى سياق الكلام، وربما إلى نموذج للعالم المتصل بالنص. وقد استأنف البحث في ميدان الترجمة الآلية ثانية بعد فترة عشر سنوات، أو أكثر، عندما أصبح هناك فهم أفضل لهذه الاحتياجات.

مرحلة ما قبل استخدام المعاني

يميز الفترة ما بين عامي، 1960 و 1970 م اتجاهان يربط بينهما عدم البحث عن أي معنى في الجملة أي عدم محاولة بناء تمثيل رمزي لعلاقتها بالعالم. ويتمثل الاتجاه الأول في استخدام قواعد النحو التحويلي لتوليد عدد من العبارات بواسطة تطبيق قواعد تحويلية متتابعة حتى تجد جملة تطابق الجملة المعطاة أصلاً⁽⁵⁾، إلا أن مثل هذا المنهج فقد فائدته نتيجة لانفجار التجميعي combinatorial explosion بسبب العدد الهائل من التحويليات التي يمكن أن تستمد من البنية الأولية. أما الاتجاه الثاني فقد استخدم الكلمات المرشدة Key Words أو تتبع من الكلمات كأنماط لاستخراج المعلومات من الجمل المراد تحليلها⁽⁶⁾. ويعتبر إليزا ELIZA برنامجاً نموذجياً لهذا الاتجاه. وتحصر قيمة إليزا اليوم في أهميته التاريخية، إلا أنه يوضح جيداً كيف يمكن لمثل هذه البرامج أن تعطى إيحاء بالفهم.

ويحاكي إليزا عمل الطبيب النفسي الذي يتبع مدرسة التداعي الحر ويستطيع أن يدخل في حوار مع المريض باللغة الطبيعية، كما في المثال التالي الذي يتحدث المريض أولاً ثم يجيب إليزا على تساؤلات المريضة.

المريضة: جميع الرجال متشابهون.

إليزا: من أي وجه؟

المريضة: من حيث إنهم يضايقوننا بطريقة أو بأخرى

إليزا: هل يمكنك أن تفكري في مثال محدد؟

المريضة: حسناً، إن حبيبي طلب مني أن أحضر هنا.

إليزا: حبيبك جعلك تحضررين هنا؟

المريضة: إنه يقول إنني مكتئبة معظم الوقت.

إليزا. إنني آسف لسماع أنك مكتئبة

ويعمل برنامج إليزا وفقاً لمبدأ بسيط جداً، فهو يخزن في ذاكرته عدداً من أزواج الكلمات أو مجموعات الكلمات: أول كل زوج. أما كلمة إرشادية أو نمط من الكلمات يبحث عنها البرنامج في العبارة التي يدخلها مستخدماً البرنامج، والجزء الثاني من الوحدة تمثل الرد الذي يعطيه البرنامج، ولذلك فإن نفس الإجابة تولد كلما تعرف البرنامج على الكلمة الإرشادية أو النمط. فمثلاً يخزن إليزا الزوج التالي:

(*) أم (*) أخبريني عن والديك).

والقصد بالنجمة قبل وبعد كلمة «أم» أنه يمكن أن تعبّر عن أي كلمة أو عدد من الكلمات بحيث لا يغير البرنامج اهتماماً لما بعد أو قبل كلمة أم. و«أخبريني عن والديك» تمثل إجابة البرنامج كلما وجد في العبارة التي يدخلها مستخدم البرنامج كلمة «أم».

ويعطي هذا الحوار التالي.

المريضة: اعتادت أمي أن تضربي وأنا صغيرة.

إليزا. أخبريني عن والديك.

وتبدو إجابة إليزا هنا طبيعية بدرجة كافية ولكن نفس البرنامج يعطي الحوار التالي.

المريضة: إن أم الأمير تشارلس سوف تذهب إلى فرنسا غداً.

إليزا: أخبريني عن والديك.

ولا شك أن إجابة إليزا الأخيرة غير ملائمة بالمرة.

ويستطيع إليزا في نسخته المتطورة جداً أن يقوم بتحويلات عديدة من أجزاء النمط الذي تمثله النجوم. وبوجه خاص يمكنه أن يستبدل صيغة المتalking المفرد بصيغة المخاطب وبذلك يولد جملًا صحيحة ومناسبة، وفقاً لقواعد اللغة ويظهر هذا في إجابته ... أنت مكتبة.. ردًا على «... إني مكتبة...» في المثال السابق.

وتبدو أوجه قصور مثل هذا الاتجاه واضحة، فأولاً: توقع التنبؤ وإعطاء إجابات لكل الجمل الممكنة، أمر غير واقعي. وثانياً: لم يتضمن البرنامج أي تمثيل لمعاني الجمل أو المفاهيم التي يمكن استخدامها، ولهذا ليس مثل هذا البرنامج أي تأثير على عملية فهم اللغة الإنسانية.

وهناك برامج قليلة أخرى من هذه الفترة ما زالت تذكر لأخذها الخطوات التجريبية الأولى نحو إظهار بعض درجات الفهم، وأحدها برنامج الطالب⁽⁷⁾ لدانيل بوبورو Daniel Bobrow، من MIT والذي يحل المسائل البسيطة في علم الجبر بلغة طبيعية. وقد استخدم أيضًا أنماطًا مثل:

(*) ١ هو * ٢ * ٣ (ما هو * ١ ل ٤٢)

وتعتمد طريقة برنامج «الطالب» في الحل على قواعد التاسب وت تكون الإجابة من «ملء الفراغات» في أنماط ثابتة.

ويستطيع برنامج وليم كولبي⁽⁸⁾ المعروف باسم باري والذي يحاكي سلوك شديد الشك والارتياح، أن يقوم بحوار بلغة طبيعية مثل إليزا. إلا أن طريقة عمله أكثر تعقيدا لأنها يحوي مؤشرات مرتبطة بكلمات معينة مثل «الخوف، العار، الغضب» تعطي بموجبها درجات مختلفة من الحدة للعبارات التي يدخلها «المريض» بحيث تختلف إجابة البرنامج باختلاف مضمون المحادثة. وعلى أي حال تتطبق أوجه النقد الموجه إلى إليزا تماما على برنامج الطالب وعلى باري.

الحواشي والمراجع

- (1) تميزت برامج معالجة اللغات الطبيعية بعدم تمثيل المعنى الدلالي للجملة وقد ساد الاعتقاد في ذلك الوقت أن مجرد التلاعُب الشكلي بالكلمات قد يكفي. فإذا أردنا مثلاً ترجمة جملة مثل: «John left for Cairo»، وكان لدينا قاموساً ثانياً اللغة، أن نقول للبرنامج ضع الفعل في المكان الأول في الجملة العربية، وهكذا يترجم البرنامج الجملة إلى «غادر جون إلى القاهرة». ورغم أن الحاسوب قد قام في هذه الحالة بترجمة صحيحة، إلا أن ذلك تم دون أي تحليل لمعنى الجملة، ولهذا أعطت بعض برامج الترجمة الآلية والتي عملت عليها بنفسها في كاليفورنيا بالولايات المتحدة الترجمة التالية: «معدل الاهتمام ورد بوأحد في المائة» للجملة الإنجليزية Interest rate rose by 1% (المترجم).
- (2) Weaver, W. (1995), Translation, in Locke & Booth (eds) Machine Translation of Languages, New York, Technology Press of MIT and Wiley.
- (3) يوصي برنامج بأنه تكراري recursive إذا استطاع أن يكرر نفسه. وليس كل لغات البرمجة تسمح بذلك، فلغة COBOL مثلاً لا تسمح بذلك. أما تكرارية اللغة فقد أشار إليها تشومسكي (Chomsky 1965)، وهي أنها يمكن أن تكون جملًا لا نهاية لها عن طريق تكرار تطبيق القواعد التكرارية. فمن المعروف مثلاً أنها يمكن أن نضع الصفة بعد الاسم في اللغة العربية مثل «الله القوي» ويمكننا أيضًا أن نضيف صفة ثانية مثل «الله القوي الغفور» ويمكن أن نضع صفة ثالثة مثل «الله القوي الغفور الرحيم» وهكذا ولا يوجد نقطة معينة يصبح فيها إضافة صفة أخرى غير ممكنة لغويًاً. وفي الإنجليزي يمكن لنا قول.. Mary has flat feet.. ويمكن إضافة جملة جديدة ونقول: I think that Jhon suspects that Marry has flat feet و يمكن أيضًا أن نضيف جملة ونقول that Mary has flat feet. وهكذا (المترجم).
- (4) معظم كلمات اللغة غامضة أي أن لها أكثر من معنى وأي نظرية إلى القاموس توضح ذلك بخلافه. ففي المورد لمثير البهلواني أحد عشر معنى على الأقل لكلمة «hit» وكلمة مثل play يمكن أن تكون اسمًا مثل a أو فعلًا played وعلى الحاسوب أن يقرر أي معنى هو المستخدم في العبارة التي يحللها. وقد ثبت أن هذا في منتهى الصعوبة لأنه يتطلب معرفة لغوية كاملة ومعرفة باليقان ومعرفة بالعالم. (المترجم).
- (5) Petrick, S. R., (1973) Transfomational Analysis Rustin (ed) Natural language Processing, New York, Agorithmics Press, pp. 27-41.
- (6) Weizenbaum, J. (1966), Eliza, a Computer program for the study of natural language communication between man and machine. CACM 9, pp. 36-45.
- (7) Bobrow, D. G. (1986) Natrual language input for a computer problem-solving system, in Minsky, M. (ed) Semantic Information Processing, cambridge, Mass., MIT Press, pp., 133-215.
- (8) Colby, K. M., weber, S., & Hilf, F. D. (1972) Artifical paranoia in Artificial Intelligence 3.

٤

فهم الجمل المنفصلة

يصف هذا الفصل البرامج الأولى لتحليل اللغة الطبيعية باستخدام النحو. وقد اقتصرت هذه البرامج على تحليل الجمل منفردة وبمعزل عن الجمل الأخرى، وأمكنها الوصول إلى المعاني المنفصلة بدون أي محاولة للتكامل مع النص ككل. وقد ظهرت أول طرق تمثيل المعنى في نظرية روجر شانك Roger Schank لترابط المفاهيم.

مرحلة «المعاني والتراث»

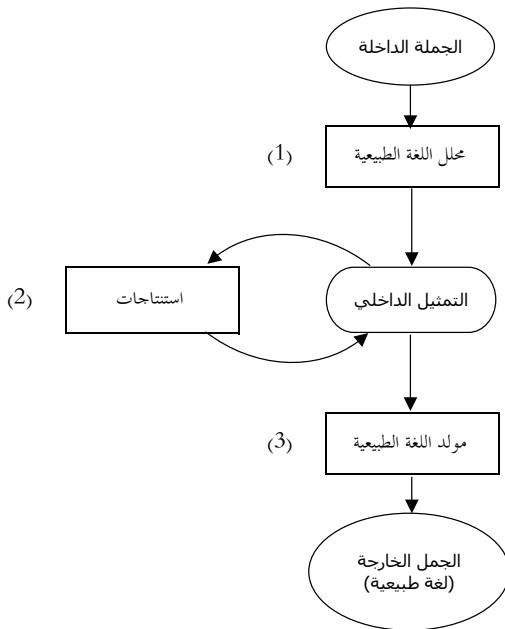
ارتبطت بداية هذه المرحلة (حوالي عام 1970 م) بفقدان الأمل في إمكانية تمثيل نحو لغة بأكملها داخل الحاسوب، وقصر الباحثون جهودهم على تراكيب لغوية محددة تتصل اتصالاً وثيقاً باختبارات التحليل الدلالي. وكان أول برنامجين يدلان على هذا التغير برنامجي شردو^(١) Shrdlu لويونجراد ولوثار^(٢) Lunar لورود. وتميز هذه المرحلة أيضاً بقصر هدف الفهم على الجمل المنفردة دون محاولة ربط هذه الجمل بنص كامل.

وعادة ما ينظم البرامج الكامل لمعالجة اللغات الطبيعية بالطريقة المبينة في شكل ٤-١. وتضم الأشكال البيضاوية المعلومات -بأشكالها المختلفة-

التي سيتم معالجتها، أما المستطيلات فتضم البرامج الفرعية التي تؤدي التحويلات المطلوبة بين هذه الأشكال.

وحيث إنه لا يوجد اتفاق عام على ما ينبغي على «التمثيل الداخلي» أن يحتويه أو على ماهية معنى الجملة، فإن تقسيم معالجة اللغات الطبيعية إلى ثلاثة برامج فرعية كما هو مبين هنا يكون اختياريا تماما، فيمكن مثلا أن تبدأ عملية الاستنتاج قبل انتهاء عملية التحليل. علاوة على هذا فليس بالضرورة أن يحتوي كل برنامج على خطوات استدلالية.

فالمطلوب عادة من برنامج يستخدم اللغة الطبيعية لاستخلاص المعلومات من قاعدة للبيانات أن يستخلص المعلومة الصحيحة، إلا أنه قد يوجد برنامج أكثر تقدما لتأويل الاستفسارات الغامضة. ويفضل بعض الباحثين مثل كولون⁽³⁾ وكايizer coulon Kayser مفهوم التفسير بدرجات مختلفة من العمق على التمثيل الداخلي.



شكل 4 - 1 تخطيط قياسي لفهم اللغات الطبيعية

فهم الجملة المفصلة

إن برامج توليد النصوص أداة نافعة جداً لإظهار ما قد يفهمه نظام ما، فهو يضع التمثيل الداخلي الذي يحتوي على المعنى في جمل صحيحة لغوية. ويمكن أن نذكر هنا ميهان⁽⁴⁾ T.Meehan وماكدونالد⁽⁵⁾ D, McDonald إلا أن البحث في هذا المجال لم يجذب كثيراً من الباحثين في الذكاء الاصطناعي، فقد اهتم أكثرهم بظاهرة الفهم، لذلك سنقتصر هنا على تناول عملية التحليل والاستدلال، ولن ننظر دائماً إليهما باعتبارهما منفصلين تماماً.

إن البرنامج الذي ظل مشهوراً في تاريخ الذكاء الاصطناعي هو برنامج «شلدلو» بلا شك، الذي وضعه تيري وينوجراد في MIT. ويحاكي هذا البرنامج عمل إنسان آلي لديه القدرة على تناول عدة أشياء ذات أشكال مختلفة مثل المكعبات والأهرامات الموضوعة على منضدة، ويمكنه أن يتحدث بلغة طبيعية مع شخص ما وأن يجيب على أسئلته حول هذه الأشياء. ولقد ضم وينوجراد في برنامجه قواعد لغوية مستمدّة من «النحو النسقي» systemic grammar لهاليدي⁽⁶⁾, Halliday وهو عبارة عن نظام من الشبكات المنطقية التي تعبّر عن خواص معينة للوحدات التركيبية، خاصة لحالات الأفعال وأزمنتها وبنائتها (المعلوم أو المجهول). وتستخدم بعض المعاني الدلالية أثناء التحليل اللغوي مما يؤدي إلى خفض عدد البناءات الممكنة للجملة بما لو طبقنا المعايير التركيبية وحدتها.

وفيما يلي مثال لحوار حقيقي لبرنامج شلدلو:
مستخدم البرنامج: كم عدد الأشياء الموجودة على قمة المكعبات
الحاضرة؟

شلدلو: أنا غير متأكد مما تعنيه بعبارة «على قمة» في الجملة «على قمة المكعبات الحاضرة».

هل تعني:

- 1- مباشرة على السطح.
- 2- في أي مكان أعلى المكعبات.

مستخدم البرنامج: 2

شلدلو: هناك ثلاثة أشياء

مستخدم البرنامج: هل لست أي هرم قبل أن تضع الهرم الأخضر

على المكعب الصغير؟
نعم، المكعب الأخضر
متى التقاطه؟
عندما كنت أقوم برص المكعب الأحمر، والكتلة
الحرماء الكبيرة والمكعب الأخضر الكبير.
ولماذا التقاطه؟
القططه كي أتخلص منه.
شردلو: مستخدم البرنامج:
شردلو: مستخدم البرنامج:
شردلو: وهكذا.

ويبين هذا تمكّن شردلو من حل المسائل التي يتطلّب حلها الرجوع إلى ما سبق ذكره، مثل تحديد أي اسم أو عبارة اسمية يعود إليها ضمير ما. كما يبيّن البرنامج أنه «مدرك» للوسط المحيط به، وبذلك يكون قادرًا على الإجابة على أسئلة عن العلاقات بين الأفعال المختلفة.

وكان ويليام وودز يقوم في نفس الوقت تقريباً باستخدام طريقة المعروفة بشبكة الانتقال المعززة ATN Augmented Transition Network (انظر الفصل التالي) لبناء برنامج «LUNAR» للتحاور مع قاعدة بيانات باللغة الطبيعية. وت تكون قاعدة البيانات هذه من معلومات عن عينات من صخور القمر التي جمعها رواد فضاء من NASA (الهيئة الأمريكية القومية للفضاء). ويتم تحليل الأسئلة التي توجه للبرنامج على ثلاثة مراحل:

- أ- تحليل تركيبي، يبني شجرة الأعراب أو عدة شجرات إذا أمكن.
- ب- تحليل دلالي للشجرة أو الشجرات يبني التمثيل الداخلي للاستفسار.
- ج- الاستجابة للطلب المتضمن في التمثيل الداخلي للسؤال، وينطوي هذا على البحث عن المعلومات المطلوبة في السؤال وإعداد الرد باللغة الطبيعية.

ويشمل البرنامج ما يقرب من 3500 كلمة بالإضافة إلى قواعد النحو. ويستطيع برنامج التحليل اللغوي أن يعرض فهماً محدوداً لعلاقة الضمائر بالأشياء التي ترجع إليها وكذلك التركيبات المطمورة مثل العبارات الموصولة داخل الجملة الرئيسية.

وقد كان لبرنامج LUNAR تأثير عظيم جداً على تطور برامج اللغات الطبيعية بسبب تقنياته المستخدمة لشبكة الانتقال المعززة ATN والتي

فهم الجملة المفصلة

أصبحت واحدة من أكثر الطرق شيوعا في معالجة اللغات الطبيعية خلال السنوات العشر الماضية.

وفيما يلي أمثلة من الأسئلة التي يمكن أن يتناولها:

- ما هو متوسط تركيز الألمنيوم في صخور مرتفعة القلوية؟

- كم عدد العينات التي تحتوي على خامس أكسيد الفوسفور؟

وقد قام C.Riesbeck, C.Rieger, and N.Goldman تحت إشراف رoger شانك

بناء برنامج مارجي⁽⁷⁾ MARGIE الذي يحول عبارات من اللغة الطبيعية إلى شكل من الترابط الفكري، وسوف نقوم بوصف هذه العملية فيما بعد. ويمكن للجزء الرئيسي في البرنامج إما أن يعيد صياغة الجمل الداخلية إليه، أو أن يقوم باستنتاجات عن العالم الفكري الذي يكونه بالمعنى إما في أشياء معينة موجودة في ذلك العالم، أو في دوافع الناس التي تسكنه.

وفيما يلي مثال على قيام مارجي بإعادة الصياغة:

الجملة الداخلية: خنق جون ماري.

خرج: 1- قتل جون ماري بأن خنقها.

2- خنق جون ماري وماتت لأنها لم تستطع أن تتنفس.

3- ماتت ماري لأنها لم تستطع أن تتنفس، ولم تستطع أن تتنفس لأن جون عصر رقبتها.

وهذا مثال على قيام مارجي بالاستنتاج

الجملة الداخلية: أعطى جون ماري حبة أسبرين.

خرج: 1- أعتقد جون أن ماري تريد أسبرين.

2- لم تشعر ماري بأنها على ما يرام.

3- أرادت ماري أن تتحسن.

وهناك نظرية أخرى كان لها نجاح كبير بين الباحثين في الذكاء الاصطناعي، خاصة الذين لا يعتبرون التحليل التركيبي حلولاً لمشكلة استخراج المعنى، وهي نظرية (نحو الحالات الإعرابية). ونورد هنا شرحاً موجزاً لها وعلى القارئ المهتم أن يرجع إلى المقال الأصلي لـشارلس فيلمور⁽⁸⁾.

إن الفكرة الأساسية في نحو الحالات الإعرابية أنها تعتبر الفعل هو المكون الرئيسي للجملة، وتدرس العلاقة بين مجموعات المركبات الاسمية

المربطة به: بمعنى أن تحدد حالة كل منها الإعرابية. وفي اللغات التصريفية innectional languages يمكن أن تظهر حالة الاسم بوضوح على شكل نهاية خاصة ينتهي بها بصرف النظر عن موقعه من الفعل في الجملة، وهكذا نجد في اللغة البولندية: Chlopiec je gruszke يأكل اللولد الكثمري. ويمكن أن تكتب أيضا: Gruszke je chlopiec. فحقيقة أن «الولد» (chlopiec) هو فاعل الفعل تظهر بالنهاية «-ec» للفاعل، وأن «الكمثري» (gruszke) هي المفعول به تظهر بنهاية المفعول «-e». أما في اللغة الإنجليزية فلا تصرف الأسماء بحسب حالتها الإعرابية، وأقرب شبهة لصرف الأسماء هو حالات الضمائر مثل he/ him, we/us. ويوضح فيلمور أن تصنيف النحو التقليدي لتكوينات الجملة مثل المفعول به والفاعل.. الخ لا تقييد إلا باعتبارها ظواهر سطحية لوظائف أعمق من الحالات الإعرابية. وترتजز وجهة نظره على ملاحظات كالتي تبينها الجملة الثلاث التالية:

- 1- كسر جون النافذة بالمطرقة. John broke the window with the hammer.
 - 2- كسرت المطرقة النافذة. The hammer broke the window.
 - 3- انكسرت النافذة. The window broke.
- فالفاعل في كل جملة من الجمل الإنجليزية مختلف، رغم أن الفعل واحد بمعنى أنه يمكن لكل من المركبات الاسمية الثلاث أن تؤدي نفس الدور التركيبي «الفاعل» رغم أن وظيفة كل منها بالنسبة للفعل مختلفة، وبالعكس فإن فاعل الفعل هو (جون)، والأداة هي (المطرقة) ومن وقع عليه الفعل (النافذة) تبقى ثابتة في الجمل الثلاث مع أنها متضمنة جزئيا في الجملتين الأخيرتين.
- وتقترب كثيرا نظرية الترابط الفكري لشانك من فكرة (نحو الحالات الإعرابية)، وينحصر الفرق الرئيسي بينهما في أنه يربط الحالة الإعرابية للمركب الاسمي بالتكوينات الدلالية الأولية للأفعال «primitives of verbs» والتي سنقدم تعريفا لها في الفقرة التالية.

نظريّة الترابط الفكري Conceptual Dependency

طور روجر شانك⁽⁹⁾ هذه النظرية كوسيلة للتمكن من تمثيل الجمل

فهم الجملة المتفصله

البساطة بواسطة وصف منطقي يبين العلاقات بين المفاهيم المختلفة التي تدخل في هذه الجمل. ويمكن تلخيص الأفكار الرئيسية فيما يلي:

أ- يجب أن يكون لجملتين من نفس اللغة أو من لغتين مختلفتين نفس التمثيل الداخلي إذا كان لهما نفس المعنى وحتى إذا كانت بنيتهما التركيبية مختلفة تماماً.

ب- يجب أن تظهر كل المعلومات المتضمنة في الجملة في التمثيل الداخلي. بشكل صريح. فالجملة «ذهبت إلى ثلاثة صيدليات هذا الصباح» تقود السامع إلى افتراض أنتي قد فشلت في الحصول على ما أريد من الصيدليتين الأوليين، ويجب أن يكون هذا الاستنتاج جزءاً من «معنى» هذه الجملة.

ج- يعبر عن كل فعل بمكوناته الدلالية الأولية: وبذلك تكون المكونات الدلالية للفعل «يشرب» مثلاً «يدخل إلى المعدة» ويمكن أن تعني أيضاً «يبدلع» و«يأكل». ويرتبط الوصف المنطقي schema بكل المكونات الدلالية، ويجب أن يكتمل، على الأقل جزئياً، قبل أن تبدأ عملية الفهم.

ويتمثل معنى الجملة بوصف منطقي يسمى «الترابط الفكري» ويحتوي على مقولات (أو عقد في الشبكة) من أربعة أنواع:

1- الصور وهي متساوية للأسماء.

2- العمل أو الفعل وهو مساو للأفعال أو مجموعات الأفعال.

3- معاونات الصور وهي تصف الصور أو تعدلها وبذلك تكون متساوية للصفات.

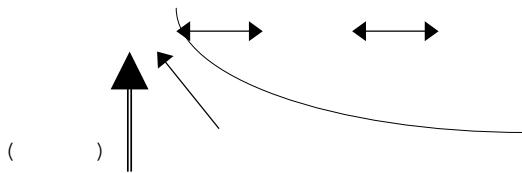
4- معاونات الأعمال أو الأفعال، وهي تصف الأفعال وبذلك تكون متساوية للظروف، أما الترابطات أو العلاقات فهي ما يلي:

(أ) اعتماد متبادل بين مفهومين أو فكرتين، وبين أن كلاً منها ضروري، ويحدث هذا غالباً بين الصورة والفعل.

(ب) اعتماد من جانب واحد بين الفعل وتعاون الصورة (أي بين الفعل والمفعول به) أو بين الصورة وتعاون الصورة (أي بين الاسم والصفة: المترجم).

(ج) اعتماد من جانب واحد بين صورتين (مثل الإضافة: المترجم).

وهكذا تكون الخطوط التوضيحية للترابط الفكري لجملة «مع هنري سيارته الجديدة» كالتالي:



شكل 4-2 مع هنري سيارته الجديدة

وللتمييز بين تمثيل الترابط الفكري وقواعد نحو الحالات الإعرابية دعنا نتناول جملة «أغضب جون هنري». ونعرض التمثيل النحوي لهذه الجملة في شكل 4-3.

ويعرض الترابط الفكري لعلاقات السببية causative معبرا عنه بالرمز $\uparrow\downarrow$ ففي جملة «أغضب جون ماري» نجد أن جون قد أدى فعلًا ليس واضحًا فنحن لا نعرف ما هو. المترجم)، ونعبر عنه بـ يفعل DO، ونتيجة لهذا الفعل أصبح هنري في حالة غضب. ويوضح شكل 4-4 تمثيل الجملة في نحو الحالات الإعرابية حيث ترمز «م» إلى الزمن الماضي.

وهكذا، لكي نبسط المسألة بشكل ما، فإن عملية تمثيل المعنى لجملة ما يتكون من ترابط الأصول الأولية للأفعال وتكميلة الأبنية المرتبطة بها، وهناك ما يقرب من 12-14 من الأصول الأولية نذكر بعضًا منها:

تحويلات مجردة: وتبين الفكرة المجردة لنقل شيء إلى شخص آخر (مثل يعطي)، أو للنفس (مثل يأخذ) أو تحويل فوري لأشياء عديدة (مثل الشراء والتي يمكن أن يتضمن تحويل نقود وبضائع).

تحويلات محسوسة: وتبين تحويل الأشياء المحسوسة من مكان لآخر، مثل «يذهب» مشيرة إلى انتقال الإنسان نفسه من مكان لآخر أو «يضع» مشيرة إلى شيء محسوس.

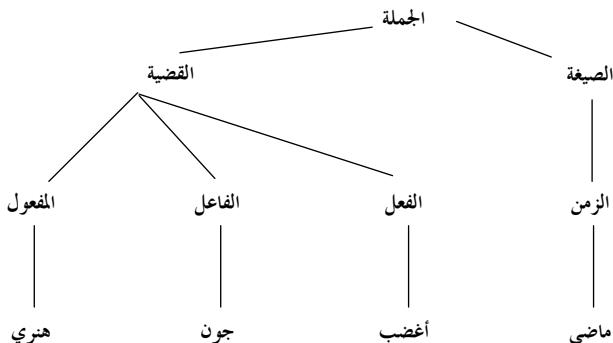
بناء: وتشير إلى العملية العقلية لبناء معلومات جديدة من معلومات سابقة، مثل يقرر، يستنتاج، يتخيل، يستدل، ويعتبر.

ال الحديث: وتشير إلى إصدار الأصوات مثل يتكلم، يغني، يصرخ.

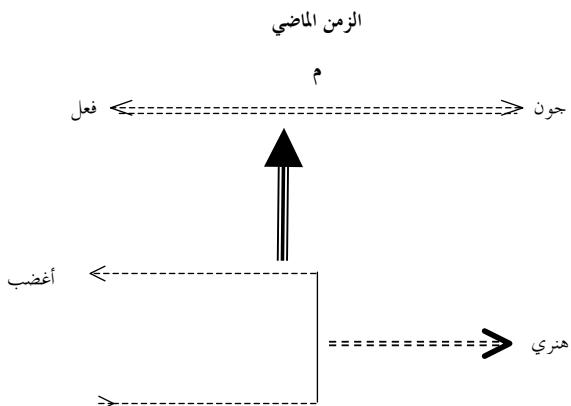
التنبه: وتشير إلى استخدام أحد أعضاء الحواس للاستجابة إلى مثير

فهم الجملة المتفصله

مثل يسمع ويرى.
الطرد: ويشير إلى إخراج الحيوان لشيء مثل يتنفس، يصرخ، يبصق، أو يصرخ.

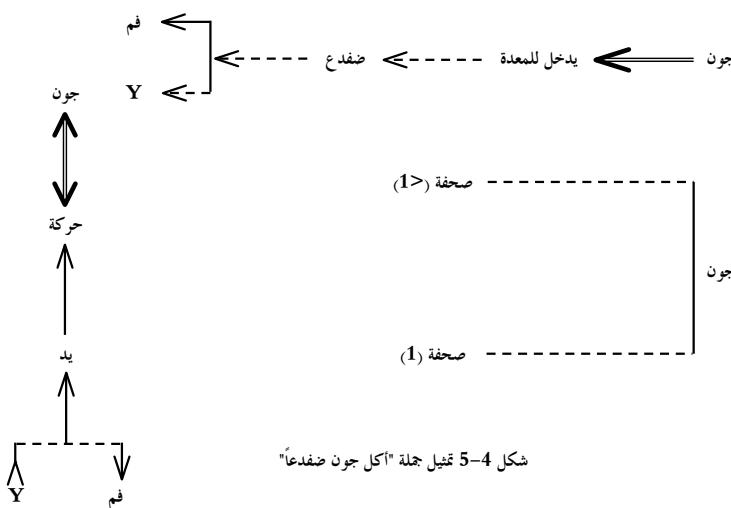


شكل 4 - 3 تمثيل نحو الحالات الإعرابية جملة "أغضب جون هنري"



شكل 4 - 4 تمثيل للترابط الفكري جملة "أغضب جون هنري"

ويعطينا شكل 4-5 تمثيلاً لجملة «أكل جون ضفدعًا»، ويعني هذا أن جون قد أدخل إلى معدته ضفدة، وهي تلك التي حصل عليها، بأن أخذها في يده وحملها إلى فمه. ونتيجة لذلك فإن صحة جون سوف تعاني بالتأكيد. إن هذا الاستنتاج الأخير هو بالتأكيد مظهر للتفكير الأساسي لروجر شانك. إن برنامج ريزبيك Riesbeck للتحليل الفكري -والذي استخدم في التوصل إلى هذا التمثيل- يتأثر بالتمثيل النهائي المتوقع إلى حد كبير وهذا يولد بدوره التوقعات الممكنة. وسوف نعرض في الفصل الخامس صورة لهذا البرنامج. وقد قام ويلكس⁽¹⁰⁾ بأعمال مشابهة من خلال نظريته في الدلالة التفضيلية . prefemtial semantics



شكل 4-5 تمثيل جملة "أكل جون ضفدعًا"

الحواشي والمراجع

- (1) Winograd T. (1972), Understanding Natural Language, New York, Academic Press.
- (2) Woods W., Kaplan R., Nash-Webber B. (1972), The Lunar Sciences Natural Language System, BBN final report, Cambridge, Mass.
- (3) Coulon D., Kayser D. (1980), Un systeme de raisonnement profondeur variable, Congres AFCET-TTI, Nancy, pp.517- 527.
- (4) Meehan J.R. (1976), The metanovel: Writing stories by computer, ph.D.thesis, Yale University report No. 74.
- (5) McDonald D. D. (1980), Language production as a process of decision making under constraints, ph.D. thesis, MIT, Cambridge! Mass.
- (6) Halliday M. A. K. (1970), Language structure and language function, in New Horizons in Linguistics, John Lyons ed.), Harmondsworth, England, Penguin Books.
- (7) Schank R. C. (1975), Conceptual Information Processing, New York, North Holland.
- (8) Fillmore C. (1968), The case for case, in Bach & Harms (eds.), Universals in Linguistic Theory, Chicago, Holt, Rinehart and Winston
- .(9) Schank R. C. (1972), Conceptual Dependency: a theory for natural language understanding, Cognitive Psychology, 3.
- (10) Wilks Y.(1975), A preferential pattern-seeking semantics for natural language inference, Artificial Intelligence 6, pp.53-74.

5

بعض طرق التحليل الالي للغات الطبيعية

نتناول في هذا الفصل، مشكلة التعرف على مكونات جمل اللغات الطبيعية وتحديد العلاقات (النحوية والدلالية)، بين هذه المكونات، وكذلك وصف معنى الجملة وصياغة هذا الوصف بالصورة التي تتطلبها المعالجة الداخلية بالحاسوب.

وأتجنب هنا عن عمد إعطاء أي تعريف ثابت «للمعنى»، تاركا بدون تحديد ما إذا كانت المعالجة لا تتعدي مجرد التعرف على مفاهيم معينة مثل: الفاعل والفعل والمفعول به، ومكان الحدث، وما إلى ذلك، أو إذا كان يشتمل قبل كل شيء على استنتاجات.

ويتضمن المعنى بالنسبة لشانك ومؤيدي نظريته جميع العمليات المعرفية التي تلعب دورا في عملية الفهم.

وسوف نتناول هذه القضايا بتفصيل أكثر في الفصل الثامن وهو عن فهم النصوص، ونتناول هنا فقط ترجمة جمل اللغة الطبيعية إلى شكل يمكن أن يمثل داخل الحاسب.

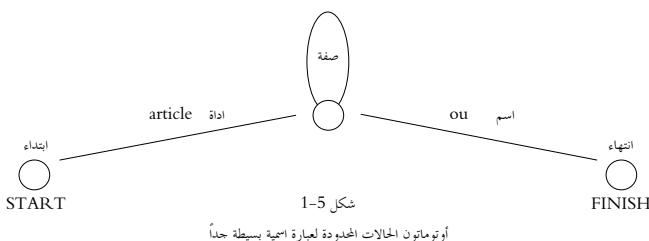
شبكات الانتقال المتكرر

Recursive Transition Networks (RTNS)

ويشير هذا التعبير إلى طريقة لتوصيف النحو. وتعتبر شبكات الانتقال المتكرر تطويراً لأوتوماتيكية الحالات المحدودة finite state automata لأخذ الطبيعة التكرارية لبعض التعريفات في الشروط الضرورية واللزامية لـ context free grammar. وتعتبر شبكات الانتقال المتكرر متساوية في قدرتها على التعبير للنحو المتحرر من السياق context free grammar.

وتكون أوتوماتيكية الحالات المحدودة من مجموعة من العقد nodes التي تمثل حالات states تتصل بأقواس تبين شروط عملية الانتقال من حالة إلى أخرى. فهناك حالة أولية تمثل البداية (ابتداء) وهناك حالة أو أكثر تمثل النهاية (انتهاء). وبالنسبة إلى شبكات الانتقال المتكرر تعنون الأقواس إما بكلمات أو مقولات categories، بمعنى أن حالة الانتقال التي يمثلها القوس تتم عندما تكون الكلمة المدخلة مطابقة للكلمة التي على القوس، أو من نفس المقوله إذا كان القوس مسمى بمقولات. ونقول إن الأوتوماتون سوف يقبل تتابعاً معطى من الكلمات إذا استطاع أن يأخذ الكلمة الأولى كابتداء ويصل إلى الكلمة النهاية (انتهاء).

ويستطيع الأوتوماتون في شكل 5-1 أن يقبل عبارة «the pretty Little pony» أو مجرد «little pony» ولكنه لا يستطيع أن يقبل «the pony».



ولا يستطيع مثل هذا الأوتوماتون أن يعطي تمثيلاً يعبر عن التكرارية في عبارة مثل «زوج أخت بواب صالة الفندق»، والتي تتسم بأن لها عدد اختياري من الإضافات⁽¹⁾. ويمكن دائماً استبدال الجمل المتداخلة nested clauses بتركيبيات تكرارية iterative clauses، ولكن عادة ما يتسبب هذا في تشويه

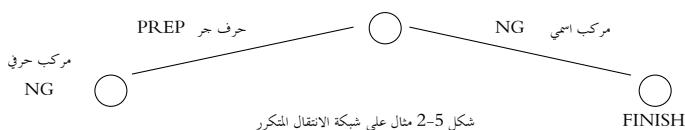
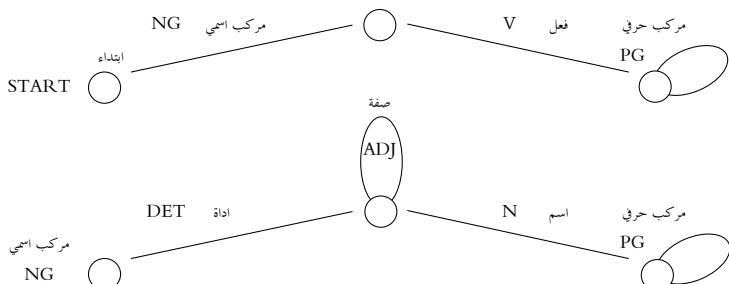
بعض طرق التحليل الآلي للغات الطبيعية

البنية الطبيعية للمعنى. ويمكن تجنب هذه الصعوبة بأن لا تقتصر عنونة الأقواس في شبكات الانتقال المتكرر على كلمات أو مقولات ولكن برموز مقولات غير طرفية مثل م س «مركب اسمي» أو م ف «مركب فعل» والتي تعرف بأوتوماتيات أخرى تشكل جزءاً من أوتوماتية أكبر وقدرة على الانتقال داخلها. وهذه هي الفكرة وراء تقنية شبكات الانتقال المتكرر ويوضح شكل 5-2 شبكة انتقال متكرر لجملة:

The Clever little daughter of the owner of the sweet-shop has won a scholarship to Oxford

«الابنة الصغيرة الماهرة لمالك محل الحلوي كسبت منحة دراسية بجامعة أوكسفورد»⁽²⁾.

وتكون المقولات الطرفية هنا من س (اسم)، ف (فعل)، ص (صفة)، ج (حرف جر)، د (أداة). وتكون المقولات غير الطرفية من م س (مركب اسمي)، م ح (مركب حRFي). وبين احتمال اشتمال المركب الاسمي على مركب حRFي، وأن العكس صحيح أيضاً أهمية شمول إمكانية الإرجاع في لغات البرمجة.



شكل 5-2 مثال على شبكة الانتقال المتكرر

وهذه طريقة عملية جداً لتحليل الجمل، ولكنها لا تسمح لنا بسهولة أن نأخذ في الاعتبار جميع الظواهر في اللغات الطبيعية، وخاصة بعض الظواهر السياقية، رغم أنه يمكن تناولها بازدواج مستفيض في الموصفات كما سنبين فيما بعد. وفي عملية التحليل يعتمد المسار الذي يتخذ عند ترك العقدة على الطريق الذي تم به الوصول إليها. فقد نود أن ننظر مثلاً إلى الفعل في الجملة لمعرفة ما إذا كان يتفق مع الاسم في المركب الاسمي، وهذه مسألة تشغّل كثيراً من علماء اللغة، وذلك لأن الفعل يمكن أن يفهم بمعانٍ مختلفة عديدة. وقد يتوقف اختيار المعنى المناسب، مثلاً على طبيعة الاسم إذا كان يدل على كائنٍ حيٍ كإنسان أو حيوان أو على جماد كمنضدة. ومن الممكن ضمان الاتفاق في العدد بواسطة قواعد النحو المحرر من السياق على النحو التالي⁽³⁾:

جملة: جملة مفردة/ جملة جمع

جملة-مفردة: = مركب اسمي مفرد/ مركب فعلي مفرد

جملة-جمع: = مركب اسمي جمع / مركب فعلي جمع

مركب-اسمي-مفرد: = أداة مفردة/ صفة مفردة/ اسم مفرد

... . إلى آخره.

إلا أن هذه القواعد تكون مجدهة للبرنامج ويمكن التعبير عن الظواهر السياقية بطريقة أدق باستخدام أنظمة شبكات الانتقال المعززة Augmented Transition Networks (ATNs) الذي استحدثه وودز⁽⁴⁾ والذي سنتصفه كما يلي

شبكات الانتقال المعززة

Augmented Transition Networks (ATNs)

تتميز شبكات الانتقال المعززة عن شبكات الانتقال المتكرر بثلاث ميزات:

- 1- تسمح لأي نوع من الاختبار أن يرتبط بالأقواس، كما تسمح بفرض شروط كأن تكون الكلمة من مقولبة معينة أو مجموعة دلالية أو تركيبية محددة. وبذلك قد تتطلب أن يكون الاسم من نفس مجموعة الأداة الموجودة سابقاً في الشبكة، وعلى هذا يمكن أن نرفض مثلاً «نافذة» أو «تليفون» كفاعل لفعل «يحلم».

- 2- تسمح لنا أن نحدد ما يقوم به البرنامج إذا ما اتخاذ المسار فرعاً

بعض طرق التحليل الآلي للغات الطبيعية

معيناً: مثل تخزين معلومة ما لاستخدامها فيما بعد.

3- تعطينا مجموعة من المسجلات set of registers لتخزين العلاقات بين الشبكات الفرعية العديدة لنظام كامل.

وقد استحدث وودز مصطلحات قياسية لوصف قواعد النحو طبقاً لصياغة شبكات الانتقال المعززة، فهناك، على سبيل المثال، قوس من نوع «فقرة» كل jump ليسمح بالانتقال من حالة إلى أخرى بدون استخدام كلمة «الإدخال». وهناك أيضاً وسيلة مقتنة لأنأخذ في الاعتبار الجمل الرئيسية والجمل الموصولة عندما نحتاج إلى الرجوع إلى بداية الجملة بعد جمل اعتراضيه كثيرة مثل جملة «الولد الذي رأيته أمس ينزل من الباص مع فتاة جميلة معها شمسية حمراء هو ابن القدس»⁽⁵⁾. ويمكن لبرنامج شبكات الانتقال المعززة في شكل 5-3 أن يفهم الأسئلة التالية:

1-أ- ما هي السفينة التي لها أكبر طول؟

1-ب- ما هي أطول سفينة؟

2-أ- ما هي السفن ذات أكبر طول؟

2-ب- ما هي أطول السفن؟

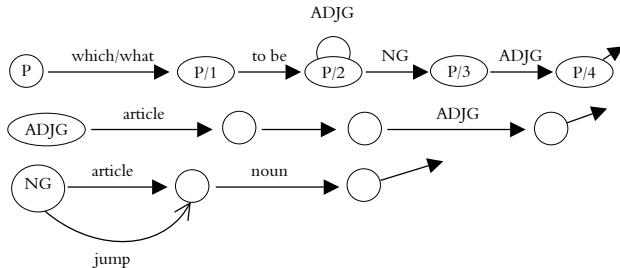
ونعيدهم هنا باللغة الإنجليزية حتى يتفهم القارئ البرنامج:

1 (a) Which is the ship of greatest length?

1 (b) Which is the longest ship?

2 (a) Which are the ships of greatest lenght?

2 (b) Which are the longest ships?



ADJG – adjectival group

NG – noun group

comp – comparison (greater/lesser length)

شكل 5-3 تحليل شبكات الانتقال المكرر لجملة "Which is the longest ship?"

إن الجملتين في (1أ) و(1ب) لهما نفس المعنى وكذلك (2أ)، (2ب)، ويمكن توضيح الفرق بين المجموعتين بضبط سجل العدد للمفرد أو الجمع بعد تحليل الكلمة الداخلية (ship/ships) أو(is/are) ويمكن استخدام تلك الوسيلة لاكتشاف الأخطاء النحوية إذا كتب شخص "the Ship are"

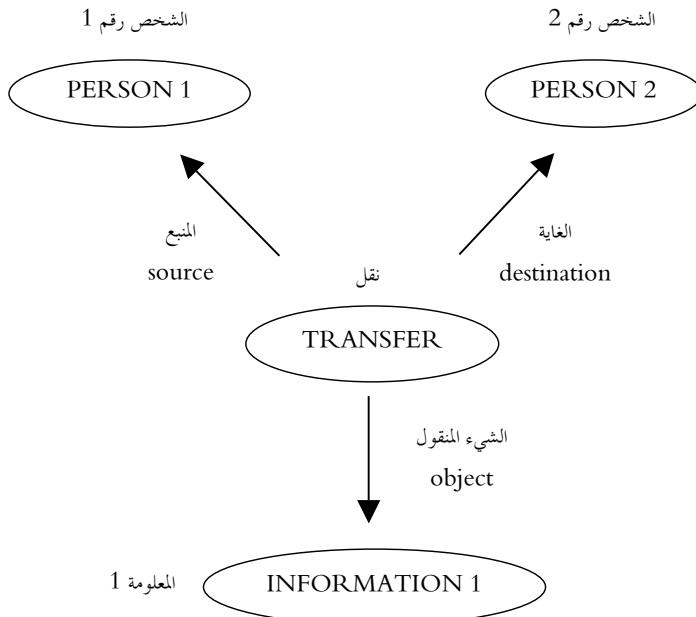
تحليل الاستفهامات Analysis of queries

تمتاز البرامج المستخدمة هنا بأن الجمل التي تقبلها لا تحدد بواسطة مجموعة قواعد كما هو الحال إذا كانت مولدة بواسطة نحو بناء الجملة أو بواسطة مخطط بياني يحدد المسار فيه المقوله Phrase Structure grammar التي تتضمن إليها الكلمة الداخلية. وبرامج التحليل من هذا النوع (تحليل الاستفهامات) لا تفحص كل كلمة بل تركز على مفاهيم معينة ترتبط عادة بالفعل. وترتبط هذه المفاهيم عادة بالحالات الإعرابية مثل الفاعل والمفعول والأداة.. الخ أو بصيغة الجملة مثل الزمن والتي يبحث عنها البرنامج بمجرد التعرف على الفعل. وفي مثل هذا التحليل لا ترتبط هذه المجموعة من الحالات بالفعل نفسه ولكن بالمكونات الدلالية Prim actives (انظر الفصل الرابع): وعلى هذا ففي نظرية الترابط الفكري تكون «يبلغ» المكون الدلالي لـ «يبتلع»، «يأكل»، «يشرب»، «يزدرد».. الخ.

وتصبح الأفعال أكثر الكلمات أهمية في المكون الفعلي، والأسماء في المركبات الاسمية، ويرتبط بها الأسئلة التي يمكن أن تولد توقعات وقيود يجب تبيتها فيما بعد. وتميز مثل هذه البرامج بالقوة وحساسيتها القليلة لاختلافات في التعبير عن نفس الفكرة أو تكوين إطار لنفس السؤال، وذلك لأن ترتيب الكلام ليس ذات أهمية أساسية في عملية التحليل. ولهذا فليس هناك حاجة للتتبؤ بجميع الطرق الممكنة التي يمكن بها التعبير عن الجملة الواحدة، ومن ناحية أخرى لا تسمح بقبول أي تخريجات تتبع طرق ترتيب الكلام. وأفضل تلك البرامج هو ذلك الذي استحدثه ريزبك⁽⁶⁾ Riesbeck والذي استمد من جمل اللغة الطبيعية البنية المناظرة لنظرية الترابط الفكري، (الفصل الرابع). وأهم ملامح مثل هذه المحللات ما يلي:

- إنها لا تبحث عن بناء تركيبي للجملة، ولكن تحاول أن تجد المعنى مباشر في السياق الذي تظهر فيه الجملة.

- 2- تستخدم قدرًا بسيطًا جداً من المعلومات التركيبية.
- 3- تعطي أهمية بالغة لعملية الاستدلال والمعتقدات، ولا تميز كثيراً بين المعلومات اللغوية وغير اللغوية. وتببدأ عملية إيجاد البنية الدلالية قبل الانتهاء من قراءة الجملة بأكملها. ويدعى ريزبك بقوة أن من المحتمل أن تكون هذه هي الطريقة التي تتبعها في فهم اللغة.
- ونصف هنا المثل الذي وضعه ريزبك وأسمه «مفسر اللغة الإنجليزية»⁽⁷⁾ English Lanugage Interpreter (ELI) وله ثلاثة خواص:
- أ- يتكون القاموس من قواعد إنتاج Production rules (انظر الفصل الثاني عشر) وهي تؤدي الجانب الرئيسي من التحليل.
- ب- يستخدم قيوداً تعبّر عن ترابط المفاهيم التي تبنيها لكي تتحكم في استخدام هذه القواعد.
- ج- يستخدم وصفاً منطقياً شاملًا موضحاً ترابط المفاهيم.
- وهناك نوع خاص من قواعد الإنتاج يسمى الطلب، والتي لها بالإضافة إلى الموصفات المعتادة من القيود والأفعال مجالات إضافية مثل بؤرة الاختبار والمترحوّنات، وتساعد الأخيرة على تحديد اختبارات إضافية تنفذ في حالة تلبية طلب عينه.
- ويساهم تفاصيل اختبار ما بوجه عام في بناء تركيب بنويي-دلالي وفي تحديد المعلومات المطلوبة لاستكمال هذا البناء والتي تتمثل في أن كثيرة من الخواص لم تتحدد قيمتها بعد، وعادةً ما تكون هذه خواص الفعل، فمثلاً إذا كانت الجملة تحت التحليل هي «قال جون لماري إن روبرت سينصرف»، فبمجرد أن يتعرف البرنامج على الفعل «يقول» (في شكل قال)، يقوم البرنامج بالدخول إلى القاموس وينتّج عن هذا خلق بنية للمدخل المعجمي المناسب كما في شكل 4-5. وهنا تتم عملية إحلال الشخص رقم 1 بـ«جون» وتنتظر عملية استكمال باقي البنية تقدّم التحليل بعد ذلك. ويمكننا أن نعبر عن هذا بقولنا إن البنية قد اكتسبت قيمتها الموضوعية جزئياً . partially instantiated
- وقد تكون هناك قيود يجب مراعاتها في هذه العملية، فمثلاً يجب أن يكون person 2 «شخص فعلاً» ولكن Information 1 (معلومة 1) يمكن أن تكون فكرة كاملة، (في هذه الحالة «سينصرف روبرت»).



شكل 5 - 4 بنيّة جزئيّة تعبّر عن إعطاء شخص معلومة عن نفسه لآخر

ويقوم مترجم اللغة الإنجليزية ELI بالرجوع إلى القاموس عند مراعاته الكلمات المدخلة وذلك لاستخراج التعريفات التي يمررها بدوره إلى برنامج فرعي يسمى «ادمج» Incorporate. وينتج عن هذا مجموعة من الطلبات تحمل لذاكرة الحاسب، حيث يتم اختبارها بواسطة برنامج فرعي آخر يسمى «انظر في» consider الذي ينفذ تلك الطلبات التي تتوافر شروطها ويستبعد التي تتناقض مع باقي البنية بذاكرة الحاسب.

مشكلة عائد الضمائر The problem of pronominal reference

المشكلة هنا هي أن نجد الاسم الصحيح الذي يعود عليه الضمير، وهي واحدة من أصعب المشاكل التي يصعب حلها في عموميتها التامة. انظر إلى الجمل التالية وهي معدنة من مثال لجاك بيتر(8) Jacques Pitrat أرسل المدرس الولد للناظر لأنه:

بعض طرق التحليل الآلي للغات الطبيعية

- 1- قد تحمل منه كثيرا.
- 2- كان يلقي الحجارة.
- 3- كان يريد أن يراه.

ونحن لا نجد صعوبة في تحديد على من يعود الضمير الغائب وهي كل حالة، رغم أنه لا يمكن صياغة قاعدة استدلال منطقية دقيقة تضمن التوصل إلى الإجابة الصحيحة.

وفي هذا المثال لا يوجد ما يمنع أن يكون الولد «قد تحمل منه كثيرا»، رغم أنه يبدو أن الاحتمال الأرجح أن ذلك يعود إلى المدرس، كما أنه لا يوجد ما يمنع المدرس من إلقاء الحجارة، ولكن إذا كان ذلك كذلك فلماذا إذا أرسل الولد إلى الناظر؟ وهل يمكن ذلك منطقياً مع السلوك المتوقع من المدرس؟ والسؤال الذي يبرز هنا هو ما هي المعرفة التي تستمد منها ما يجعلنا نحل مثل هذه المشكلة بهذه الدرجة من السهولة؟ والإجابة هو أنها نستخدم مجموعة عريضة متشعة من مواد معرفتنا - التي نكتسبها بالفطرة commonsense السليمة ومن خلال إحساسنا بالعالم حولنا وإدراكتنا للعلاقات الاجتماعية والسياسية فيه.

والبرامج الموجودة التي يمكن أن تحل مثل هذه المشاكل قليلة جداً، ذلك أنه من الصعب جداً في ظل التقنية الموجودة حالياً أن نعطي الآلة تمثيلاً لكل هذه الأجزاء من المعرفة الفطرية والتلقائية.

ومثل هذه البرامج الناجحة فعلاً قد صممت لأهداف محددة جداً وتستخدم طرقاً بسيطة للغاية.. وإنحدى هذه الطرق أن تأخذ عائد الضمير على أنه الاسم أو المركب الاسمي السابق للضمير، وهناك طريقة أخرى تعطي لكل اسم سابق للضمير رقمًا يقل كلما بعد الاسم عن الضمير ويزيد كلما وجدت علاقة دلالية معه.

مشكلة العطف والهدف

The Problem of Conjunctions & elliptic constructions

إن استخدام العطف - وهو طريقة مناسبة جداً لربط عبارتين ببعض أو لتجنب تكرار جزء من الجملة - قد يثير بعض المشاكل الدقيقة في تحليل جمل اللغات الطبيعية. انظر إلى هاتين الجملتين:

حضر بول وجون للعشاء.
لعب جيمس الكمان، وآن البيانو.
وبالمثل يمكن أن تتشاءم مشاكل من حذف أجزاء من الجملة وتؤخذ على
أنها متضمنة:

ما هي عاصمة ألمانيا؟ المكسيك؟

إن الفكرة الأولى التي تخطر في البال عند التعامل مع مشكلة العطف هي أنه كلما وجد عطف، نحاول أن نجد ما إذا كانت الجملة التالية مباشرةً متمشية جزئياً على الأقل مع القاعدة النحوية المستخدمة أخيراً، وعلى هذا ففي المثال السابق:

«آن البيانو»

متمشية جزئياً مع التركيب:

فعل اسم أداة اسم

وهو

«لعب جيمس الكمان»

وما ينقص هنا هو الفعل.

والاحتمالات هنا لسوء الحظ كثيرة جداً، ولا يمكن استبعادها إلا بمعايير دلالية أو بالاعتماد على الحدس السليم، ومن الممكن أن يكون هناك غموض أساسي مثل:

«مواقف السيارات محجوزة لكبار المسؤولين والمديرين»

حيث أنه ليس من الواضح إذا كان يستطيع المديرون استخدام المواقف أم أن ذلك مقصوراً على كبارهم فقط؟

وهناك صعوبة أكبر ناتجة عن الاستخدام المختلف لبعض الكلمات التي تشبه المعاملات المنطقية في اللغات الطبيعية، من ناحية واستخدامها في معالجة المعلومات من ناحية أخرى. فلننظر إلى هذا الاستفسار:

كم عدد الحاسبات الشخصية التي بعنوانها في شمال وجنوب كارولينا؟
إذا عبرنا عن هذا السؤال باللغة الصورية التي يمكن أن يقبلها برنامج استعلام قاعدة البيانات، فإن الجزء الأخير من الاستفسار والذي يحدد منطقة البيع يمكن التعبير عنه بأي شكل من الأشكال الأربع التالية:

1- منطقة = شمال وجنوب كارولينا

بعض طرق التحليل الآلي للغات الطبيعية

2- منطقة = شمال أو جنوب كارولينا

3- منطقة = شمال كارولينا أو جنوب كارولينا

4- منطقة = شمال كارولينا وجنوب كارولينا

والشكل الوحيد الصحيح هو رقم (3)، لأن رقم (4) يتضمن تناقضاً. إذ لا توجد منطقة يمكن أن تسمى شمال كارولينا وجنوب كارولينا في نفس الوقت. والحقيقة الأساسية هنا أن المعاملات المنطقية مثل «و» و«أو» يختلف معناهما في اللغات الطبيعية عنه في المنطق الصوري. وهناك وصف جيد لمشاكل تحليل اللغات الطبيعية في كتاب تيري وينوجراد⁽⁹⁾ Terry Winograd ووندي لينيرت⁽¹⁰⁾ Wendy Leh. nert.

خاتمة

هناك العديد من المشاكل التي لم تحل في تحليل اللغات الطبيعية. فبالإضافة إلى صعوبة وضع قواعد النحو الصوري التي تسمع بتأليل جمل صحيحة للغات طبيعية فهناك السؤال المنطقي فيما إذا كان هناك فائدة من وراء ذلك، لأننا نستطيع فهم الكثير من الجمل غير النحوية. كما أن غنى اللغات الطبيعية نتيجة للمعاني الكثيرة التي يمكن أن تفهم بها الكلمة الواحدة والغموض واللبس الذي يعطي اللغة الكثير من الجمال، سيظل يجعل تحديد طرق تمثيل معرفتنا بالعالم تحدياً رئيسياً.

الحواشي والمراجع

(1) تتميز الإضافة في كل من اللغة العربية والإنجليزية بأنه يمكن إضافة مركب أسمى جديد لكل إضافة وبالتالي تصبح غير محدودة فمثلاً نستطيع القول في اللغة الإنجليزية the cousin of the cousin of the king في اللغة الإنجليزية king ويمكن إضافة مركب أسمى لهذه الإضافة فتكون the cousin of the cousin of me king . ويمكننا إضافة مركب أسمى جديد لتكون .. The cousin of the cousin of the cousin of the king . وهكذا، ويحدث نفس الشيء في اللغة العربية، فيمكننا أن نقول باائع الحلوى ونضيف أسماء جديدة ونقول ابنة باائع الحلوى ثم نضيف أسماء جديدة وتتحول زوج ابنة باائع الحلوى .. وهكذا (المترجم).

(2) توضح هذه الجملة الطبيعية التكرارية في اللغات الطبيعية. (المترجم).

(3) النحو المحرر من السياق context free grammar يضم قواعد من نوع A->B أي أن كل هـ تحول إلى B ولا توجد قيود أو شروط على تطبيق مثل هذا النوع من القواعد. وقد استخدم نوم تشومسكي هذا النوع من النحو في عام 1957 عندما قدم نظريته التحويلية في كتابه Syntactic structure. وقد اعتبر تشومسكي في ذلك الوقت أن هذا النحو غير قادر بمفرده على تمثيل المعرفة اللغوية ولهاذا قدم المكون التحويلي transfonational component . وجدير بالذكر أن هناك نظريات توليدية حديثة تعتبر أن النحو المتحرر من السياق قادر على تمثيل المعرفة اللغوية وأن اللغات الطبيعية في الأساس متحررة من السياق (انظر Gazdar ونظريته في كتاب (1985) Generalized Phrase Structure Grammar

(4) Woods, W. (1970) Transition network programs for natural language analysis, CACM 13 10, pp. 591-606.

(5) نلاحظ هنا أن الجملة الأساسية هي «الولد هو ابن القدس»، وهناك عدة جمل اعتراضية وردت بين المبدأ وخبر الجملة ومع ذلك لا نجد صعوبة في فهم الجملة وأن المقصود بابن القدس هنا هو الولد وليس غيره من الأسماء.

(6) Riesbeck, C.K. (1975). Conceptual analysis in Conceptual information processing, Schank (ed., New York, North Holland.

(7) Riesbeck, C.K. (1978), An expectation-driven production system for natural language understanding, in pattern-directed inference systems, Waterman and Hayes-Roth (eds.), New York, Academic Press.

(8) Pitrat, J. (1978), La programmation informatique du language, La Recherche No. 93.

(9) Winograd, T. (1982). Language as a Cognitive Process, Reading, Mass., Addison Wesley.

(10) Lehnert, W. and Ringle, M. (1982), (eds), Strategies for natural language Processing, Hillsdale, N.J., Lawrence Erlbaum.

٦

المشكلة

إن الشغل الشاغل لعلماء الذكاء الاصطناعي هو تطوير برامج ودية Frienly للوصول بين أنظمة معالجة المعلومات والذين يستخدمونها، بهدف التوصل إلى المعلومات. وحيث أن الكلام من أكثر وسائلنا الطبيعية للاتصال. فقد انجذب كثير من الباحثين إلى ميدان فهم وتحليل الكلام. وتقتصر معالجتنا في هذا الفصل على مشكلة فهم الكلام، وهي المشكلة الأصعب، وعلى القارئ المهتم بتحليل الكلام الرجوع، على سبيل المثال إلى ويتن (1982)^(١) . إن فهم الكلام أكثر صعوبة من فهم اللغة المكتوبة وذلك لعدة أسباب أهمها ما يلي:

- ١- تحتوى الرسالة المنطقية على «ضجيج» قد لا يحمل أي معنى.
- ٢- ويجب طبعاً حذف مثل هذه الأصوات التي ليس لها دلالة لغوية أثناء تحليل الكلام.
- بـ- نطق الكلام نادراً ما يكون مضبوطاً، ويختلف نطق نفس العبارة من شخص إلى آخر.
- جـ- يختلف نطق المتحدث الواحد لنفس العبارة من وقت لآخر، حسب حالته النفسية

والفسيولوجية.

د- يمكن أن يختلف نطق الصوت الواحد تبعاً لما إذا كان ينطق منفرداً أو مع كلمات أخرى.

هـ- ليست هناك حدود واضحة في الإشارة الصوتية بين الكلمات التالية، ويمكن أن تكون هناك فترات صمت في منتصف الكلمة، أو غياب، أي توقف بين الكلمات المتالية.

و- يمكن أن يكون للكلمات المختلفة تماماً في الهجاء نطقاً واحداً، مثل، pair peeper ، right write, rite.

والنتيجة هي أن المدخل إلى برامج تحليل الكلام هو نسيج من العناصر الصوتية تعبّر عن الجملة المنطقية في الأصل. وسيحتوي هذا النسيج على أخطاء لا تقل نسبتها عن 30% على أحسن الفروض في الوقت الحالي. وهذا يؤدي وبالتالي إلى درجة كبيرة من عدم التحديد في المعالجة الآلية. وبدءاً بهذا النسيج من الأصوات، يمكن استخلاص نسيج من الكلمات بحساب جميع التوافقات الممكنة بين الأصوات في هذا السياق. وهنا يمكن أن تتحصّر مهمة برنامج التحليل في أن يجد مساراً متربّطاً منطقياً مستخدماً جميع المعلومات الممكنة. وقد ثبت أن هذه العولمية من أسفل إلى أعلى up bottom غير وافية للغات التي تزيد درجة تعقيدها عن الحد الأدنى ويجب أن تكمل بعملية معالجة من أعلى لأسفل top down ترشدها معلومات دلالية وتركيبية ومقاماتية pragmatic ومعلومات أخرى على مستوى أعلى. وتعالج الأجهزة المستخدمة حالياً مشكلة تمييز الكلمات المنفردة. وهذه المشكلة أسهل بكثير من مشكلة تمييز الكلام المستمر، ولكن حتى بالنسبة لتمييز الكلمات المنفردة والتي تحقق أكثر البرامج تقدماً فيها نجاحاً يوصل إلى 5,99% طبقاً لـ Lea⁽³⁾. فإن هذا لا يكون إلا لمحصول من الكلمات لا يزيد عن 120 كلمة وتتطلب أن ينطقها متكلم واحد مدرب. وهناك أدوات تعمل من سنوات للتعرف على تتبع كلمات خال من أي نجية تراكيبية.

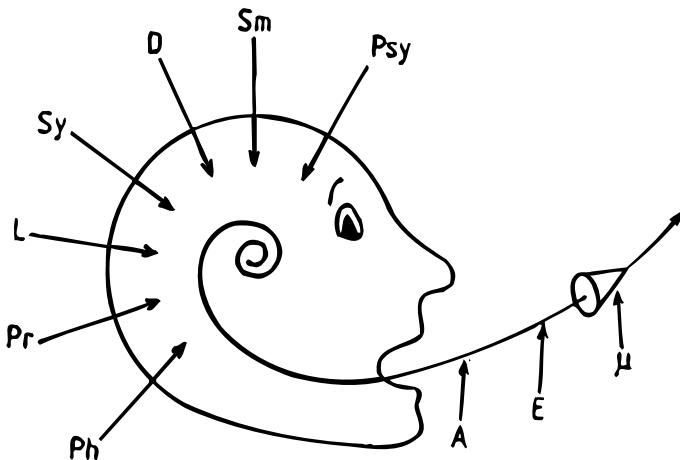
مستويات التعرف Levels of recognition

إذا كانت نقطة البدء هي الإشارة الصوتية، فإنه وفقاً لبار Barr⁽⁴⁾ يتوقف تحقيق فهم تام لما قيل، على توافر أنواع المعرفة التالية:

فهم الكلام: بعض جوانب المشكلة

- أ- الصوتية Phonetic. تمثيل خواص جميع الأصوات الواردة في الكلمات.
- بـ- الفونولوجية phonological: القواعد التي تحكم اختلاف نطق الأصوات باختلاف السياق وتعلق هذه القواعد بظواهر مثل الاضماء، والتخفيم. الخ.
- جـ- الصرفية morphemic. القواعد التي تحدد كيف تتحدد الصرفيات⁽⁵⁾ لتكون الكلمات، وتشمل هذه القواعد قوانين الجمع وتصريف الأفعال.. الخ.
- دـ- التطريزية prosodic: وهي القواعد التي تصف الاختلاف في النبر والتنغيم مثل النبر المرتفع في نهاية السؤال.
- هـ- التركيبية syntactic: وهي القواعد التي تحكم تكوين العبارات والجمل.
- وـ- الدلالية semantic: القواعد استخدام الكلمات والجمل لاستبعاد العبارات والجمل الصحيحة التي قد تكون صحيحة نحويا ولكن غير محتملة الورود.
- زـ- براجماتية pragmatics: القواعد التي تحكم الكلام والتي تمكن السامع من استنتاج نوايا المتكلم وأن يكون تفسيره لرسالة المتكلم أعلى من مجرد التفسير السطحي للرسالة اللغوية. وتنشأ الصعوبة الكبرى في فهم الكلام من مصدرين للخطأ وعدم اليقين المصاحب لعملية الكلام، ويرجع أحد المصدرين إلى المتكلم. بينما يرجع الآخر إلى السامع. وتحدث كثير من الأخطاء أثناء ترجمة المتكلم أفكاره إلى أصوات، مثل اختيار الكلمات الخطأ و انطقها خطأً أو بوضوح غير كاف، أو تكرار كلمات حين لا يكون هناك ضرورة لذلك، وإصدار أصوات غريبة لا معنى لها مثل تسليك حنجرته أو إصدار أشياء غريبة تفسد من الرسالة اللغوية. وعلى السامع أن يقوم بعكس العملية التي قام بها المتكلم، فهو يبدأ من الرسائل المشوهه.. إلى نوايا المتكلم، ويرتكب أخطاء هي أخطاء في الحكم، لأنه لا توجد قواعد دقيقة تحكم الفهم. ومن الملاحظات العامة أن الاتصال بين الناس تصاحبه أسئلة كثيرة تتطلب التكرار والتوضيح.
- في شكل 6- ا ترمز Pay إلى سيميولوجية المتكلم و Sm إلى الدلالة و dis- إلى قواعد السياق، و Syntx (course) إلى التراكيب، و L (lexical) لاعتبارات ph (Phonetic)، و pr (prosodic considerations) لاعتبارات تطريزية، و

للسوتيات، و A . لجهاز النطق عند المتكلم، و E للضوضاء المحيطة، و U للميكروفون.



شكل(1-6) بعض الميكانيزمات التي تؤثر في الرسالة الصوتية (من نيوول)⁽⁶⁾

بعض برامج التعرف على الكلام

Some speech-recognition programs

لقد مولت وكالة مشروع الأبحاث المتقدمة (ARPA) بوزارة الدفاع في الولايات المتحدة الأمريكية برنامجا استمر لمدة خمس سنوات (1971- 1976) للبحث في التعرف على الكلام المتصل. وكان هدف البحث هو إنتاج برنامج للحاسوب قادر على تحليل الجمل صحيحة البناء من واقع قاموس لغوي يضم جو إلى ألف كلمة وتحصر الجمل في مجالات محدودة وعلى آلا تتعدى نسبة خطأ البرنامج عشرة بالمائة. وقد نتج عن هذا المشروع عدة برامج منها Speechlis⁽⁷⁾ لشركة Beranek and Newman⁽⁸⁾ Bolt⁽⁹⁾ لجامعة HWIM لنفس الشركة، وعدة نسخ من HAARPY⁽⁸⁾ Hearsay⁽⁹⁾ لجامعة كارنيجي ميلون، كما طورت SRI international⁽¹⁰⁾ بالتعاون مع System Development Corporation⁽¹¹⁾ برنامج SDC\ SRI و طورت شركة آي بي⁽¹¹⁾ بـ⁽¹¹⁾ برنامجا باسم Dragon⁽¹²⁾ كما كانت هناك أعمال مماثلة في Bell Labs⁽¹³⁾. وقد أدى مجهود مماثل في فرنسا إلى بناء عدة برامج منها :

فهم الكلام: بعض جوانب المشكله

Centre de Rechareche en Informatique de (CRIN) in MYRTILLE-I and II Laboratoire et de ESOPE⁽¹⁴⁾ في Nancy d'Informatique Mechanique pour les Sciences de Centre National d'Etude (CNET)⁽¹³⁾، وبرنامج KEAL⁽¹⁵⁾ وبرنامج l'ingenieur بجامعة مارسييليا⁽¹⁶⁾ وبرنامج Lannion des Télécommunications⁽¹⁷⁾ . وبرنامج ENSER بجرينبول⁽¹⁷⁾.

مشروع هيرساي «اسمع وقل» Hearsay

يعمل هذا البرنامج بطريقة غير هرمية، ويعني ذلك أن استخدام كل من المصادر المتعددة للمعلومات الإضافية التي ذكرت أعلاه (الصوتية .. الخ) يتم بمعزل عن باقي المصادر. ويستخدم Hearsay-II نموذج «السبورة» وقد سمى كذلك لأن كل مصدر من مصادر المعلومات يسجل نتائج أعماله ويزيل النتائج التي تصبح عديمة الجدوى وهكذا.

ويتخذ التحليل تتبعاً لمستويات مختلفة يبدأ أدناها بتقسيم الإشارة الصوتية إلى وحدات صوتية segments، ثم تنظم هذه الوحدات الصوتية إلى المقاطع الممكنة Possible syllables، ثم تنظم هذه المقاطع إلى كلمات. وتستخدم المعلومات التراكيبية والدلالية في المستوى الأعلى. وقد تم اختبار البرنامج بعبارات لتحرير قطع الشطرنج، ومع أن الحقل الدلالي لتحرير قطع الشطرنج قادر على إلخ.. إلا أنه يسمح باستخدام طرق عامة جداً لتمثيل الإشارات الصوتية التي يراد اختبارها.

ويسمح التركيب العام لبرنامج Hearsay لعدد من المصادر المستقلة للمعلومات بالتعاون في حل مشكلة ما. ولقد استخدم هذا البرنامج في مجالات أخرى غير التعرف على الكلام. فقد استخدم على سبيل المثال في الحكم في حركة المرور الجوية. ومن وجهة النظر هذه فإن النسخة الثانية من برنامج Hearsay غالباً ما ينظر إليها «كمظام خبير»، وستتناول هذا الموضوع في الفصل الخامس عشر.

مشروع ميرتيل Myrtille

تم تطوير ميرتيل 1 ، 2 في جامعة نانسي بمركز crin. ويمكن لميرتيل أن يتعرف على جمل محدودة جداً من لغات اصطناعية مستخدماً عدداً من

المفردات لا تتجاوز المائة. ويستخدم البرنامج نظاماً من أعلى لأسفل Top Down ويعتمد كلياً على التراكيب. وقد استخدم، ميرتيل 2 في ميدان علم الظواهر الجوية بمفردات يبلغ عددها 375 كلمة، ونحو يقارب نحو لغة الحديث بالفرنسية، ويستخدم استراتيجية مزدوجة من أسفل لأعلى ومن أعلى لأسفل، شأنه في ذلك شأن النظم التي تميز بمثل هذه الدرجة من التعقيد، فيمكنها أن تبدأ تحليل الجملة من عدة نقاط أساسية، مستخدمة طريقة مثل «جزر الثقة HWIM» المستخدمة في Islands of confidence والتي سنشدّها في الجزء التالي من هذا الفصل.

وهذه هي الترجمة العربية لبعض الجمل التي يمكن لميرتيل أن يتناولها:

متى سترتفع درجة الحرارة ؟

متى تصل درجة الحرارة إلى الصفر في لورين ؟

هل ستمطر في منطقة نانسي ؟

هل سيقل احتمال وجود طرق ثججية في منطقة ميز غداً ؟

استراتيجيات التحكم Control strategies

تزداد اختلافات كثيراً بين الطرق المختلفة التي تستخدمنا أنظمة التعرف على الكلام للتحكم في استخدام قواعد المعرفة عن الاختلافات في نوع المعرفة المستخدمة: بأنواعها المختلفة وأنني سبق الإشارة إليها من المعرفة الصوتية إلى الدلالية والبراجماتية.

ويتم تمثيل الأصوات في برنامج هاربي Harpy على شكل عقد شكل بياني لشبكات الانتقال المعززة التي وصفناها في الفصل الخامس، بينما تمثل الأقواس المسارات المختلفة التي يمكن أن تتحدد فيها الأصوات لتكون المقاطع أو الكلمات. وبهذا تحصر عملية تفسير الجملة في التوصل إلى المسمار المستمر في الشكل البياني. وذلك يعطي البرنامج نوعاً من البناء المتعامل الذي يعتبر أكثر كفاءة من باقي البرامج التي طورت ضمن مشروع Arpa في الفترة من 1971-1976 من ناحية السرعة، وإن كان ليس من السهل تعديله. ويحلل هاربي الجمل من اليسار إلى اليمين مستخدماً إستراتيجية مروجية fan-out strategy والتي قد لا تكون أفضل إستراتيجية عندما لا يمكن التعرف على بداية الجملة بسهولة.

وهناك استراتيجية أكثر تطوراً وإن كانت أصعب في التنفيذ - تستخدم

الأجزاء التي تم تحليلها من الجملة ببعض الثقة كنقطاط ارتكاز «جزر الثقة» Islands of confidence إلى أخري إما من اليسار إلى اليمين أو من اليمين إلى اليسار. ويستخدم كل من ميرتيل 2 و SRTSDC هذا النهج. ويمكن عادة تقليل عدد الاحتمالات التي يجب فحصها باتباع استراتيجيات تركز الانتباه على الموضوع الذي ينافش، واختيار الكلمات الأكثر اهتماماً على المستوى الدلالي. ويستخدم برنامج HWIM مزيجاً من هذه الاستراتيجية واستراتيجية هاربي، التي تحاول التعرف على كلمة واحدة أو اثنان من مجموعة كلمات، ثم الاستمرار في التحليل في اتجاهين بدءاً من الكلمة التي تم التعرف عليها بدرجة كافية من اليقين.

خاتمة

يتميز أداء برامج التعرف على الكلام في الوقت الراهن بأنه في مرتبة أدنى بكثير من أداء برامج فهم اللغة الطبيعية المكتوبة. ويكمّن السبب الرئيسي لذلك في النواقص والأخطاء في تحليل الرسالة الصوتية مما يؤدي إلى بدم اليقين في التحليل. ويمكن تقليل نسبة الخطأ، نظرياً، باستخدام معلومات دلالية وبراجماتية عن موضوع الكلام المراد تحليله. ويطلب هذا تحديد مجال الاهتمام أو افتراض عالم محدود. وإذا أمكن تحقيق هذا الافتراض فإن إمكانية تقدير توقعات موثوق بها عمما سيقال بعد ذلك تختصر مدى الافتراضات الصوتية التي تؤخذ في الاعتبار. إلا أنه ليس من السهل تنفيذ هذا النوع من التفاعل بين المستويات اللغوية المختلفة.

ويمكن القول بشكل عام إن حل الرموز الصوتية بالحاسوب سيعتحسن بعمل تحليل شكلي للمعلومات الصوتية وتكمالها في أنظمة التعرف على الكلام.

الحواشي والمراجع

- (1) Written, J.H. (1982), Principles of Computer Speech, New York, Academic Press
- (2) نقصد بالضجيج الأصوات غير اللغوية المصاحبة للكلام. فعندما نتحدث في الشارع، ورغم استماعنا لما يقوله المتحدث إلا أننا نسمع أيضاً أصوات أبواق السيارات وحركة الناس، إلا أن اهتمامنا يكون منصباً على الرسالة اللغوية. وأحياناً يكون هناك أصوات لغوية غير دالة في وقت معين عندما نتحدث بينما جهاز التليفزيون أو الراديو مداراً بينما نحن لا ننتصب إليه بل ننتصب إلى من يحذثنا. والمشكلة بالنسبة للحاسب هي كيف يميز بين الأصوات اللغوية وغيرها من ناحية، وبين الأصوات اللغوية الدالة وغير الدالة من ناحية أخرى. (المترجم).
- (3) Lea W. (1980), Trends in Speech recognition, Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall.
- (4) Barr A., Feigenbaum E.A. (1982), The AI Handbook, Vol. 1, Kaufmann (ed) Los Altos,, California.
- (5) الصرافية Morpheme هي أصغر وحدة لغوية ذات معنى، فمثلاً «كتاب» تتكون من صرفيتان على الأقل، الأولى «كتاب» والثانية «أن» وتعني العدد اثنين. وقد كان بلومنفيلد، العالم اللغوي الأمريكي أول من عرف الصرافية واستخدمها كوحدة لغوية وأحد مراتب التحليل اللغوي. وتقسام الصرافية إلى حرة مثل «كتاب» حيث يمكن أن تجيء في أي موقع من الكلام، ومقيدة مثل «أن» في «ولدان» والتي لا يمكن أن ترد إلا مع صرفيّة أخرى وكذلك هناك الصرفيات الاشتراكية والتصريفية. (المترجم)
- (6) Newal A. (1975), A Tutorial on Speech Understanding System. in Speech Recognition: invited papers of the IEEE Symposium, D.R. Reddy (ed.), New York, Academic Press.
- (7) Wolf J., Woods W. (1980), The HWIM Speech Understanding System, in Lea, Trends, pp. 3 16-339.
- (8) Erman L. D., Hayes-Roth F., Lesser V. R., Reddy D. R. (1980), The Hearsay-TI Speech Understanding System: Integrating Knowledge to resolve uncertainty, Computing Surveys, vol. 12, no2.
- (9) Lowerre B., Reddy R. (1980), The Harpy Speech Under standing System, in Lea, Trends, pp. 340-360.
- (10) Walker D. (ed.) (1980), Understanding spoken Language, New York, North-Holland.
- (11) Bahl L. R., et al. (1978), automatic recognition of continuously spoken sentences from a finite state grammar. Proc. of the 1978 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, Tulsa, Oklahoma.
- (12) Haton J.P., Messenet G., Pierrel J.M., Sanchez C. (1978) La chaine de comprehension parlee du systeme MYRTILLE-II, Congres AFCET-TITI, Paris.
- (13) Pierrel J. M. (1982), Utilisation de contraintes linguistiques en comprehension automatique de la

فهم الكلام: بعض جوانب المشكلة

- parole continue: le systeme MYR TILE-II, Revue RAIRO/TSI, vol.1, no 5, pp.403- 421.
- (14) Mariani J.J. (1982), the AESOP continuous speech under standing system, IEEE-ICASSP, pp. 1637- 1640.
- (15) Mercier G., Gerard M. (1981), Les niveaux acoustique phonetique et l'apprentissage dans le systeme KEAL, JEP GALF.
- (16) Meloni H. (1982), Etude et realisation dun systeme de re connaissance automatique de la parole continue, These de doctoral detat, Universite dAix-Marseille 2, Luminy.
- (17) Groc B., Tuffelli D. (1980), A continuous Speech recogni tion system for database consultation, IEEE-ICASSP, Denver, Co.. pp. 896- 899.

برامج بيئية ودية باللغات

الطبيعية

مقدمة

من الأفضل دائمًا أن نتمكن من الاتصال بقواعد البيانات أو الأنظمة الخبيرة بلغة طبيعية، وخاصة بالنسبة لمستخدم الحاسوب حين لا يكون متخصصاً في الحاسوب، ولا يكون عنده الحماس الكافي لتعلم لغة برمجة اصطناعية ذات تراكيب جامدة ومنطق قد يتعارض مع طريقته في التعبير عن احتياجاته. وهناك أيضاً المستخدم غير المنتظم «العابر»، والذي غالباً ما يكون غير مختص -فلا يبرر لكي نفرض عليه تركيبات لغة البرمجة الجامدة لأنّه سوف ينسى قواعد البرمجة بين المرات المتباudeة التي يستخدم فيها الحاسوب. وهناك سبب آخر لتوفير برامج بيئية باللغات الطبيعية -natural-language- هو أنه من المحتمل ألا يكون المستخدم على دراية بتفاصيل بنية قاعدة البيانات وعلى هذا يجب أن يكون البرنامج قادراً على أداء حد أدنى من التأويل والتفسير للسؤال. وعلى أي حال فهناك خشية من أن يغالي المستخدم في تقدير ذكاء البرنامج بأن يعتقد أنه قادر على القيام بتفسيرات

واستنتاجات تتعدي في الواقع قدرته. وهنا يعني المستخدم من الإحباط وفقدان الاهتمام عندما تتضح له قدرات البرنامج المحدودة. وهناك العديد من المديرين بمراتب الإدارة العليا ممن يحتفظون بمحطات طرفية terminals في مكاتبهم يندر استخدامهم لها لعدم الاهتمام الكافي بجعل برامج الحاسوب «ودية». ذلك أن البرامج المألوفة ذات القوائم menu-driven تبعث على الملل لأنها تتطلب أن يعمل المستخدم من خلال شجرة تركيبات عميقة في حين أنه يفضل أن يعبر عن احتياجاته مباشرة بلغة مألوفة.

البيانيات على المستويات المختلفة :

Interfaces at different levels: إن الهدف الرئيسي من البرامج البينية هو أن تخفي عن المستخدم التفاصيل التقنية مثل بنية قاعدة المعلومات للبرنامج الأساسي الذي يتصل به، وتعمل هذه البرامج البينية على تحويل الطلب كما يعبر عنه المستخدم بالطريقة التي تبدو له طبيعة إلى الشكل الذي يتطلبه برنامج البحث. وسنعرض هنا مستويين من تطور البرامج البينية: أولهما البرامج البينية الموجودة في شكل مشاريع أبحاث وتطورت وقد بدأت بالفعل تأخذ شكل المنتجات التجارية، أما برامج المستوى الثاني فهي ما زالت موضوع بحث ولن توفر على نطاق واسع قبل مضي عدة سنوات.

برامج المستوى الأول :

وهي تسمح للأسفارات من الأنواع التالية:

- 1- الاستفسارات التي لا تتطلب القيام بأي استنتاجات، ومثال ذلك «في أي دولة تقع مدريد؟»
- 2- تلك التي تتطلب بعض الاستنتاجات أو التي تتطلب بعض الحسابات، مثل ما المدة التي يستغرقها القطار لوصول من بروكلين إلى فيلادلفيا؟ ولا يتحمل أن يكون هناك معلومات متوفرة كافية للإجابة على مثل هذا السؤال مباشر. ولكن من المحتمل أن المسافة بينهن أي مدينتين يمكن أن توجد أو تتحسب، ومن المعلومات عن متوسط سرعة القطارات يمكن إعطاء الزمن التقريري الذي قد تستغرقه رحلة القطار بين المدينتين.
- 3- استفسارات عن المعلومات الموجودة في قاعدة البيانات، مثل ما هي

برامج بيئية وديه باللغات الطبيعية

حقول البيانات التي تحتويها القاعدة؟ ما هي المعلومات الموجودة عن موظفي شركات معينة؟ ويمكن أن نسمى هذا النوع من المعلومات «ما وراء المعرفة» meta knowledge . ومن البرامج التي تعمل على هذا المستوى من الاستفسارات

Sa Robotintellect⁽¹⁾ Ladder⁽²⁾ phir-⁽³⁾

المستوى الثاني: من المتوقع أن تظهر الإضافات التالية على قدرات المستوى الأول في السنوات القليلة القادمة:

أ- إجابات ذكية لأسئلة تتسم بالغباء مثل «ما هو أقصر نهر بإنجلترا؟ لمدة كم يوم تعدت درجة الحرارة مائة وخمسين درجة عام 1983 م؟ فالسؤال الأول لا معنى له، ذلك لأن مجموعة أطوال الأنهر الإنجليزية شبه مفتوحة- مغلقة عند الحد الأعلى لأن أطول نهر معروف ومحدد؟ ولكنها مفتوحة عند الحد الأدنى، (فمن المحتمل جداً أن يكون هناك نهر أقصر من أصغر طول مسجل فعلاً). والقصر ليس من السمات الهاامة بالنسبة للأنهر. وقد درس كولينز⁽⁴⁾ هذه المسألة بالتفصيل.

وتحبيب معظم البرامج على السؤال الثاني بفحص سجلات درجات الحرارة لعام 1983 م، ثم تعطي الإجابة «لا يوجد»، وقد أشار دانيال كايزر⁽⁵⁾ إلى أننا لا نقوم بنفس العملية الاستدلالية للإجابة على هذا السؤال كما لو كانت درجة الحرارة المذكورة في السؤال هي 25 درجة مثلاً، ذلك أننا نستخدم ما وراء معرفتنا.

ب- الإجابة بعبارات مختصرة بدلاً من إعطاء قوائم تفصيلية قد تكون أقل فائدة. فمثلاً لو كان السؤال «من في المؤسسة يستخدم سيارة الشركة؟» فإن عبارة «الرئيس ونوابه» تعطي معلومات أكثر من مجرد قائمة بأسماء هؤلاء.

ج- إعطاء إجابات تظهر روح التعاون مع مستخدم البرنامج أكثر من التقييد حرفيًا بما يقول. ويوضح كابلان⁽⁶⁾ Kaplan ذلك بتتابع الأسئلة: « والإجابات التالية:

س أ: من هم الطلبة الذين حصلوا على أكثر مرت 15% في امتحان الأحياء في يونيو 1983؟
ج 1: لا أحد.

س 2: هل كانت هناك حالات رسوب في علم الأحياء عام 1983 م؟

ج 2: لا.

س 3: كم عدد الطلبة الناجحين في علم الأحياء في يونيو 1983 م؟

ج 3: لا أحد.

حيث يفاجأ السائل بهذه الإجابة، فإنه يقرر أن يسأل سؤالا آخر:

س 4: هل كان هناك امتحان أحياء في يونيو 1983 م؟

ج 4: لا. (وهي إجابة كان يمكن أن تعطى من البداية).

أحد أدوات بناء البرامج البنينية: لايفر LIFER:

يعد «لايفر»⁽⁷⁾-الذي طور في SRI International-نموذجاً جيداً لأدوات بناء البرامج البنينية باللغات الطبيعية للاتصال بقاعدة البيانات أو الأنظمة الخبريرة. ويكون لايفر من مفسر القواعد النحو، بالإضافة إلى مجموعة وظائف تحرير نافعة جداً تساعد المستخدم على تحديد قواعد النحو التي يريد أن يضعها. وهي تستخدم أساساً لوضع الأسئلة في لغة طبيعية، وتكون كل قاعدة نحو من قالب template يحدد الشكل التركيبي للسؤال المدخل وقالب مخرج معطياً الشكل الذي ينقل به السؤال المدخل إلى قاعدة البيانات. وبهمنا هنا القالب الأول فقط.

إن عملية بناء البرامج البنينية تبدأ بتحديد مجموعة من القواعد productions على المستوى الأعلى، ويلي ذلك تحديد مقولات الأشياء التي يمكن أن تظهر على المستويات الأدنى تباعاً، منها بكلمات المفردات في مجال الاهتمام. ويوضح شكل 7-1 شجرة إعراب سؤال لقاعدة بيانات عن البحريّة وهو «متى يتم تشغيل سونار برافو؟

When will Bravo' s sonar be operational?

ويمكن تحديد المقوله Category بعدة طرق:

1- بواسطة قائمة تطبيق بوضوح القيم المختلفة للمقوله:
 (حيوان) = (كلب/قطة/حصان).

2- بواسطة المحمول predicate، الذي يجب اختبار حقيقته. ويصبح هذا تمثيلاً هاماً عندما تكون مجموعة القيم لا نهائية، ولكن يمكن تعريفها بصفة أو خاصية، وذلك مثل الأعداد الزوجية مثلاً. كما أن هناك حالة مهمة أخرى، وهي عندما يكون الانتماء للمقوله معقداً نسبياً ويعبر عنه

برامح بيئيه وديه باللغات الطبيعيه

بواسطة أجزاء من البرنامج والتي تكون في الواقع المحمول.

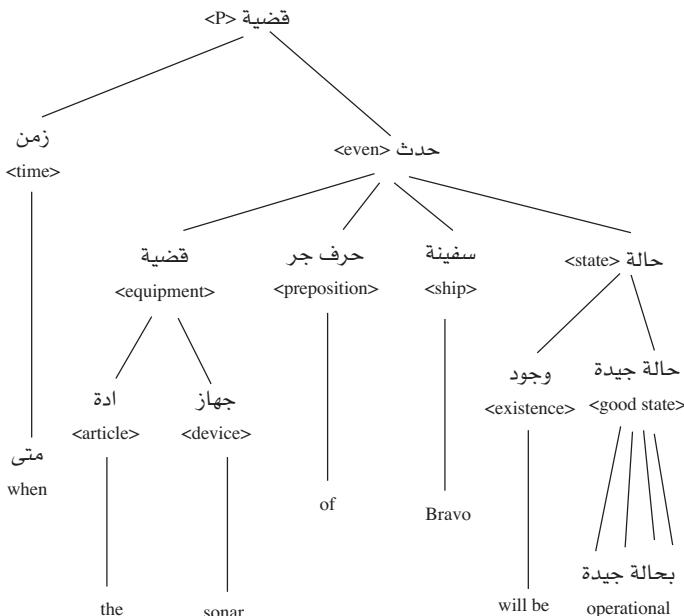
3- تكراريا بواسطة سلسلة من المقولات.

إن أحد ميزات لايفر هي قدرته-إلى حد ما على الأقل-على معالجة التراكيب المحدوفة. ولهذا علاقة مباشر بالأسئلة الناقصة حيث يكون هناك إشارة ضمنية إلى سؤال سابق كما في التتابع التالي، وتعني هنا الكلمة «مفهوم» أن البرنامج قد «فهم» السؤال.

س: كم يبلغ راتب جون سميث ؟

ج: مفهوم.

موظف رقم 10324 راتب 15500 .



شكل 7-1 شجرة إعراب «متى سيكون سونار جاهزا للاعمال؟

(يعطي البرنامج رقم الموظف في الشركة وكذلك راتبه)

س: وجاك رو宾سون ؟

ج: مفهوم

موظف رقم 31416 راتب .28750.

ويسمح لايفر أيضاً للمستخدم أن يعرف اصطلاحات وأن يعطي مرادفات دون أن يحتاج لمعرفة كيفية بناء قاعدة البيانات في الآلة، وبذلك يمتد القاموس آلياً ويوضح ذلك الحوار التالي:

المستخدم: لنجعل كلمة «مكافأة» اسمًا جديداً للراتب.
لايفر: مفهوم.

المستخدم: كم تبلغ مكافأة جيمس جويس ؟

لايفر: مكافأة-مكافأة (يصحح الهجاء).

موظف رقم 261828 راتب 5000.

وقد استخدم لايفر في تطوير برنامج LADDERVINLAND⁽⁷⁾، لتحقيق معلومات قاعدة بيانات متعلقة بالسفن البحرية، وقد صدر من هذا البرنامج نسخ باللغتين السويدية والفرنسية⁽⁸⁾. ونعرض فيما يلي نموذجاً لنوع الأسئلة التي يمكن أن توجه له. وتعني الكلمة «نعم» أن البرنامج قد استطاع الإجابة على السؤال دون أي لبس أو غموض.

أي دولة لديها أسرع غواصة؟-نعم.

كم تستغرق أسبرو Aspro لتصل إلى موقع N 43-15W 34-00 ؟-نعم.

متى تنزل شارك Shark إلى البحر؟-نعم

أي سفن أنجولية سجلت حمولة تزيد عن خمسة أطنان؟-نعم.

هل توجد أي حاملة طائرات بها رadar معطل؟-نعم.

متى يمكن تجهيز سفينة فوكس fox ؟-نعم.

متى يمكن إصلاح سونار سفينة تشارلستون Charleston ؟-نعم

الرادار؟-نعم (اختصار سؤال «متى يمكن إصلاح رادار تشارلستون»).

ما هو أقرب ميناء تزويد وقود لتايتانيك ؟-نعم.

أي سفن موجودة شمال خط الاستواء؟-نعم.

جنوب N 12-5 6 ؟ (اختصار أي سفن موجودة جنوب N 12-5 6) .

إنجليزية؟ لا (طريقة تناول الاختصار تفشل هنا لأن «إنجليزية» ليس

لها نفس تركيب «جنوب موقف»، السؤال غامض ويمكن أن يعني إما:

ما هي السفن الإنجليزية؟ أو:

ما هي السفن الإنجليزية الموجودة جنوب N 12-5 6 ؟

برامج بيئية وديه باللغات الطبيعية

هل توجد أي سفن على بعد متراً؟-نعم.
تبحر بسرعة 12 عقدة-نعم (اختصار «هل سمعناك أي سفن.. عقدة؟»)
أي سفن تبحر تحت العلم النيجيري؟-نعم
يتوقع وصولها إلى Le Havre (اختصار «أي سفن يتوقع وصولها
إلى Havre»)

ملاحظة: يقوم منهج تناول الاختصارات بمقارنة مركبين فعليين، ولذلك
لا ينظر البرنامج إلى السؤال عن أي سفن ليبيرية يتوقع وصولها إلى
Le Havre.

أعطيت عمق وطول السفينة فوكس؟-نعم.
ما هو اسم الضابط المسؤول على السفينة أسبرو؟-نعم.
ما هو المسار المنحرف من سان دييجو إلى جبل طارق؟-نعم
ما هو بعد السفينة فوكس عن السفينة Fall River؟-نعم
أي نافلة من طراز Zulu موجودة شمال خط الاستواء؟-نعم.
متى ترك السفينة ناوتيلوس فينزيليا؟-تصحيح-فنتزيليا-نعم
هل ستحتاج سفينة جاتو تهوية في اليومين التاليين؟-نعم
متى تصبح السفينة أدرويت جاهزة للعمل؟-نعم
ما هو ميناء موطنها؟-نعم
كم عدد السفن التي يوجد طبيب على متنها في البحر الأبيض المتوسط؟-نعم

ومن بين البرامج الأخرى التي بها برامج بيئية باللغات الطبيعية للاتصال
بقاعدة البيانات برنامج بلينز⁽⁹⁾ Plaines، متماشياً مع البرنامج السابق ويختص
بالطيران.

وليس لبرامج هذا النوع نفس الدرجة من القوة في جميع الأحيان: فهي
تعمل جيداً طالما وضع السؤال الموجه لها بطريقة مباشرة وطبيعية وغير
غامضة، ولكن سرعان ما يتدهور البرنامج عندما تكون الأسئلة غير محددة
أو غامضة، أو عندما يسعى المستخدم للإيقاع بالبرنامج عن عمد. وبذلك
تكون الطريقة الطبيعية لوضع السؤال كالتالي:

كيف مات فرانكلين روزفلت؟

بينما تكون طريقة السؤال أقل طبيعية إذا وضع كالتالي:

هل سبب موت فرانكلين روزفلت معروف؟
بينما تكون الطريقة التالية أقل طبيعية بكثير:
لماذا مات فرانكلين روزفلت ؟ (استخدم النص الإنجليزي استعمالا
شائعا ولكنك عامي ليعبر عن الوفاة Why did Franklin Roosevelt kick the bucket؟
ويسبب مثل هذا الاستعمال مشاكل بالحاسوب. المترجم).

وليس هناك من الناحية النظرية حد أقصى لدرجة تعقيد الجمل التي يقبلها الإنسان، أو مستوى شاعريتها، وأي سؤال يمكن أن يوضع بطرق مختلفة عديدة جدا، ومن المستحيل في الحالة الراهنة من التقدم العلمي أن نتبأ ونبرمج الحاسب لتناول جميع الاختيارات المتوفرة للمستخدم.

بعض الإمكانيات الحالية: Some Immediate Possibilities

هناك عدة تطبيقات حالية لتقنية فهم اللغات الطبيعية، وفيما يلي قائمة بتلك التطبيقات التي أعدها والتى (Waltz⁽¹⁰⁾):

- 1- المساعدة في الترجمة من لغة لأخرى، ولكن ما زال هناك احتياج أن يراجع الإنسان ترجمة الآلة كي يحل الغموض ويحسن الأسلوب.
- 2- القدرة على «فهم» الوثائق وتلخيصها، والتي منها يستطيع القارئ بسرعة أن يقرر ما إذا كانت الوثيقة تحتوي على المعلومات التي يبحث عنها أم لا . وقد وصلت البرامج الموجودة حاليا إلى مستوى متواضع من الفهم في الحالات التي يكون موضوع النص فيها عاما دون قيود، ونادرًا ما تتعذر البحث عن الكلمات المفتاحية keyword searches.
- 3- المساعدة في إعداد النصوص بأداء قدر كبير من العمل المنوط بالمرجعين مثل الكشف عن الأخطاء الهجائية والنحوية واقتراح إعادة الصياغة بهدف تحسين نوعية النص.
- 4- توليد الوثائق، بتحويل المعلومات المخزنة بلغة صورية إلى نص بلغة طبيعية، ويمكن التحكم في الأسلوب حتى يناسب أي نوعية من القراء.
- 5- تطبيقات مختلفة مثل التحكم في الاتصال بقواعد البيانات الكبيرة، والتحكم في الإنسان الآلي الصناعي، وتوفير معلومات عبر عنها بدقة والمشورة في ميادين تخصصية (طبية، قضائية .. الخ)، بواسطة الأنظمة الخبرية.

المراجع

- (1) Harris L. (1977), Robot, a high performance natural language data base query system, TICAI-77, pp. 903- 904.
- (2) Sacerdoti, E.D. (1977) Language access to distributed data with error recovery, IJCAI-77, Cambridge, Mass.
- (3) Erli (1983), SAPHIR, presentation generale, Rapport de la Societe detude at Recherche en Linguistique et Informatique.
- (4) Collins A. Warnock E.H., Aiello N. Miller M.L. (1975), Reasoning from incomplete knowledge.in Representation and Understanding, Borbrow and Collins (eds.), New York, Academic Press.
- (5) Kayser D. (1984), Examen de diverses methodes utilisees en representation des connaissances, Congres d'intelligence Artificielle et de connaissance des formes, Paris.
- (6) Kaplan S.J. (1982), Cooperative responses from a portable natural language query system, Artificial Intelligence, Vol. 19, 2, pp. 165- 188.
- (7) Hendrix G. (1977), the LIFER manual: A guide to building natural language interfaces. Technical note 138, SRI International Menlo Park, California.
- (8) Bonnet A. (1980), Les grammaires semantiques, outil puissant pour interroger les bases de donnees en langage naturel, RAIRO Informatique/Computer Science, Vol. 14, 2, pp. 137- 148.
- (9) Waltz D., Goodman B. (1977). Writing a natural language database system, IJCAT-77, pp. 144-150 MIT Press Cambridge, Mass.
- (10) Waltz D. (1983), Artificial Intelligence: an assessment of the state-of-the-art and recommendations for future directions, AL Mag.azine, Fall 1983, pp. 55- 67.

فهم النصوص

مقدمة

تركز البحث في الفترة المشار إليها في الفصل السابع حول فهم الجمل المنفصلة، وقد أثار ذلك عدة مشاكل: فأولاً يندر أن يضطر الإنسان إلى تحليل الجمل بمعزل عن السياق الذي ترد فيه، كما أنها كثيراً ما نعطي إجابات غير مباشرة للأسئلة التي تطرح علينا.

انظر مثلاً إلى الحوار التالي:
س: أين آلة تصوير المستندات؟
ج: إنها مكسورة.

من الواضح أن الشخص الذي سئل افترض أن السائل يود استخدام آلة تصوير المستندات- وهو استنتاج قد يكون صحيحاً ولكن ليس بالضرورة كذلك- وأنه في الحالة الراهنة للآلة لن يتمكن من استخدامها، ولذلك فجوابه بأنها مكسورة أكثر فائدة من إعطائه إجابة مباشرة للسؤال بأنها في غرفة رقم 508 مثلاً.

ويخبو تدريجياً الاهتمام بتحليل الجمل المنفصلة، ويهتم حالياً عدد من الباحثين بالعلاقات السببية في النص والذى تعطيه المعنى القصصي، وبدوافع المشاركين في الأحداث والتي بدونها لا

نستطيع فهم ما يجري في النص. ويأخذ تطور هذه الأبحاث صورتين أثنتين:

أولاً: مع تطور نحو القصة «story grammar» وفكرة النص ستجه الاهتمام إلى الشكل البنوي للرواية.

ثانياً : سيتركز الاهتمام على دوافع المشتركين في الحدث اللغوي وخاصة الطرق التي يتبعونها لتحقيق أهداف معينة.

أنحاء الرواية story grammars

نشأت هذه الفكرة من ملاحظة أن معظم القصص لها بنية تتكون من سلسلة من الأحداث، مثلاً تتكون العبارة من سلسلة من المجموعات التركيبية. وقد حذا روميلهارت⁽¹⁾ حذو بروب⁽²⁾ Propp في التركيز على القصص الخرافية، التي غالباً ما تميز ببنية بسيطة: فهي تبدأ بتقديم «الشخصيات» في يوم من ذات الأيام كان يوجد »، يلي ذلك سرد حدث هام « وذات يوم، عندما كان يسير على ضفة النهر..... »، ويحدد هذا ميكانيكية الحركة في تحركها، مؤدياً في النهاية إلى حل العقدة أو إلى موعظة. ولنا تعليقان على هذه الطريقة في تناول المشكلة. الأول أنها مقصورة على البنية البسيطة جداً، والثاني أنه يمكن التعرف على المجموعة الفعلية في النص بسهولة أكثر مما يمكننا التعرف على «الموعظة». وبقدر ما أعرف، لا يوجد برنامج يعمل بهذه الطريقة.

النصوص «السيناريو» Scripts

من الواضح أن برنامجاً مثل مارجي MARGIE - الذي سبق أن وصفناه في الفصل الرابع - سيقوم بعمل عدد كبير من الاستنتاجات التي تقع خارج سياق المادة موضع البحث، وهناك في الواقع مخاطرة أن يتسبب التفجر التواقي combinatorial explosion في إفشال محاولة الحد من عدد الاحتمالات المطروحة. وقد أمكن التوصل إلى حل جزئي للمشكلة باستخدام فكرة «النصوص أو السيناريو» لربط الجمل المتتالية وفرض قيود كالعلاقات السببية.

وكان كل من روجر شانك وروبرت ابيلسون⁽³⁾ Robert Abelson أول من

قدم فكرة استخدام السيناريو. وتتلخص الفكرة في أن السيناريو يتكون من تتابع مفهـن للأحداث التي تميز بعض المناسبات العامة كالذهاب إلى السينما أو إلى مطعم أو إلى الكوافير، وهذا المفهـم قريب جداً من مفهـوم الإطار frame لمارفين مينسكي، الذي نصفـه في الفصل الثالث عشر، ونقدم جـزءاً من نص «المطعم» في شـكل 1-8.

والنقطة الرئيسـة التي قدمـها شـانك وأـيليسون هي أن معرفـة السينارـيو لـمناسبـات مختـلـفة شـرـط ضـروري لـفهم الطـرـيقـة التي تـتـراـبـطـ بها الأـحـدـاثـ المختـلـفةـ فيـ أيـ قـصـةـ. ويـصـفـ السـيـنـارـيوـ العـلـاقـاتـ السـبـبـيـةـ بـيـنـ الـأـحـدـاثـ المختـلـفةـ كـمـاـ أنهـ يـمـكـنـ الـحـاسـبـ منـ التـوـصـلـ إـلـىـ الـاستـنـتـاجـاتـ، وـتـخـمـينـ الـأـشـيـاءـ المـتـضـمـنـةـ الـتـيـ لمـ تـذـكـرـ صـرـاحـةـ، وـمـلـءـ الـفـرـاغـاتـ فـيـ الـقـصـةـ الـتـيـ تـرـوـيـ كـمـاـ يـفـعـلـ الـقـارـئـ الـبـشـرـيـ بـالـضـبـطـ بـمـاـ فـيـ ذـلـكـ اـحـتمـالـ الـخـطـأـ.

ويـوضـعـ شـكـلـ 1-8ـ ذـلـكـ الـجـزـءـ مـنـ سـيـنـارـيوـ «المـطـعـمـ» الـذـيـ يـبـيـنـ الـمـحـيطـ الـعـامـ بـيـنـاـ يـتـكـونـ الـجـزـءـ الـبـاـقـيـ مـنـ عـدـدـ مـنـ الـأـحـدـاثـ الرـئـيـسـيـةـ: دـخـولـ الـزـبـوـنـ، اـخـتـيـارـ وـطـلـبـ الـطـعـامـ، اـلـطـعـامـ، الـوجـةـ، دـفـعـ الـحـسـابـ وـالـاـنـصـرـافـ. وـلـاخـتـيـارـ وـطـلـبـ الـطـعـامـ ثـلـاثـةـ سـيـنـارـيوـهـاتـ فـرـعـيـةـ حـتـىـ تـنـاسـبـ ظـرـوفـاـ وـحـالـاتـ مـخـتـلـفةـ.. وـهـكـذاـ.

الموجودـاتـ

منـاصـدـ، قـائـمـةـ الـطـعـامـ، أـطـبـاقـ، نـقـودـ، فـواتـيرـ الـحـسـابـ...

الأفرـادـ

الـزـبـائـنـ، الـجـرـسـونـ/ـ الـجـرـسـونـةـ، مـحـصـلـ الـنـقـودـ، الـمـديـرـ، الـطـبـاخـ....

شروط الدخـولـ

أنـ يـكـونـ الـزـبـوـنـ جـائـعاـ

أنـ يـكـونـ لـدـىـ الـزـبـوـنـ نـقـودـ

الـنـتـيـجـةـ

لـدـىـ الـزـبـوـنـ نـقـودـ أـقـلـ مـاـ كـانـ لـدـيهـ قـبـلـ الدـخـولـ

الـزـبـوـنـ لـمـ يـعـدـ جـائـعاـ

الـزـبـوـنـ سـعـيـدـ (ـرـيـمـاـ)

مـديـرـ الـمـطـعـمـ لـدـيهـ نـقـودـ أـكـثـرـ

شكل 1-8 الخطـوطـ الرـئـيـسـيـةـ لـسـيـنـارـيوـ «ـالمـطـعـمـ»

برنامج SAM

يرمز SAM إلى ميكانيكية تطبيق السيناريو "Script Mechanism" لروجر شانك وزملائه⁽⁴⁾ بجامعة بيل. ويستطيع هذا البرنامج «فهم» وصفاً قصصياً كالتالي:

«انحرفت سيارة عن الطريق السريع رقم 6 بعد أن اصطدمت بالحاجز الرئيسي مساء يوم الجمعة الماضي. وقتل الراكب فرانسيس دراك من وارنجلتون في الحال وفقاً لما قرره دكتور لويس باستور. وقد أخذ السائق أندرو مارفل المقيم في 59 شارع ميدل ستريت بلانكستر إلى المستشفى بواسطة فريق الإنقاذ وسمح له بالذهاب إلى منزله بعد يومين. ولن توجه أي اتهامات، وسيقوم مفتش البوليس سيكستون بلاك بالتحقيق في ظروف الحادث».

وبإدخال هذا النص إلى الحاسب، أخرج البرنامج الملخص التالي:
 «منذ أربعة أيام اصطدمت سيارة بالحاجز الرئيسي في طريق رقم 6 وقتل فرانسيس دراك المقيم في وارنجلتون، كما جرح السائق أندرو مارفل المقيم في 59 شارع ميدل ستريت بلانكستر ولم يواجه البوليس أي تهم لأحد».

كما أخرج البرنامج الملخص باللغة الأسبانية.
 واستطاع الإجابة على الأسئلة المتعلقة بالحادثة على الوجه التالي:

1- هل قتل أحد؟

نعم.. قتل فرانسيس دراك.

2- هل جرى أحد؟

نعم، لقد جرح أندرو مارفل جرحاً سطحياً.

3- لماذا جرح أندرو مارفل؟

لأن السيارة اصطدمت بالحاجز الرئيسي.

4- هل أخذ أندرو مارفل إلى المستشفى؟

نعم، لقد أخذ أندرو مارفل إلى المستشفى.

5- كيف أخذ أندرو مارفل إلى المستشفى؟

أخذ فريق الإنقاذ مارفل إلى المستشفى.

ويستخدم برنامج SAM سيناريو حادث السيارة مع

سيناريوهات فرعية عديدة مثل سيناريو عربة الاسعاف Ambulance الذي ساعد على الاستنتاج الخاص بأن جرح أندرو مارفل كان سحطياً، وهي عبارة لم تكن موجودة في النص الأصلي، بإقامة علاقات سببية معينة، خاصة بين «سيارة اصطدمت بالحاجز» و «جرح السائق»، ولاشك أن هذا استنتاج بدائي.

ومن النقاط الهامة هنا أن البرنامج لم يستخرج العناصر الأساسية للحادث فحسب، ولكنه يحوال العبارات المختلفة بدلاً من أن يعيد ببساطة نفس العبارات كما وردت في النص الأصلي. وفي الواقع يقوم SAM بترجمة النص الأصلي إلى تمثيل داخلي مستقل عن الشكل السطحي للغة، ويقوم بتوسيع تلخيصات بلغات طبيعية مختلفة من هذا التمثيل الداخلي، والتلخيص بالأسبانية مثالاً على ذلك.

برنامج BAOBAB

تم تطوير برنامج BAOBAB^(6.5) في إطار برنامج الخبير الطبي مايسين MYCIN (انظر الفصل السادس عشر) ويستخدم قاعدة معلوماته لتحليل تاريخ الحالات المرضية التي كتبها الأطباء في لغة شبه طبيعية. ومن المأثور في مجال الأبحاث المعاصرة حول بنية الحوار افتراض أن الأطباء يعبرون عن تاريخ حالات المرضى بشكل نمطي عام إذ أن كل تاريخ يمكن أن يقوم إلى تتبع متصل من الأحداث وأن معرفة هذا النمط يساعد كثيراً في عملية الفهم. ويوضح مستوى قدرة البرنامج على الفهم من استطاعته القيام بالمهام التالية:

- الإعراب عن نقص معلومات معينة.
 - التوصل إلى الاستنتاجات.
 - التأكد من صحة اتساق الحوار.
 - مقاطعة مستخدم البرنامج- عند الضرورة بطلب توضيح بعض النقاط مثلاً.
 - أداء حوار بلغة طبيعية بهدف التوصل إلى شيء مع استخدام البرنامج للنحو الدلالي.
- ويبيّن شكل 8-2 نموذجاً للعالم الذي يعيه برنامج BAOBAB في شكل

تتابع من الأوصاف المنطقية. ويكون كل من الأوصاف المنطقية من هيكل بيانات يشمل معاملات من ثلاثة أنواع: الضرورية وهي التي يتحتم إعطاؤها، والمهمة ولكن ليست بالضرورية، وتلك التي تكون ذات فائدة. ويمكن هذا التسلسل الهرمي البرنامج من مقاطعة الطبيب إذا لم يعط إحدى المعاملات الضرورية، أو إذا بدا أن هناك تغييرا في الوصف المنطقي دون وجود ما يشير إلى العودة للوصف المنطقي السابق.

وفيما يلي مثال لحوار بين برنامج BAOBAB وأحد الأطباء:

البرنامج: صباح الخير

الطبيب: أسباب الدخول: رعشة- صداع- غثيان

البرنامج: تم تسجيل الأعراض

الطبيب: تاريخ الدخول: 25 ديسمبر 1978

البرنامج: فهمت أن: المريض أدخل المستشفى منذ أربعة أيام.

(استنتاج من تاريخ الدخول)

الطبيب: آني من الهند الغربية و 26

البرنامج: فهمت أن:

اسم المريض آني

عمر المريض 26 عاما

جنسية المريض الهند الغربية

(الجنسية يمكن أن تؤثر في احتمال أمراض معينة)

الطبيب: عانى المريض من رعشة وصداع في اليوم السابق لدخوله المستشفى.

البرنامج: جنس المريض؟ (يقاطع Baobab الطبيب لأن الطبيب قد غير الوصف المنطقي دون أن يعطي جنس المريض)

الطبيب: أنشى

البرنامج: فهمت

الخطط "PLANS"

يستخدم التحليل الذي وصفناه في الفقرات السابقة واحدا أو أكثر من السيناريوهات القياسية؟ فعند معالجة وصف لتناول الغداء في عربة الطعام

بالقطار يتم الرجوع إلى سيناريyo «المطعم» وسيناريyo «القطار». إلا أنه من الواضح استحالة توفير سيناريوهات تغطي جميع المناسبات، كما أنه من المحتمل وجود بنية مجردة لا يمكن ضمها داخل المفهوم المقتن للسيناريyo. خذ مثلاً المثال التالي:

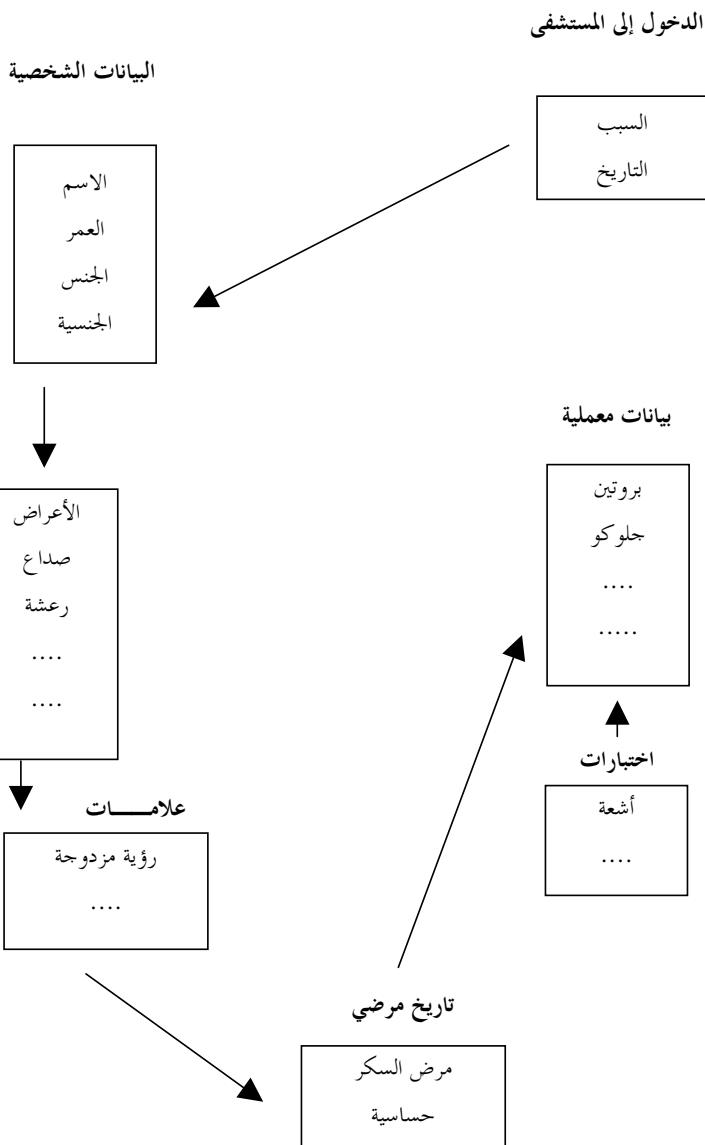
«علم جون أن العملية الجراحية التي ستجريها زوجته باهظة التكاليف... حسناً هناك العم ويليام... وتوجه ليحضر دليل التليفون...»
من غير المحتمل أن يكون هناك سيناريyo جاهز «عملية جراحية» لأن ذلك يكون محدوداً جداً، ولكن من المحتمل جداً أن توجد خطة عامة «كيف تجمع المال»، والتي يمكن أن تشير إلى امكانية الحصول على قرض من العم ويليام، وبالتالي الحاجة إلى معرفة رقم تليفونه.

وقد استخدمت مجموعة شانك مفهوم الخطة، والتي تصف عدداً من طرق العمل لتحقيق هدف محدد سلفاً. وقد حدد جيرارد سابا⁽⁷⁾ عدداً من القواعد التي تحكم سلوك الشخصيات الروائية بشكل يفسر أهدافهم وتصرفاتهم. ونعرض استخدامات أخرى لهذا المفهوم وخاصة فيما يتعلق بالشطرنج في الفصل الرابع عشر.

ونحن البشر نستخدم خططاً كي نفهم عبارات وجمل غير مترابطة سطحياً. فلننظر إلى المثال التالي المأخوذ من وصف روبرت ويلينسكي لبرنامج⁽⁸⁾ PAM: (Plan Applier Mechanism). كانت ماري جائعة.

مدت يدها لتناول دليل ميشلين.
ليس هناك أي معنى للجملة الثانية إلا بقدر ما تلعب من دور في تحديد خطة العمل الذي يمكن استنتاجه من الجملة الأولى. وقد علق شانك بأنه لو استبدلت الجملة الثانية بـ«مدت يدها لتناول مدخل الذكاء الاصطناعي لبدا ذلك شذاً» جداً.

وفيما يلي قصة تناولها برنامج PAM
احتاج جون إلى نقود. تناول مسدساً ودخل محلًا، أمر صاحب المحل أن ينأوهه النقود. أعطاه صاحب المحل النقود ورحل جون.
واستطاع برنامج PAM أن يجيب على أسئلة حول هذه القصة وفيما يلي مثال لذلك:



شكل 8 – 2 السجل الطبي للمريض ببرنامج BAOBAB

المستخدم: لماذا أخذ جون مسدسا؟

البرنامج: لأنه أراد أن يسرق المحل.

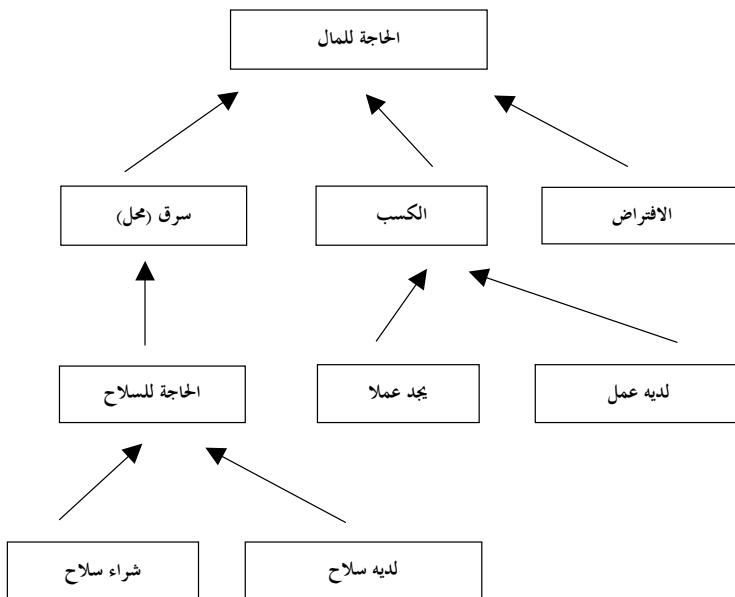
المستخدم: لماذا أعطى صاحب المحل النقود لجون؟

البرنامج: لأنه لم يرد أن يصاب.

المستخدم: لماذا انصرف جون؟

البرنامج: لأنه لم يرد أن يقبض عليه.

وتأتي قدرات PAM في هذه الحالة من معرفته بخطة «كيف تجمع المال» فمع وجود هدف جمع المال، يمكن تصور عدة طرق لتحقيقه كما هو موضح في شكل 3-8.



شكل 8 - 3 خطوة عمل في برنامج PAM

وإحدى هذه الطرق هي «السيطرة على (محل)» حيث يمكن أن تشمل مقوله «محل» البنوك أيضاً. ويحتاج المرء أن يكون مسلحاً كي يسطو على محل أو بنك، مما يفسر حمل المسدس والإجابة على السؤال الأول أعلاه. وتعتمد إجابة السؤالين الآخرين على سيناريو «السيطرة على محل» والتي

تحتمل نوعين من الشخصيات، شخصيات السارقين وشخصيات المسروقين. وتفسر تصرفات كل منهم بعده من الدوافع، فالقائمون بالسلطة يريدون الحصول على المال دون أن يقبض عليهم، أما المسروقون فهم لا يريدون أن يصابوا بأذى... وهكذا. وتتميز هذه النماذج ببساطة التركيب والسطحية، ولأنها صممت لوقف خاص فإنه لا يمكن تعليمها إلى مدى بعيد.

قصور فكرة السيناريو Limitations of Scripts

نظرا لأن بعض السيناريوهات قد عبر عنها في شكل أجزاء من معرفة نمطية فإنه من الصعب إعداد عمليات أو مواد معرفية مشتركة بين عدد من السيناريوهات إذا لم تكن لهذه السيناريوهات نوعا من البناء الهرمي حيث يمثل كل منها تخصصاً أدق مما يعلوه. سيناريو «المطعم» على سبيل المثال يحوي جزءاً «وجبة الطعام» والتي تشتراك في سيناريو «الأكل في المنزل»، ولكن من الصعب أن نعمم سيناريو «رفض الزبون الدفع» في المطعم لأن شريحة اللحم طبخت أكثر من اللازم إلى موقف عام «رفض الزبون الدفع» بسبب الخدمة السيئة والذي يمكن أن يرد في سيناريو جراج السيارات⁽⁹⁾

ويقصد رoger شانك القصة التالية⁽¹⁰⁾

كنت دائم الشكوى لأن زوجتي لم تطبخ لي اللحم أبدا كما أرغب. وفي يوم عندما كنت أشكو من ذلك لبوب أبيلسون قال لي: «ذلك يذكرني بأنني عندما كنت في زيارة لإنجلترا، أردت أن أقص شعرى قصيرا جدا-. وكانت هي الموضة في ذلك الوقت بأمريكا-. ولم يستطعوا قط أن يقصوا لي شعرى كما أردت». والسؤال المطروح هنا هو، ما هي النقطة المشتركة في هذين الموقفين؟ يبدو أنها تشبه «طلب شيء غير مألف وعدم الحصول عليه». ويتناول الجزء التالي منهجا تجريبيا لمشكلة تحديد النقاط العامة في سيناريوهات مختلفة.

مجموعات تنظيم الذاكرة

Memory Organization Packets (Mops)

تمكن مجموعات تنظيم الذاكرة Mops- شأنها شأن السيناريو- عملية

التحليل من التوقف حتى توفر شروط معينة ولكنها على عكس السيناريو ليست أجزاء منفصلة من المعرفة بل تشمل روابط تفسر وترتبط فقرات المعرفة المختلفة التي تتكون منها. وتهدف مجموعات تنظيم الذاكرة إلى تمثيل الخصائص الإنسانية العامة كالرغبة أن تكون على حق، أن تكون سعيدا، أو الخروج فائزًا من المنازعات. وتفسر مثل هذه الخصائص العامة على درجة عالية نسبيا من التجريد. كثيرة من أساليب سلوكنا.

وقد استخدمت طريقة Mop لتمثيل المعرفة في برامج معين هما: ⁽¹²⁾ Bops الذي يهدف إلى تحقيق فهم على قدر من العمق لدافع الأفراد المشتركين في حالات الطلاق. والبرنامج الثاني Cyrus ⁽¹³⁾ يمثل فترات مختلفة من حياة الدبلوماسي الأمريكي سيروس فانس.

وقد صمم برنامج سيروس Cyrus لاختبار صحة الفرضية التي وضعها عدد من علماء النفس وعلى وجه الخصوص بارتليت ⁽¹⁴⁾ Bartlett حول ميكانيكيات إعادة البناء المتضمنة في عمليات الحفظ والاسترجاع. وتحصر أهمية محاولة بناء برنامج كهذا في انه يضطرنا إلى إعطاء جميع التفصيات وإلى التحلل العميق للعمليات العقلية التي نعتقد إنها متضمنة في عمليات الاسترجاع عندما لا نكون متأكدين من الأسس النفسية لهذه العمليات.

وتعود أصلة برنامج سيروس أساسا إلى الطرق التي تنظم بها ذاكرته. وتنظم الأحداث التي يمثلها ^{هـ} 7 في ثلاثة طرق مختلفة:

- هرميا hierarchically -

- بالعلاقات السببية والزمنية وعلاقة أخرى لخصائص محددة

- بواسطة العلاقات بين الفهارس.

إحياء برامج الترجمة الآلية

يرجع عدم نجاح برامج الترجمة الآلية في حقبة 1950-1960 إلى انعدام جانب «الفهم» في البرامج المصممة لتحقيق الترجمة. فقد اقتصرت هذه البرامج على التلاعيب بكلمات اللغة بنفس الطريقة التي تتناول بها أي رموز، ولم تأخذ في الاعتبار حقيقة أن اللغة هي أداة التواصل وتبادل الأفكار بين البشر.

أما اليوم فهناك منهجان رئيسان لمعالجة الترجمة الآلية: ففي المنهج

الأول يتحول النص في الاتجاه الأول إلى شجرة إعراب لكل جملة، يمكن تعزيزها بمعلومات دلالية تؤخذ من القاموس، ويتم تحويلها إلى اللغة الأخرى. بواسطة قواعد تحويلية^(15, 16). والمنهج الثاني لا يعتمد كثيراً على التراكيب ولكنه يستخدم تمثيلاً أكثر تفصيلاً لمفاهيم الجملة، وبالتالي فهما أعمق للمحتوى الدلالي للنص، وقد استخدم يوريك ويلكرز⁽¹⁷⁾ ومجموعة شانك المنهج الثاني، وسنعرض فيما يلي عدة نماذج لأعمالهم.

وقد استثمر برنامج SAM كلًا من إمكانات السيناريو وتمثيل الترابط الفكري للجملة من أجل التوصل إلى معاني الجمل المدخلة في عدة لغات، وبالذات اللغتين الروسية والإسبانية، ولهذا أبعاد مختلفة في الترجمة الآلية:

- 1- تحليل الجملة المدخلة في لغة المصدر مؤدياً إلى وصف منطقي وفق الترابط الفكري

- 2- توليد النصر المخرج في لغة الهدف، مستخدماً شبكات تميزية كلما واجهت كلمة ذات معانٍ متعددة في التمثيل الداخلي.

و سنركز على المنهج الثاني هنا، فنلاحظ أن هذا المنهج الذي يستخدم لغة داخلية مستقلة عن اللغة المدخلة، يتطلب عدد 2 من البرامج للترجمة بين عددين من اللغات الطبيعية، بينما يتطلب منهج التحويل ن (n-1) من البرامج للغات ن حيث يتناول هذه اللغات في شرائط.

انظر إلى ترجمة الجملة الإنجليزية التالية إلى الإسبانية: A car hit a tree friday evening.

المشكلة الرئيسية هنا هي التوصل إلى الكلمة الإسبانية المناسبة المرادفة الكلمة «hit» والاحتمالات في الإسبانية هي:
peger: عندما يكون المحرض (agent) عادة فاعل الجملة المبنية للمعلوم وإنه يستخدم القوة على شيء محسوس مع وجود النية الواضحة لتغيير معالمه، ولهذا لابد أن يكون المحرض آدمياً.

وهناك تفضيل لأن يكون الشيء كائنًا حيًا له بعض القوة لكنه يواجه تأثير المحرض. فمثلاً تكون ترجمة الجملة التالية.

Juan Le Pego A Maria John hit Mary إلى الإسبانية

golpear يفضل أن يكون المحرض إنساناً. ويتوقع استخدام أداة، لا تغير حالتها، بينما يتغير تأثير الشيء الذي تتصل به الأداة. ولا توجد قيود على

طبيعة الشيء. فمثلا تكون ترجمة الجملة التالية:

John hit the nail with a hammer إلى الإسبانية كالتالي:

Juan golpeo el clavo con un martillo.

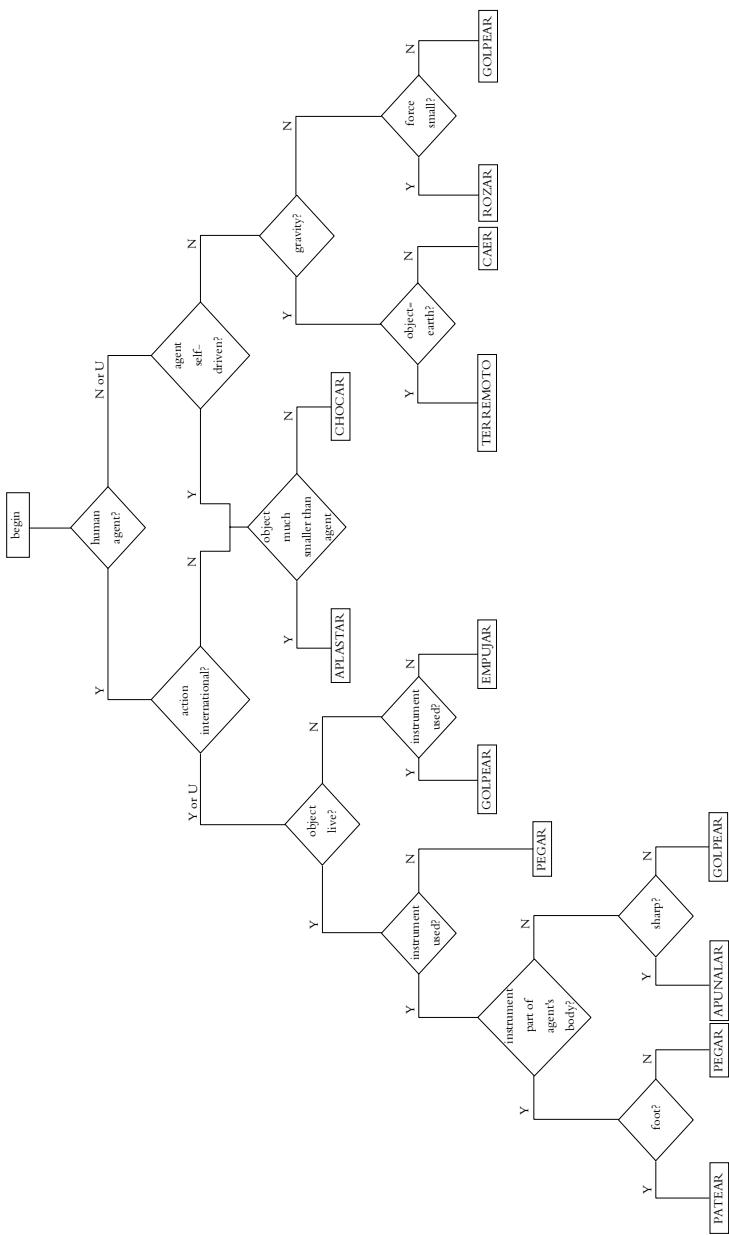
لا يفترض وجود أي نية من جانب المحرض، رغم أن الفعل ينتج حركة المحرض نفسها، ويتوقع أن يعاني المحرض من تغير في الحالة ولكن بدرجة أقل من المفعول به (الشيء).

ومن الواضح إن chocar هي الكلمة المناسبة وترجمة الجملة هي:

El viernes al Anochecer un Auto choco contra un Arbol.

وبين شكل 4-8 شبكة التمييز للفعل الإنساني الصحيح في الوصف المنطقي للترابط الفكري المرتبط للأولية الدلالية PROPEL. ويأخذ هذا الوصف المنطقي البنية التالية:

المحرض س <=> PROPEL <=> ص مفعول أداة ع



شكل 4-8 استخدام قليل الترابط المفكري لتقدير الترجمة الإسبانية الصحيحة للفعل الإنجليزي hit

المراجع

- (1) Rumelhart D. (1975), Notes on a schema for stories, in Representation and understanding, D. Bobrow & A. Collins (eds.).
- (2) Propp V. (1970), Morphologie du conte, (French translation), Paris, Seuil.
- (3) Schank R. C., Abelson R. (1977), Scripts, plans, goals and understanding, Lawrence Erlbaum Assoc., Hillsdale, N.J.
- (4) Cullingford R.E. (1978), Script application: Computer Understanding of newspaper stories, Yale University.
- (5) Bonnet A. (1979), Schema-shift strategies for understanding texts in Natural Language, Stanford University Technical Report HPP-25.
- (6) Bonnet A., (1980), Analyse de textes au moyen d'une grammaire sémantique et de schémas. Application à la compréhension de résumés médicaux en langage naturel, These d'Etat, Université Paris VI.
- (7) Sabah G., (1980), Contribution à la Compréhension effective d'un récit, These d'Etat, Université Paris VI.
- (8) Wilensky R. (1978), Understanding goal-based stories, Research Report 140, Department of Computer Science, Yale University.
- (9) Dyer MG, (1981), Restaurant revisited or lunch with Boris, IJ CAI-81, Vancouver, Canada.
- (10) A conversation with Roger Schank, in Psychology Today, April 1983, pp.28-36.
- (11) Schank R.C. (1981), Reminding and memory organization, an introduction to MOPs, in Strategies for Natural Language Processing, W. Lehnert & M. Ringle (eds.), Lawrence Erlbaum, Hillsdale, N.J.
- (12) Lehnert W., Dyer M. G., Johnson P.N., Yang C.J., Harley S. (1983), BORIS an experiment in-depth understanding of narratives, Artificial Intelligence, Vol. 20, I.
- (13) Kolodner J. L. (1982), Reconstructive Memory: A Computer Model, Cognitive Science.
- (14) Bartlett F. (1932), Remembering: A study in experimental and social psychology, London, Cambridge University Press.
- (15) Kittredge R., Bourbeau L., Isabelle P. (1976), Design and implementation of an English-French transfer grammar, Coling-76, Ottawa, Canada.
- (16) Boitet C. (1973), Problèmes actuels en T.A.: Un essai de réponse, Coling -76, Ottawa Canada.
- (17) Wilks Y. (1973), An artificial intelligence approach to machine translation, in Computer Models of Thought, and language, schank and colby (eds.), pp. 114- 151, Freeman, San Francisco.
- (18) Carbonell J., Cullingford R. E., Gershman A.V. (1978), Knowledge-based machine translation, University of Yale, Department of Computer Science, Research Report 146.

مقدمة

يتكون تمثيل المعرفة داخل الحاسوب الآلي من إقامة تمازج بين نظام رمزي للاستدلال والعالم الخارجي.

فمن الممكن تمثيل جملة «ذهب روبرت إلى باريس». كما هي، أي يتتابع من الحروف والكلمات ولكن في هذه الحالة لن يستطيع برنامج للسؤال والجواب الإجابة على سؤال «من ذهب إلى باريس؟» لأنه لا يوجد في هذا التتابع ما يساعد على فهم الجملة، خاصة أنه لا يوجد ما يمكن الحاسب من التعرف على فاعل الفعل. والتمثيل الأفضل من وجهة النظر هذه، والذي يخطر في البال طبيعيا هو:

الفعل: يذهب

الفاعل: روبرت

المصدر: ؟

المقصد: باريس

الزمن: ماضي

الوسيلة: ؟

وتشمل هذه القائمة المعلومات التي تدل على معنى الجملة، ولكنها تغفل الكثير مما يمكن الاستدلال إليه، والذي يمكن لأي إنسان أن يستنتجه من هذه الجملة. وإذا أضفناه يصبح تمثيل الجملة كالتالي:

الفعل: يذهب النوع: حركة

الفاعل:	روبرت
النوع:	إنسان
المصدر:	منزل روبرت مدينة
غيبى:	?
المقصد:	باريس
نوع:	مدينة
مرادف:	عاصمة فرنسا
الوسيلة:	سفر بواسطة: القطار
	الطائرة
	السيارة

وليس ضروريًا أن تكون جميع هذه الاستنتاجات صحيحة، ولكن لابد لأي برنامج جيد لتمثيل المعرفة أن يمكن العمليات الاستنتاجية أن تؤدي دورها في البرنامج.

وكما لم ينجح أحد في تصميم لغة برمجة واحدة للعالم كله، فكذلك لم يتمكن أحد من تصميم شكل نموذجي لتمثيل المعرفة في برامج الذكاء الاصطناعي. فبعض أشكال تمثيل المعرفة أفضل من غيرها في تمثيل العمليات الاستدلالية البحثية، بينما تتميز أشكال أخرى في حالات الاستدلال بالمحاكاة.. وهكذا.

وهناك تمييز فلسطي كلاسيكي بين نوعين من المعرفة: المعرفة الماهية knowing “what” والمعرفة الكيفية knowing how ويعتبر ذلك في الذكاء الاصطناعي الفرق بين المعرفة المعلنة declarative knowledge والمعرفة الإجرائية procedural knowledge وتمتاز مواد المعرفة المعلنة بأنها سهلة القراءة والتعديل كما أنها لا تتطلب شرحًا لكيفية استخدامها. ولكن يعيينا أن معالجة هذا النوع من المعرفة يتطلب وقتًا طويلاً نسبياً. أما المعرفة الإجرائية فلها عكس مميزات وعيوب المعرفة الأولى. وتكون مواد المعرفة المعلنة بمثابة البيانات التي يعمل عليها ويفسرها البرنامج. وقد سبق أن رأينا مثلاً على التمييز بين المعرفة المعلنة والإجرائية في تحليل اللغات الطبيعية، وذلك بين القواعد اللغوية (التي تمثل المعرفة المعلنة) وبين البرامج التي تفسر وتطبق هذه القواعد. وكما أن هيكل البيانات data structure ليس هو المعرفة ذاتها، فإن الكتاب ليس سوى مصدر للمعرفة، وهو لا ينتج المعرفة إلا حين يتحد مع القدرة على القراءة والفهم.

وتشتمل الإجراءات التفسيرية هيكل المعرفة المعلنة بعدة طرق فمثلاً

يمكن استخدام القاعدة أللّه بـ ج بأحد الطرق الأربع التالية:

- 1- إذا كان كل من أ و ب صحيحين، إذا ج تكون أيضا صحيحة.
- 2- إذا كان الهدف هو إثبات صحة ج، إذن فالطريقة الممكنة هي إثبات صحة أو ب.

3- إذا كان أ صحيحا وج كاذبا، إذن ب يكون كاذبا.

- 4- إذا كان ج كاذبا، إذن فواحد على الأقل من أ و ب يكون كاذبا.
- إن لدينا مخزونا هائلا من المعرفة حول حقائق العالم من حولنا، مثل «الكلاب نوع من الحيوانات» و«الفيل له خرطوم».. الخ، ونحن نريد في الذكاء الاصطناعي أن نستطيع وصف خواص الأشياء من اسمائها، وأن نجد طرقا لتصنيف هذه الأشياء. كما نريد أن نجد طرقا لوصف الأحداث مثل «قابل جيسكار بريجينيف في وارسو» و«قتل جون ماري وهو في حالة غضب».

وتقارب قوة طريقة التمثيل بقدرتها على التعبير بدقة عن المواقف المعقدة، وبقدرتها أيضا على تمثيل الترابط بين الأشياء، لأن يعبر عن حقيقة أن روایتين مختلفتين تشتراكان في شيء ما : ففي المعلومات الجيولوجية مثلا يجب أن يمثل «حجر الجير المضغوط»، و«حجر الجير المسامي» باعتبارهما شكلين خاصين من «حجر الجير»، وليس كمادتين مختلفتين لا يربط بينهما شيء. ولا تحسن هذه الخاصية الثانية وضوح التمثيل فقط بل تخفف أيضا العبء على ذاكرة الحاسوب لأنهاتمكن من تسجيل مواد المعرفة التي لها خواص مشتركة مرة واحدة بدلا من تسجيلها في مداخل منفصلة.

ويمكن قياس قوة البرنامج بالقدرة على معالجة الحجج غير الدقيقة، خاصة العمليات الاستقرائية، والتي هي دائمًا أصعب من العمليات الاستباطية البحتة، وهنا يمكن أن نشير إلى فكرة الاستدلال «بالسلبية»، والتي تختلف عن المنطق الصوري، والرياضيات في أنها تستخدم حين نضطر إلى اتخاذ القرار في غيبة معلومات كاملة. ففي الرياضيات لا يمكن قبول أحكام ما لم يتم التوصل إليها بتطبيق قوانين الاستدلال على مقدماتها الأولية، بينما كثيراً ما نضطر في حياتنا اليومية إلى التسليم بقصور معرفتنا، وتتوصل إلى نتائج لا يمكننا أن ثبت صحتها بدقة ولكنها تبدو لنا معقوله بل وكثيراً ما نصفها بأنها «معقولة». وسنعرض في هذا القسم صياغة

المنطق التقليدي أولاً ثم نؤكد على حاجتنا لأن نكون قادرين على محاكاة هذا الشكل غير المحكم من الاستدلال.

٩

منطق الدرجة الأولى

First Order Logic

يتناول هذا الفصل نظام المنطق الصوري الذي اهتم به الفلاسفة والرياضيون لزمن طويل. وكان جون مكارثي هو أول من اقترح استخدام هذا المنطق لتمثيل عمليات الاستدلال واتخاذ القرارات، وذلك في بحث قدمه عام 1958 . ونصف أولاً حساب القضايا propositional calculus باعتباره أداة مفيدة، إلا أنه غير قادر على التعبير عن غالبية المسائل التي يعني بها الذكاء الاصطناعي، كما نعرض لامتداده إلى حساب المحمول predicate calculus، ونعطي أمثلة عديدة لمسائل التي يمكن أن يعبر عنها بسهولة في الصياغة الصورية الأخيرة.

حساب القضايا Propositional calculus

يتحدد حساب القضايا بمجموعتين من القوانين، هما مجموعة قوانين التراكيب التي تحكم شكل الإفادة التي يمكن أن يعبر عنها في اللغة، وتلك التي تحكم اشتقاق إفادات جديدة من إفادات قديمة. ويعين لكل إفادة قانونية (تسمى قضية proposition) قيمة واحدة من بين اثنين هما الصدق

والكذب اللذان يسميان «قيم بولية» Boolean values باسم عالم الرياضيات والمنطق، جورج بول (1815-1964 م).

إذا نظرنا إلى القضيتين التاليتين: «ريجان هو رئيس الولايات المتحدة»، و«مدريد عاصمة بلجيكا»، نجد أن واحدة منهما فقط صحيحة في هذهلحظة (1984 م). ويمكن التعبير عن قضيائنا أكثر تعقيداً باستخدام الروابط المنطقية Logical connectives والتي عادة ما تكتب بالشكل الآتي:

ـ	أو	&	ـ	ـ
V	ـ	ـ	ـ	ـ
ـ	ـ	ـ	ـ	ـ
ـ	ـ	ـ	ـ	ـ

ـ تتضمن $\neg \neg p$ أو

ويمكن استخدام هذه الروابط للتعبير بلغة صورية عن قضيائنا مثل «الجورب إما على المنضدة أو في الدرج» أو «هنري ليس عالم رياضيات أو عالم طبيعة». لاحظ أن «أو» هنا متضمنة inclusive في هذه اللغة الصورية بينما غالباً ما تكون استبعادية exclusive في حياتنا اليومية، كما في الجملة السابقة عن الجورب. فالقضية $A \vee B$ تكون صادقة صورياً إذا كانت أي من A أو B صادقة أو في حالة كون الاثنين صادقين، ولكن إذا ثبت لنا صحة إحداهما، فلا حاجة لنا للنظر في قيمة صدق الأخرى.

والقضية $A = B$ صادقة إذا تساوى A و B في الصدق أو الكذب، أما إذا اختلفا في قيمة الصدق تكون القضية كاذبة.

وتعني القضية $A \equiv B$ أنه إذا كانت A صادقة، فكذلك تكون B ، وعلى هذا فـ $A \equiv B$ تكون صادقة إذا كانت B صادقة، وكذلك إذا كانت A كاذبة. وقد يبعث الإثبات الأخير على الدهشة، ولكن يمكن التدليل على صحته بإعطاء مثال كالآتي: «إذا كنت في باريس، إذن أنا في فرنسا»، وهو يعادل منطقياً «أما أنا في فرنسا أو لست أنا في باريس». إن قيمة صدق القضياء الشرطية لا تتضمن دائمًا بالبديهة، فمثلاً: «إذا استطاعت الخيول أن تتكلم، فإن الخنازير يمكنها أن تطير» صادقة. ونفي قضية A يكون صادقاً إذا كان $\neg A$ كاذبة والعكس صحيح.

وتحدد القائمة التالية الروابط المنطقية الخمسة بفعالية حيث «ص» تعني صادقة، وـ «ك» كاذبة:

منطق الدرجة الأولى

$\neg A \rightarrow B$	$\neg A$	$\neg B \rightarrow A$	$\neg B$	$A \wedge B$	$\neg A$	B	$\neg A \vee B$	$\neg A$
$\neg \neg A$	$\neg \neg$	$\neg \neg B$	$\neg \neg$	$\neg \neg (A \wedge B)$	$\neg \neg$	$\neg \neg B$	$\neg \neg (A \vee B)$	$\neg \neg$
$\neg \neg A$	$\neg \neg$	$\neg \neg B$	$\neg \neg$	$\neg \neg (A \wedge B)$	$\neg \neg$	$\neg \neg B$	$\neg \neg (A \vee B)$	$\neg \neg$
$\neg \neg A$	$\neg \neg$	$\neg \neg B$	$\neg \neg$	$\neg \neg (A \wedge B)$	$\neg \neg$	$\neg \neg B$	$\neg \neg (A \vee B)$	$\neg \neg$
$\neg \neg A$	$\neg \neg$	$\neg \neg B$	$\neg \neg$	$\neg \neg (A \wedge B)$	$\neg \neg$	$\neg \neg B$	$\neg \neg (A \vee B)$	$\neg \neg$

ويعتمد حساب القضايا على القانون المسمى مودوس بونينتز Modus ponens والذي يقول إنه إذا كان $P \rightarrow Q$ وكان P صادقة، فلابد أن تكون Q أيضاً صادقة. ويكتب هذا صورياً بالشكل التالي:

$$(A \wedge (A \rightarrow B)) \rightarrow B$$

كما أن هناك أيضاً قانونان يسميان «قوانين دي مورجان» de Morgan's laws.

$$\neg(A \wedge B) = \neg A \vee \neg B$$

$$\neg(A \vee B) = \neg A \wedge \neg B$$

والتعبير الصوري لمنهج the reductio ab absurdum في الاستدلال كالتالي:

$$(A \rightarrow (\neg B \rightarrow \neg A))$$

ويمكن تطبيق هذه الطريقة إذا كان هدفنا إثبات $A \rightarrow B$ ، فإنه يمكننا تحقيق ذلك بافتراض أن B كاذبة، ونوضح أنه في هذه الحالة تكون $\neg B$ كاذبة، وهذا ينافي الفرض بأن A صادقة، وعلى ذلك فلابد أن تكون $\neg A$ صادقة.

حساب المحمول Predicate Calculus

لا يمكننا استخدام حساب القضايا في التعبير عن جمل كثيرة تهم الذكاء الاصطناعي، بل وميادين أخرى أيضاً، فمثلاً عندما نود أن نذكر حقائق عن الأشياء في العالم، يجب أن تكون قادرین على أن نعين بدقة الأشياء ذاتها التي نشير إليها (مسألة الضعيفين instantiation)، وأن نذكر ما إذا كنا نقصد كل من ينتمي إلى مجموعة معينة أم بعضاً منها فقط. ويسمح لنا حساب المحمول وهو امتداد لحساب القضايا-بذلك، وذلك باستخدام فكريتي المحمول predicate والرسور quantifier. والرسور نوعان: الرسور الكلي universal quantifier والرسور الوجودي existential quantifier وأهم ما

يميز حساب المحمول عن حساب القضايا هو تقديمها لفكرة المتغير variable . والمحمول هو تابع أو دال function له حد أو أكثر argument ، ويعطي أحد قيم الصدق. وبذلك يعرف المحمول (كلب) على الوجه التالي:

كلب (س): «س هو كلب».

ويكون هذا المحمول صادقاً إذا كان «س»-بوببي، ويكون كاذباً إذا كان «س»-ب بوسى.

ومن المتبع استخدام الحروف الأخيرة من الأبجدية الإنجليزية للمتغيرات واستخدام الحروف الأولى أو المعرفات الرمزية (الأسماء) مثل بوسى أو مدريد كثوابت. ويمكن للمحمول أن يعرف علاقة أو يحدد فعلاً مثل:

يعطي (س، ع، ف)

ويمكن أن يعني هذا «س يعطي ع إلى ف».

والتابع تمثيل لفكرة المحمول، وهو قادر على إرجاع قيمة من أي نوع، بولية، أو رمزية، أو عددية. فالتابع:

عاصمة(س)

يرجع القيمة «روما» عندما تكون «س» = إيطاليا.

ويمكن دمج المحمول والتابع، ولكن بمراعاة بعض القيود على ذلك، فمثلاً إذا دمنا المحمول «كلب» م مع التابع «عاصمة» بالترتيب التالي: كلب (عاصمة «س»)، وإذا كانت «س» = إنجلترا، يكون المحمول المراد تقييمه هو كلب (لندن)، والذي ربما كان كاذباً. أما إذا عكسنا ترتيب التابع والمحمول وأصبح «عاصمة (كلب «س»)، فيكون التابع المراد تقييمه هو عاصمة (كاذب)، بمعنى «ما هي عاصمة كاذب؟» والذي من الواضح أنه سؤال لا معنى له.

الأسوار Quantifiers

هناك نوعان من الأسوار: السور الكلي، ويعني «لجميع»، والسور الوجودي ويعني «يوجد».

مثال: «كل كلب حيوان» يعبر عنها منطقياً كالتالي:

(\forall س) (كلب (س) \iff حيوان (س)).

«كل ولد يمتلك دراجة» يعبر عنها كالتالي:

(\forall س) (\exists ع) (ولد (س) \rightarrow دراجة (ع) \wedge يمتلك (س، ع)).

منطق الدرجة الأولى

وتعني الإفادة الثانية أن لكل من كان ولد (س)، هناك دراجة (ع) بحيث أن (ع) يملكتها (س).

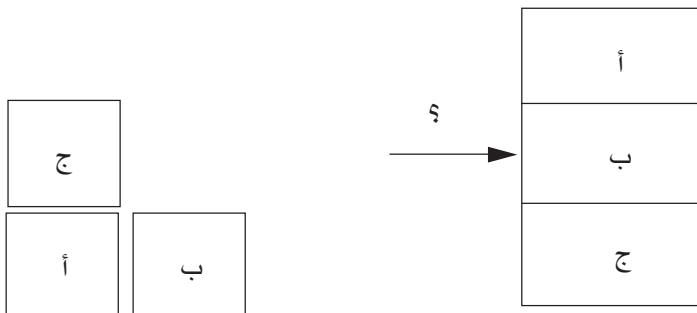
قواعد الاستدلال Rules of inference

تمكننا قواعد الاستدلال من التوصل إلى إفادات جديدة مشتقة من إفادات موجودة من قبل، باستخدام قانوني مودوس بونينز للذين عرفناهما فيما سبق والخاصيص الكلي الذي ينطوي على إحلال المتغير المسور بثابت: $\forall s (q(s)) \rightarrow q^{(1)}$

وتسمى هذه العملية «الاستبدال»، وعملية تساوي تعبيرين مصوريين عن طريق الإحلال تسمى التوحد unification. وقد أثرت خوارزمية التوحد لروبينسون⁽²⁾ تأثيراً هاماً في أبحاث إثبات النظرية theorem Robinson ، (انظر على سبيل المثال نيلsson⁽³⁾ Nilsson .

تطبيقات في حل المسائل: تجميع الكتل

يوضح شكل 9-أ مسألة مطلوب حلها: أ و ب و ج ثلاثة كتل متطابقة، مرتبة في البداية كما هو مبين على اليسار، حيث أ و ب موضوعان على المنضدة، بينما ج موضوعة فوق أ، و ب حرفة بمعنى أنه لا تستقر أي كتلة عليها. والمطلوب هو تغيير الترتيب إلى ما هو مبين في الجانب الأيمن، حيث ج مستقرة على المنضدة، و ب على ج و أ على ب، مع الالتزام بقاعدة تقول إنه لا يمكن تحريك إلا كتلة واحدة كل خطوة.



شكل 9-أ المسألة المطلوب حلها

يمكن للتعبير عن الصورة الأولية للمسألة على النحو التالي:

تصور أولى: على (أ،ج)

على-المنضدة(أ)

على-المنضدة (ب)

حرة (ج)

حرة (ب)

وتكون الصورة النهائية (الهدف) على النحو التالي:

تصور نهائي: على (أ، ب)

على (ب، ج)

على-المنضدة (ج).

ولابد من تعريف المحمول «حر»، كما لابد من إعطاء القواعد التي تحدد الظروف التي تجعل كتلة ما حرة. ويعطي البرنامج القواعد التالية ويحاول تطبيقها بترتيب مختلف.

1- حرة (أ) $\leftarrow\rightleftharpoons$ (ع) على (ع، أ).

بمعنى إذا كانت كتلة حرة فإنه لا تستقر عليها أي كتلة أخرى.

2- على (ع، أ) Λ ابعد (ع، أ) \Rightarrow حر (أ) Λ على (ع، أ).

يعرف فعل «ابعد» بأنه تحرير كتلة لم تكن حرة من قبل.

3- حر(أ) Λ حر(ع) Λ تجميع (أ،ع) \Rightarrow على (أ،ع).

تعريف «تجميع» أو «تكوين» الذي ينتج عنه استقرار كتلة فوق أخرى.

وعلى البرنامج-مزودا بهذه القواعد-أن يجد سلسلة من الأعمال التي

تؤدي إلى تغيير الشكل من صورته الأولية إلى صورته النهائية.

وهذه المشكلة نموذج للإنتاجية التي تعرض لها في الفصل الثاني عشر.

والاستراتيجية هي أن يحاول البرنامج تحقيق سلسلة من الأهداف

الفرعية. يأخذ البرنامج «على (أ، ب)» كهدفه الفرعي الأول، ويبحث عن

قاعدة تؤدي إلى «على (س، ع)»، فيجد القاعدة رقم 3، فيحاول البرنامج

تطبيق هذه القاعدة مستبدلا «س» ب أ، و «ع» ب، وبذلك يضع الهدف

الفرعي الأول (هدف 1).

هدف 1: حر(أ)

حر(ب)

تجميع (أ، ب).

ولتحقيق ذلك لابد من تحقيق «حر (أ)»، ولذلك يقوم البرنامج بتطبيق القاعدة رقم 2، مستبدلا «س» = أ، وبذلك يضع الهدف الفرعي الثاني (هف 2):

هف 2: على (ع، أ)

بعد (ع، أ).

ويستطيع البرنامج حينئذ تحقيق «على (ع، أ) بسهولة، مستبدلا ع = ج، لأنه سبق أن أعطى «على (ج، أ)». ويعطي هذا «ابعد (ج، أ) كأول عمل حقيقي يؤدي. وشرط أن يكون «أ» حرا «حر(أ)» أصبح محققا، وهكذا يصبح تحقيق «جمع (أ، ب) ممكنا الآن.

ولتحقيق الهدف النهائي، لابد من تتنفيذ «على (ب، ج) بتطبيق القاعدة رقم 3، وذلك يتضمن هدفا فرعيا جديدا:

هف 3: حر(ب)

حر(ج)

جمع (ب، ج).

تحدد القاعدة رقم 1 الشروط لكي تكون (ب) حرة:

حر(ب) = (٧ ع) [على (ع، ب)] ←→ [على (أ، ب)].

(أي إذا كانت ب حرة، فليست هناك كتلة مستقرة على ب، وبالتالي لا يمكن أن تكون أ مستقرة على ب)، وبذلك يلزم تطبيق القاعدة رقم 2 لتنفيذ «ابعد (أ، ب)»، ملغيًا نتيجة العمل السابق «جمع (أ، ب)». ليس لدى البرنامج وسيلة لمعرفة أن «ابعد» هي الفعل العكسي ل «جمع» (ولكن بمجرد تحقيق «على (ب، ج)» فإن الفعل الثاني «جمع (أ، ب)» يحل المشكلة).

ويوضح هذا المثال أن الترتيب الصحيح للأهداف الفرعية يمكن أن يعطي حلًا أسرع للمسألة. وهنا لا يكون الهدف الفرعي «على (أ، ب)» مستقلًا عن «على (ب، ج)»، فتحقيق الأول يعني تحقيق الثاني، بينما لا يشكل الثاني أي عائق أمام الأول، ولو درس هذا القيد في البداية، لأمكن تجنب تنفيذ «على (أ، ب)» الذي أوقف بعد ذلك وتم التراجع عنه. إن استخدام هذا النوع من الحجة المعرفية heuristic reasoning مع ملاحظة أن تحقيق أحد الأهداف الفرعية قد يعوق تنفيذ هدف آخر-يميز بين بحث

توليد الخطة NOAH لا يزال ساكردوتى⁽⁴⁾ Earl Sacerdoti نتائج جيدة جداً بالنسبة للمسائل التي تحتاج مثل هذا المنهج.

ويمكن التعبير عن كثير من المسائل ذات الطبيعة الاستيباطية مثل المسألة التي نقاشناها أعلاه أو مشكلة برج هانوي الشهيرة^(*). باستخدام المنطق من الدرجة الأولى، ولكن هذه في الحقيقة مجرد ألعاب منطقية، وغالبية المسائل التي يواجهها الإنسان ذات الطبيعة الاستقرائية أكبر بكثير من هذه الألعاب، ومثال ذلك فهم وتفسير السجل الطبى للمريض، فمثل هذه المشاكل تتطلب تناول بيانات غير مؤكدة، بل قد تكون خاطئة، ولا يمكن التوصل إلى حل إلا بالقيام بعمليات استدلالية معقدة، مثل وضع فرض مبدئي، يؤكّد تدريجياً كلما توافرت معلومات أكثر، مع إجراء الكثير من التأكيدات لاكتشاف الأخطاء... وهكذا. ولهذا تم تطوير صياغات رسمية أخرى بخلاف المنطق من الدرجة الأولى لإمكان وضع طبيعة العمليات الإدراكية للإنسان موضع الاعتبار.

وكان المنطق من الدرجة الأولى أول التقنيات التي استخدمت في استفسار قواعد البيانات كما في برنامج SIR وقد أعطى جرين⁽⁶⁾ مثلاً لسؤال موجه إلى قاعدة بيانات به متغيرات حرة، وعلى البرنامج أن يجد في قاعدة المعلومات الوحدات التي ترتبط بهذه المتغيرات حتى يجب على الاستفسار، كما ناقش جالير ومينكر Minker & Gallaire⁽⁷⁾ في كتابيهما استخدام المنطق في قواعد البيانات، وقد اهتم ليفيسيك Levesque⁽⁸⁾ بوجه خاص بقواعد البيانات، التي تكون فيها المعلومات غير كاملة، فإذا كان السؤال مثلاً «كم عدد أبناء ماري؟» موجهاً إلى برنامج يفترض أن المعلومات التي بقاعدة البيانات كاملة، سيقوم ببساطة بحساب عدد الأفراد الذين

(*) تلخص مشكلة برج هانوي الشهيرة في أن هناك ثلاثة معطبات مثبتة فوق لوح خشبي، وفوق إحدى المعطبات يوجد عدد «ن» من الأقراص ذات أحجام مختلفة، متراصة بترتيب متزايد في الحجم من الأصغر في القمة إلى الأكبر على القاعدة. والمطلوب هو نقل هذه الأقراص من المصطبة الحالية إلى مصطبة أخرى مع اتباع قواعد معينة، من بينها أنه لا يجوز نقل أكثر من قرص في المرة الواحدة، وأنه لا يجوز أن يوضع قرص فوق قرص أصغر منه، وأن المصطبة الثالثة يمكن استخدامها عند الحاجة. وهناك مناقشة لهذه المشكلة في نيلسون Nilsson⁽³⁾ أثناء عرضه لحساب المحمول.

ينطبق عليهم معيار «ابن ماري». ويؤكد ليفيسيك أنه لابد من وجود لغة يمكن استخدامها للتعبير عن مجال الاستفسار وعما تعرفه قاعدة البيانات عن هذا المجال، للإجابة على مثل هذا السؤال بشكل صحيح.

المراجع

- (1) McCarthy J. (1968), Programs with common sense, in Semantic Information processing, M. Minsky (ed.) Cambridge, Mass. MIT Press (Article originally appeared in 1958).
- (2) Robinson J. A. (1965), A Machine-oriented logic based on the resolution principle, JACM 12(1), pp. 23-41.
- (3) Nilsson N. (1980), Principles of Artificial Intelligence, Palo Alto California, Tioga Publishing Company.
- (4) Sacerdoti E.D. (1975), A structure for plans and behavior, Technical Note 109, AI Center, SRI International, Menlo Park, California.
- (5) Raphael B. (1968), SIR: A computer program for semantic information retrieval, in semantic information processing, Cambridge, Mass. MIT Press (original article in 1964).
- (6) Green C. (1969), The application of theorem-proving to question-answering systems, Ph.D. thesis, Dept. of Electrical Engineering, Stanford University.
- (7) Gallaire H. Minker J. (Eds.) 1978, Logic and databases, New York, Plenum Press.
- (8) Levesque H.J. (1983), The logic of incomplete knowledge bases, in Conceptual Modelling: Perspectives from artificial intelligence, Databases and programming languages, Bordie, Mylopoulos and Schmidt (eds.), New York, Springer-Verlag.

١٠

التمثيل الإجرائي

مقدمة

لا يوجد في مواد المعرفة المعلنة declarative knowledge ما يدل على كيفية استخدامها، بينما تحتوي مواد المعرفة الإجرائية procedural knowledge على معلومات واضحة حول هذه النقطة. الأولى لها طبيعة مواد البيانات التي تستخدمها برامج الحاسوب، بينما الثانية هي البرنامج ذاته، ويتربّ على هذا التعريف أن التمثيل الإجرائي procedural representation هو الوحيد من بينهن الأنواع الخمسة التي نصفها في هذا الجزء من الكتاب الذي لم يؤكد الفائدة العظيمة للشكل المعلن.

ويظهر الفرق بين التمثيل المعلن والإجرائي بوضوح في مجال اللغات الطبيعية، فيمكن تعريف المركب الاسمي بإضافة معلنة في شكل قواعد قليلة للنحو، وتتفذ هذه القواعد بواسطة برنامج قادر على تقرير ما إذا كان تتبع كلمات العبارة يطابق عدداً من المعايير اللغوية أم لا؟ وإذا لم تتطابق قاعدة لغوية على هذا التتابع، تجرب قاعدة أخرى. ويشمل التمثيل الإجرائي البرنامج الذي يمسح δ cano الكلمات، والقواعد التي تعرف المركب الاسمي. ولن

يفوت القارئ اليقظ أن يلاحظ أن مادة المعرفة المعلنة لا يمكن أن تظل قائمة بذاتها، ولكن يجب أن تتم بإجراءات تفسيرية، وبذلك لا يمكن أن يكون البرنامج معلناً كلياً، لكن يمكن أن يكون إجرائياً تماماً. وتنطلب كتابة برنامج يحتوي على معرفة معلنة بدرجة عالية استخدام لغة برمجة ذات تركيب «متسع» wide öyntax ليسمح بالتعبير عن التوسع الكبير في المعلومات، بينما يجبر التركيب المحدد المبرمج على أن يحيل معظم المعلومات إلى الأجزاء الإجرائية من البرنامج.

يوضح ذلك تمثيل الجملة التالية^(١).

جميع الجنود الإسرائيليين والأمريكيين مدربون.

فيكون التمثيل المعلن لها باستخدام المنطق من الدرجة الأولى:
 $\Lambda(s) \text{ (جندي (س))} \wedge \Lambda(\text{إسرائيلي (س)}) \wedge \Lambda(\text{أمريكي (س)}) \leftarrow \text{مدرب (س)}$

أما الصورة الإجرائية فتكون بالشكل التالي مع استخدام لغة البرمجة-
^(٢)MICRO PLANNER :

(نتيجة(مدرب ؟س))

هدف (جندي ؟ س))

(أو (هدف إسرائيلي ؟ س))

(هدف أمريكي ؟ س)))

ويمكن أن يستخدم التمثيل المعلن لتقرير ما إذا كان شخص ما مدرباً أم لا، وكذلك لإثبات أن الجندي الذي لا يكون مدرباً ليس الإسرائيلي. ويمكن أن يستخدم التمثيل الإجرائي بهذه الكيفية، لإثبات أن فرداً ما «س» مدرب، أثبتت أولاً أنه جندي، فإذا نجحت في ذلك، أثبتت أنه الإسرائيلي، فإذا نجحت في ذلك، وهذا هو البرهان، وإذا فشلت أثبتت أنه أمريكي، ويحتل ترتيب الحدود termo والاستدلالات أهمية خاصة.

ونعرض الآن للمميزات والعيوب النسبية لشكل التمثيل، وقد ثار جدل كثير^(٣) حول هذا في بداية السبعينيات.

مميزات الصور المعلنة للمعرفة

سهولة القراءة: فقراءة مواد البيانات أسهل بكثير من قراءة برامج

التمثيل الإجرائي

الحاسب خاصة لغير المختصين، ويوضح أهمية هذا المبدأ العام من المثال أعلاه.

الإيجاز والمرونة. فالجملة التي تحوي عدة متغيرات لا يلزم كتابتها بالصورة المعلنة سوى مرة واحدة فقط، ويمكن استخدامها عدة مرات بطرق مختلفة في مناسبات مختلفة وفقا للنتائج المرجوة، لكن الصورة الإجرائية لنفس المعرفة يجب أن تكرر في كل برنامج يستخدمها، لأن توجيه الاستدلال والقيود على المتغيرات قد تختلف من برنامج لآخر. ولهذا تميز الصورة المعلنة بالإيجاز والمرونة.

سهولة التعديل. البنية المعلنة أسهل في التعديل، كما يمكن إضافة معلومات جديدة بسهولة أكثر. ولهذا أهمية خاصة في تطور برامج الذكاء الاصطناعي، وإعطائها القدرة على التعلم من الممارسة، أي القدرة على أن يعدل البرنامج نفسه من سلوكه (انظر الفصل التاسع عشر).

مميزات الصور الإجرائية

ما وراء المعرفة: يعبر عن بعض مواد «المستوى الثاني» للمعرفة وهي نوع من «ما وراء المعرفة»-بسهولة أكثر في الصور الإجرائية: فالعلاقة «قريب من» يمكن أن تعامل كعلاقة انتقائية⁽⁴⁾ بشرط ألا تستخدم أكثر من اللازم في سلسلة استباطية. ولا تناسب الصور المعلنة هذا النوع من المعلومات جيدا، لأن استخدامها يتطلب التوصل إلى البنية العميقية للخطوات الحسابية كالخطوات التكرارية مثلا.

اعتماد صورة المعرفة على استخدامها مستقبلا:

نظريا، يمكن كتابة بيانات المعرفة دون اعتبار لاستخداماتها في وقت لاحق، ولكن من الناحية العملية يكون ذلك دائما في ذهن كاتب البرنامج. انظر إلى هذه الجملة المستخدمة في تشخيص أمراض النبات:
«إذا وجدت بقعا على أوراق النبات، وكانت هذه البقع في شكل قرح، فإن من المحتمل أن فطر كذا وكذا موجود».

من الواضح أن الجزء الثاني من الجملة لا يقيم إلا إذا كان الجزء الأول صادقا، وأي كاتب للبرنامج يدرك أن الإجراء التفسيري سوف يقيم أجزاء

القضية بترتيب معين، وعادة ما يكون هذه هو نفس الترتيب الذي كتبت به. الضرورة القصوى. هناك دائماً مستوى نهائى يجب أن تفسر عنه أي معلومات معلنة وأن تتفذ بإجراء ما أو بعبارة أخرى هناك دائماً أجزاء من المعلومات لا يمكن اختصارها ويتحتم أن يبرمج وبالتالي يصبح بالضرورة جزءاً من صورة إجرائية.

التقويم العام للنظم الإجرائية

تمثل Micro-planner نموذجاً جيداً للغات البرمجة الإجرائية: قاعدة للمعرفة مكونة من بيانات وبراهين نظرية theorem، والأخيرة عبارة عن إجراءات معالجة تعمل كلما طرأ تعديل على قاعدة المعرفة وكلما تحققت شروط سابقة.

وبالإضافة إلى أن جميع الاستدلالات في هذه الإجراءات تسير دائماً في اتجاهات واضحة ومحددة، فإن الفرق الرئيسي بينها وبين قواعد الإنتاج (انظر الفصل الثاني عشر) يكمن في أن هذه البراهين يمكن أن يستدعي كل منها الآخر، بينما لا تتصل قواعد الإنتاج ببعضها أبداً إلا عن طريق مفسر. وتعطي هذه الخاصية نظم الإنتاج ميزة أساسية هي قابليتها للتراكيب modularity، وقد أدى هذا إلى التخلص عن النظم الإجرائية الخالصة إلى حد كبير. كما أن من بين عيوب النظم الإجرائية أيضاً صعوبة التحكم في عدد الاستنتاجات التي تفرزها، والتي رأى كثير من الباحثين فيها حجة ضد استخدام هذه النظم في التطبيقات الواسعة.

المراجع والحوالات

- (1) هذا المثال ليس ترجمة للمثال الموجود في النص الإنجليزي، ولكنه يتحقق نفس الغرض، وقد استخدمناه لأن المثال بالنص الإنجليزي قد يصعب فهمه على القارئ العربي. (المترجم).
- (2) Hewitt C(1972), “Description and theoretical analysis (using logic-mata) of PLANNER: a language for proving theorems and manipulating models in a robot”. Memo AI-TR-258, MIT.
- (3) Winograd T.(1975), Frame representation and the declarative/ procedural controversy”, in Representation and understanding: studies in cognitive science, Bobrow and Collins (eds), New York, Academic. Pp. 185-210
- (4) يوضح المثال التالي ما نعنيه بالانتقالية:
إذا كان $A = B$, $B = C$
إذن $A = C$ (المترجم).

الشبكات الدلالية

مقدمة

ت تكون الشبكة الدلالية من مجموعة من العقد تربطها أقواس arcs وبوجه عام تمثل العقد مفاهيم بينما تعطي الأقواس العلاقات بين هذه المفاهيم. وعادة ما تسمى العقد البسيطة بأسماء المفاهيم التي تعبر عنها، أما العقد الأكثر تعقيداً فليس لها بالضرورة أسماء، وهي نفسها شبكات دلالية فرعية. وتتسق فكرة استخدام الشبكات الدلالية لتمثيل المعرفة الإنسانية إلى كويليان Quilian^(١). ويمكن تمثيل عبارة «يطارد بوبى بوسى» على الوجه التالي:

كما يمكن تمثيلها كتابة كالتالي:
 وعادة ما يرتبط مفهوم ما بمجموعة أو أسرة، ويكون هو عضواً فيها، وباستخدام «ع» لتدل على «عنصر من» يمكن أن نعطي شبكة أكثر تعقيداً:

تطور التمثيل باستخدام الشبكات

لننظر إلى جملة أكثر تعقيداً مثل «يطارد بوبى القطة ذات الفراء الطويل». تقول هذه الجملة إن بوبى (وهو كلب) يطارد كائناً وهو قط يمتلك شيئاً وهو (الفراء) الذي له خاصية معينة وهي خاصية أنه طويل. من الممكن تمثيل هذه الجملة بالشكل التالي حيث «م» تدل على الملكية:

وغالباً ما تكون العقد غير المعونة حالات خاصة لمفاهيم أعم، ويمكن أن تعنون في حالة الضرورة بالإضافة لاحقة كما في «قط-ا» أعلاه، وتتصل بالمفهوم الأعم بقوس يسمى «ع» ليدل على علاقة العضوية.

إذن تربط العلاقة «ع» الفرد individual بالمجموعة أو العائلة التي هو عضو فيها، وهناك علاقة أخرى «ف»، ودلالتها «مجموعة فرعية من»، تربط المجموعة بمجموعة أكبر أو بطبقة أعم وأكبر. وبهذا يمكن التعبير عن الجملة: «بوبى كلب وهو حيوان» كالتالي:

قد يلاحظ القارئ أنه من الممكن عنونة العقدة «بوبى» بـ«بوبى-ا» لتشير أن هذا الكلب المعين هو عضو في مجموعة الكلاب التي تشتراك في الاسم «بوبى»، وربطها بقوس «ع» لتعلق بعقدة «بوبى». وقد يلاحظ القارئ أيضاً أن «هو» و«هو» في الجملة «بوبى هو كلب وهو حيوان»، مختلفتان في المعنى، ولابد لأى ميكانيكية استدلالية أن تتعامل مع كل منها بشكل مختلف. والخواص «خ» للعقدة الأم عادة ما «يتوارثها» العقد الأبناء، وهكذا يمكن استنباط أن الكاناري له أجنحة وجلد من الأقواس الصاعدة المعرونة «ف»:

وبعض الخواص لا تنتقل بواسطة العلاقة «ع» وهكذا يمكن أن نستربط من الشكل التالي أن الطائر أبا الحناء بوجه عام يدرسه علماء الطيور ولكن لا نستطيع القول إن أبا الحناء المسمى «بول» يدرسه علماء الطيور.

وقد لفت وليم وودز⁽²⁾ وجاري هيندريكس⁽³⁾ الانتباه إلى خطورة انعدام التقني في هذه الصياغة الرسمية، وإلى الحاجة لقواعد تحكم ما يمكن تمثيله بالأقواس حتى نقلل من خطورة التوصل إلى استنتاجات زائفة نتيجة لاتباع سلسلة من الحلقات.

وحتى في تمثيل الجمل البسيطة تظهر المشاكل، ففي تمثيل بسيط مثل:

إذا أردنا إضافة «بالمطرقة»، لا نعرف أين نضعها، ويؤدي هذا إلى فكرة أن نأخذ الفعل كمكون رئيسي في التمثيل. وبهذا يكون تمثيل الجملة «ضرب جون ماري بالمطرقة في الحديقة الليلة الماضية» بالشكل التالي:

الشبكات الدلالية

إلا أن مثل هذا الرسم التوضيحي، غير كاف، بأي حال من الأحوال، لجملة مثل «ضرب جون ماري لكم هنري جيمس»، فإذا عبرنا عن الجملة كما يلي، فلن يكون واضحاً من ضرب من:

ولهذا من الأفضل أن نمثل نفس الحدث بعقدتين مختلفتين هنا، بالإضافة إلى الاسم العام للحدث «يضرب» وهكذا يكون التمثيل كالتالي:

ويمكن إدخال المعلومات الخاصة بفاعل الفعل والمفعول.. الخ ضمن المفهوم العام «يضرب»، مما يجعل اختبار صحة الجملة ممكناً. ويوضح ذلك الرسم التالي حيث تظهر الصفات العامة في الجانب

الأيمن والمحدة في الجانب الأيسر:

لاحظ أنتا ذهينا من رسم نمثل فيه مفهوم «يضرب» بواسطة قوس إلى شكل آخر يظهر فيه نفس المفهوم كعقدة، وهكذا أصبح المفهوم محمولاً له عدد قياسي من الحدود مثل الفاعل والمفعول وحدود أخرى مثل الأداة، الزمن، المكان إذا لزم الأمر.

ويشبه ذلك نحو الحالات الإعرابية لفيلمور⁽⁴⁾ مع اختلاف نظرته إلى الزمن حيث يمثله كصيغة وليس كحالة. ويعبر الرسم التوضيحي التالي عن الجملة «حرس الكلب المنزل بعنابة طوال اليوم». وقد قدم سيمونز⁽⁵⁾ مساهمات هامة في مجال فهم اللغات الطبيعية وعلاقتها بتمثيل مثل هذه الجمل.

التصنيفات العامة Texonomies

كثير من العلوم الطبيعية والتجريبية لها فروع كثيرة يمكن أن تمثل ببساطة بناء شجرة تمثل العقد فيها المفاهيم الدالة، بينما تمثل الأقواس، علاقات مثل «مجموعة فرعية من» أو «عنصر من». ويمكن اعتبار هذه الأشجار شبكات دلالية مبسطة؟ وهي في الحقيقة شبكات دلالية تحصر فيها وظيفة الأقواس في التعبير عن العلاقات الهرمية مثل تلك التي أشرنا إليها توا، التي تستخدم بواسطة العمليات التي تعامل مع الشبكات، كميكانيكيات تحكم الوراثة، أي لنقل الخواص من العقدة الأم

(الخواص العامة) إلى أبنائهما (الخواص الأكثر خصوصية). ولا تكفي العلاقات التي سبق تقديمها «عنصر من» و«مجموعة فرعية من» للتعبير عن العلاقة بين العقد الشقيقة، أي بين العقد التي لها أم مشتركة، ولهذا استحدثت علاقات أكثر تخصصاً في بعض الصيغ وخاصة في الشبكات الدلالية المجزأة⁽³⁾ partitioned semantic networks مثل عم (عنصر مباشر-direct element)، وفم (فرع منفصل disjoint Subset).

ويوضح الرسم التالي قيمة العلاقة «عم». في بيتر وبول وجون متورطون في تحقيق بوليسي: فقد ارتكبت جريمة والثلاثة مشتبه فيهم، ويرتبط الثلاثة بمجموعة الأدميين بواسطة قوس «عم» بينما يرتبط المجرم (غير معروف) بقوس «ع» لنبين أنه قد يكون أحد الثلاثة.

ويوضح الرسم التالي الفرق بين «ف» (مجموعة فرعية من) و«فم» (مجموعة فرعية منفصلة). فلا يمكن أن تكون مدينة ما أمريكية وفرنسية في نفس الوقت، ولكن منطقياً لا يوجد ما يمنع أن تكون مدينة كبيرة وجميلة في آن واحد.

إن استخدام هذه الأنواع المتقدمة من الأقواس يزيد من قوة الشبكة، وبذلك يمكن لبرنامج أن يستثني من هذا المثال أن ليون ليست مدينة أمريكية، ولكن لا يوجد ما يمنع البرنامج من أن يقرر أن Amsterdam من المدن الكبرى.

تجزئة الشبكات الدلالية Partitioning semantic networks

تسمح فكرة الشبكات الدلالية المجزأة-التي قدمها جاري هندركس⁽³⁾- لمجموعات من العقد والأقواس أن تجتمع سوياً في مساحات مجردة لتحديد مجالاً دلائياً لعلاقات مختلفة. ويمكن أن تنتهي كل عقدة وكل قوس إلى واحد أو أكثر من هذه المساحات، كما يمكن أن يكون هناك روابط بين عقد في مساحات مختلفة، ولكن يجب اعتبار جميع هذه الروابط عابرة لحدود المساحات المختلفة. وتعرف المساحات تجزئة الشبكة.

ويبيّن الرسم التوضيحي أدناه المأخذ عن هندركس تمثيل عبارة «هناك رجل يمتلك سيارة»، كما يبيّن صفة هامة للشبكات المجزأة وهي افتراض السور الوجودي عندما تخصص نجدة ما إلى مساحة من المساحات. وهنا تحتوي المساحة «م١» على معلومات خلفية، مثل معلومات عن الناس وملكية السيارات، التي قد تكون ذات فائدة في فهم الجملة. وتمثل م٢ «رجل معين ر»، والذي يقوم بدور الفاعل في الجملة. وتمثل م٣ مثلاً خاصاً لملكية وهي الترجمة لعبارة «يملك سيارة» إلى هذه الصور من التمثيل.

وفيما يلي مثال آخر لتجزئة جملة «يشرب بول النبيذ أو تأكل ماري الجبن»

ويمكن تمثيل النفي-أسوة بالانفصال-فتشتبدل العقدة «D» بالعقدة «N» والانفصال بالنفي. ويمكن التعبير عن التضمين إما باستخدام equivalence (\equiv) أو كما يوضح الرسم التالي:

الشبكات الدلالية

وهناك ميل قوي لاستخدام الأسوار الكلية في المعادلات المنطقية، فوفقاً لهندركس⁽³⁾ يمكن أن نكتب:

$$(\forall x \in x) p(x) \Leftrightarrow (\forall x) (\text{member}(x, X) \Rightarrow p(x))$$

وتكون قوّة هذه المعادلة في أن أي معادلة تصوير لسور الكلي يمكن ترجمتها إلى معادلة شرطية.

ولا يوجد تمثيل خاص لاقتراح القضايا المنطقية لأنّ هذا متضمناً. ولن يكون تمثيل الشبكات الدلالية الذي أعطينا أمثلة له -مؤثراً إلا بقدر ما يكون هناك من برامج للحاسوب قادرة على تناولها. وتعمل مثل هذه البرامج كخوارزمية توحيدية unification، بمعنى أنها تسعى لإحلال المتغيرات - وهي مجهولات نبحث لها عن قيمة- بثوابت، وهي تقوم بذلك بمقارنة السؤال بمجموعة من الجمل المتاحة. فسؤال مثل «من يشرب النبيذ؟» والذي يمكن تمثيله كالتالي:

يجري مقارنته بالرسم الذي يمثل «يشرب بول النبيذ» باستخدام تقنية مضاهاة التشكيلات pattern matching، ويستطيع برنامج الحاسوب بذلك أن

يجدر الحل بسهولة «س = بول». وهذه العملية متساوية تماماً لتلك التي
أعطيناها في الفصل التاسع عن المنطق من الدرجة الأولى.
وكثيراً ما يحدث أن إجابة السؤال لا تكون متاحة بشكل مباشر، ويطلب
التوصل إليها احتياز الشبكة وذلك باستخدام علاقات أو صفات تتعلق
ببيانات متضمنة. وقد قدم شوبرت⁽⁶⁾ ما أسماه «هيكل الاقتراب-
النطاق» access skele ton لهذا الغرض، ويوضح سؤال «هل الجامبو فيل؟؟، إننا قد
نخاطر إلى اختبار اللون، والشكل، والجوهر.. الخ للكيان موضع السؤال
لكل نجد إذا كانت هذه القيم الخاصة يمكن أن تصور فيلا.

خاتمة

لقد استخدمت الشبكات الدلالية في بناء أنظمة خبيرة، من بينها- PROS PECTOR, الذي يهتم بالتوقعات الخاصة باكتشاف المعادن mineral pros pecting (انظر الفصل السابع عشر)، والذي استفاد بدرجة عظيمة من هذه التقنية. وقد حاولنا في هذا الفصل أن نوضح أن قوة الشبكات تتزايد بتعقد الصياغة. ولابد أن يكون هناك دائمًا حل وسط بين تعقد هيكل البيانات والبرنامج المفسر، فكلما كان الهيكل مفهراً جيداً، كلما كان إرشاد المفسر أفضل. وقد أدت دراسة بنية الشبكات الدلالية إلى زيادة استخدام أنواع من التمثيل مولدة من قواعد الإنتاج والكيانات الهيكلية، وهما موضوعان متداولةهما في الفصلين التاليين.

وقد قام الباحثون في المجال بمحاولات لجعل هذه الصياغة أكثر دقة وأكثر تقنيناً، نذكر منهم رونالد براخمان⁽⁷⁾, Ronald Brachman مؤلف لغة

الشبكات الدلالية

البرمجة⁽⁸⁾ Klone، وشابирه⁽⁹⁾ الذي أشار باستخدام المنطق من الدرجة الأولى وأساساً الأسوار، وأعمال شوبرت⁽¹⁰⁾، وفالهمان⁽¹¹⁾ Fahlman وأسلوب البناء الذي اقترحه للقيام بعمليات حاسوبية متوازية بواسطة تطبيقات مصممة بمكونات مادية. وقد وجهت الأبحاث عن الشبكات الدلالية باضطراد لتحسين دقة وتماسك تمثيل المفاهيم المتصلة بالتطبيقات العملية. وقد أعطيناها اهتماماً أكبر هنا عن الأبحاث الأخرى للإمكانات الفلسفية في تمثيل المعرفة.

المراجع

- (1) Quillian M. R. (1968), Semantic memory, in Semantic Information Processing, M. Minsky (ed.), Cambridge, Mass., MIT Press, pp. 227- 270.
- (2) Woods W. (1975), What's in a link? Foundations for semantic networks, Representation and Understanding, Bobrow and Collins (eds.), New York, Academic Press, pp. 35- 82.
- (3) Hendrix G. (1979), Encoding knowledge in partitioned networks, in Associative Networks, N. Findler (ed), New York, Academic Press, pp. 51- 92.
- (4) Fillmore C. (1968), The case for case, in Bach and Harms (eds.), Universals in Linguistic theory, Chicago, Holt, Rinehart and Winston.
- (5) Simmons R. F. (1973), Semantic networks: their computation and use for understanding English sentences, in Computer Models of Thought and Language, Schank and Colby (eds.), Freeman, San Francisco.
- (6) Schubert L. K., Goebel R.G., Cercone N.J. (1979), Structure and organization of a semantic net, in Associative networks, Findler (ed.), New York, Academic Press, pp. 121- 175.
- (7) Brachman R. J. (1977), What's in a concept: Structural foundations for semantic networks, International Journal of Man-machine studies, 9, 2, pp. 127- 152.
- (8) Brachman R. J. (1979), On the epistemological status of semantic networks, in Associative networks, Findler (ed), New York, Academic Press, pp. 3- 50.
- (9) Shapiro S. C. (1971), A net structure for semantic information storage, deduction and retrieval, Advance papers of IJCAI-71, pp. 512- 523.
- (10) Schubert L. K. (1976), Extending the expressive power of semantic networks, Artificial Intelligence, 7, 2, pp. 163- 198.
- (11) Fahlman S. E. (1979), NETL: a system for representing and using real-world knowledge, Cambridge, Mass. MIT Press.

القواعد الإنتاجية

مقدمة

استخدمت صياغة القواعد الإنتاجية في ميدانين عديدة قبل ظهور الذكاء الاصطناعي بفترة طويلة، ومنها المنطق الرمزي لبوست^(١) Post وفي بعض الخوارزميات ماركوف, Markov وفي علم اللغة لتشومسكي^(٢) حيث استخدمت كقواعد إعادة الكتابة^(*) rewriting rules للتعرف على بنية جمل اللغات الطبيعية.

والقاعدة الإنتاجية هي (ازدواج- موقف- عمل)، بمعنى أنه كلما واجهنا موقفاً، يطابق الجانب الأيمن من القاعدة، قمنا بتنفيذ الجانب الأيسر من نفس القاعدة. وغالباً ما يكون التنفيذ باتخاذ قرار ما، ولكن ليس الأمر دائماً كذلك. إذ لا يوجد إلزام مسبق على شكل الموقف أو شكل العمل.

وعادة ما يكون للبرنامج الذي يعتمد على القواعد الإنتاجية ثلاثة مكونات:

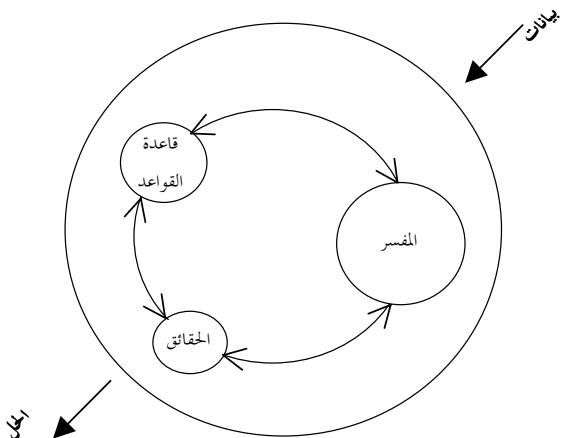
١- قاعدة القواعد المكونة من مجموعة القواعد الإنتاجية.

(*) قاعدة إعادة الكتابة تنص على تطابق سلسلتين من الرموز، مثل ذلك:
المجموعة الاسمية: <ج = أداة> <صفة> <اسم>

2- قاعدة الحقائق وت تكون من واحد أو أكثر من البيانات الهيكيلية التي تحتوي على حقائق معروفة مرتبطة بمجال الاهتمام، كما يمكن أن تشمل أيضا بعض التعريفات.

3- مفسر هذه الحقائق والقواعد، وهو أيضا الآلية التي تحدد أي قاعدة تطبق، وبأي ترتيب، وتببدأ العمل المناسب.

وللحقيق والقواعد تركيب معروف للمفسر، ولهذا يستطيع معالجتها منطقياً ويتوصل إلى صدقها أو كذبها، واستخلاص حقائق جديدة أو طمس حقائق معينة. وليس هناك فرق واضح دائماً بين «البيانات» و«الحقائق»، وسنعني «بالحقائق» هنا المعرفة الدائمة المضمنة في البرنامج، بينما تتعلق البيانات بموضوع محددة أو مشكلة معينة.



لم تكن فكرة فصل القواعد الإنتاجية عن آلية البرنامج المفسر-التي تسمى عادة آلية الاستنتاج دائمًا بنفس درجة الوضوح التي هي عليها الآن، حيث يراعي أن تتحدد القواعد شكلًا معيناً بقدر الإمكان حتى تسهل قراءتها إلى أقصى درجة ممكنة. فقد كانت السمة الإجرائية هي الغالبة في كثير من برامج القواعد الإنتاجية، حيث تختلط قاعدة المعرفة بطرق تفسير هذه المعرفة. وحتى الآن توجد برامج تتصل فيها القواعد بطرق عمل الاستنتاجات كما تتصل بالاستنتاجات نفسها. ويشكل الفصل الواضح بين

القواعد والمفسر تقدما منهجياً له تأثير عميق على مفاهيم الذكاء الاصطناعي وعلى أدوات البحث التي طورت حتى الآن. وكلما كانت صياغة القواعد الإنتاجية أبسط وأكثر اتساقاً-كلما تحسنت قدرة البرنامج على التعلم، حيث يدعم الانظام كلاً من تعميم وتصنيف القواعد الإنتاجية. إلا أن الصياغة المفرطة في التبسيط يمكن أن تحد من نوعية البيانات التي يمكن تمثيلها في مجال معين من مجالات المعرفة. وليس فاك توافق مثالي في التعقide بين صياغة القواعد والمفسر، كما ذكرنا من قبل حول تمثيل المعرفة بواسطة الشبكات الدلالية.

ولننظر إلى هذا المثال البسيط:

قاعدة القواعد:

قاعدة-1: إذا كان س حيوان، وس يموء، إذن س يكون قطا (قاعدة واحدة فقط).

قاعدة الحقائق:

حقيقة-1: فيلكس حيوان

حقيقة-2: فيلكس يموء

قاعدة الحقائق بعد مسح المفسر للحقائق والقواعد:

حقيقة-1: فيلكس حيوان

حقيقة-2: فيلكس يموء

حقيقة-3: فيلكس قط (وهذه حقيقة جديدة توصل إليها البرنامج بتطبيق

قاعدة-1 بإحلال فيلكس للمتغير «س» س-فيلكس.

قاعدة القواعد

من المبادئ الأساسية في البرمجة المعتمدة على القواعد أن كل قاعدة تمثل بندًا مستقلًا من بنود المعرفة يحتوي على جميع الشروط المطلوبة لتطبيقها. وأول نتيجة طبيعية تترتب على ذلك أنه لا توجد آلية في أي مكان آخر-سوى القاعدة نفسها-يمكن أن تخلق شروطاً تمنعها من أن تطبق. وثاني نتيجة أنه لا يمكن لقاعدة أن تستدعي أخرى للعمل، بمعنى أن كل قاعدة جاهلة بالقواعد الأخرى، ولا يعرف ما يحدث بالنسبة للقواعد سوى المفسر الذي يقوم بدور قائد الأوركسترا.

والقواعد الإنتاجية لا توضع بترتيب معين، ويمكن من ناحية المبدأ أن تشطأ أي منها في أي لحظة، إنها تجمع معاً ببساطة دون أي معرفة عن كيفية استخدامها. أما ترتيب استخدامها في الحقيقة فيتقرر بواسطة المفسر طبقاً لمعايير معينة سوف نقدم بعض تفصيلات عنها في الجزء التالي عن حل التاقضيات. وقد لا يكون هناك طبعاً أي استراتيجية، وفي هذه الحالة تستخدم القواعد بالترتيب الذي كتب به.

ويمكن أن نلخص مزايا منهجية استخدام قاعدة القواعد الإنتاجية في التمثيل كما يلي. نظراً لقابليتها الكبيرة للتركيب (على هيئة وحدات متكررة) فإنه يصبح من السهل تعديل البرنامج، وبذلك يمكن أن يتطور، دون أن ينهار التركيب الهيكلي للبرنامج بإضافة أو حذف أو تعديل القواعد، ولا يحتاج لاتخاذ احتياطات ضد التأثيرات الجانبية. وبوجه عام، كلما ازداد عدد القواعد بالبرنامج -مع افتراض صحتها بالطبع- كلما كانت نتائجها أكثر قوة وتفصيلاً.

وبالطبع ليست منهجية قاعدة القواعد الإنتاجية هي الوحيدة التي تعطي إمكانية التركيب، فالكيانات أو الأشياء الهيكلية والتي نصفها في الفصل التالي -تفعل ذلك أيضاً ولكن بطريقة مختلفة.

والخطر الرئيسي الذي يجب الاحتياط منه في البرامج ذات القابلية للتركيب هو فقدان الاتساق المنتظر، لأنه بازدياد حجم قاعدة القواعد قد يبلغ عدد القواعد الإنتاجية عدة مئات، وعندئذ يصبح من الصعب مراجعة هذه القواعد كلما أضفنا قاعدة جديدة للتأكد من عدم تناقضها أو تكرارها لقاعدة أخرى موجودة. ولهذا تضم أنظمة جمع المعلومات الحديثة آليات قوية لمساعدة مصمم البرنامج على تحجب إدخال التضارب إلى البرنامج (انظر الفصل الرابع عشر)، وتشمل هذه الآليات البرامج البنائية الودودة ووسائل كشف التشابهات في القواعد الإنتاجية.

تصنيف المفرادات تسلسل أمامي أم خلفي؟

Forward or backward chaining?

نستطيع أن نميز المفسر (أو آلة الاستنتاج) طبقاً للطريقة التي يحاول بها تنفيذ القواعد، كنتيجة للحقائق التي يدرسها. فإذا نظر أولاً إلى الحقائق

والبيانات الثابتة ليقرر ما إذا كانت تلك الحقائق تتحقق الجانب الأيمن من القاعدة (المقدمة)، نقول إنه يعمل بسلسل أمامي. أما إذا كان المفسر ينظر أولاً إلى الأهداف كما هي معطاة في الجانب الأيسر من القاعدة (الجزء التنفيذي)، ثم يحاول أن ينفذ فقط القواعد التي بها هذه الأهداف، نقول أنه يعمل بسلسل خلفي. ويعادل هذا التمييز بالضبط حالة مفسري الأجزاء الذين يعملون من أسفل لأعلى المناظر للتسلسل الأمامي، لأنهم يدعون من البيانات، ومن أعلى لأسفل المناظر للتسلسل الخلفي لأنهم يدعون من الأهداف الممكنة.

ولم تظهر أي من هذه الطرق ميزة واضحة على الأخرى فيما يتعلق بالكفاءة العامة. ويمتاز التسلسل الأمامي بتحكم أفضل في ترتيب البيانات التي قد تتحقق المقدمات. بينما يمتاز التسلسل الخلفي في أنه يقرب المفسر من الأهداف التي يرغب في الوصول إليها، لأنه يستطيع أن يقصر تنفيذه على القواعد المتعلقة بهذه الأهداف. وعلى أي حال، فإنه من الصعب التنبؤ بالترتيب الذي تطبق فيه هذه القواعد.

وفي التسلسل الأمامي، كثيراً ما يدور المفسر في مجموعة القواعد ليجد القاعدة التي سوف تطبق: ويواجهه تضارباً عندما تكون أكثر من قاعدة مرشحة للتطبيق، ونصف مواقف التضارب هذه فيما بعد. والقاعدة التي لا يمكن تطبيقها في دورة ما، قد تصبح قابلة للتطبيق في دورة تالية، لأن الحقائق ربما تغيرت في ذلك الوقت كنتيجة لتطبيق قواعد أخرى. وتعمل مفسرات OPS⁽³⁾ و SNARK⁽⁴⁾ بهذه الطريقة.

وفي التسلسل الخلفي يكون للمفسر دائماً هدف واضح الرؤية، ويقوم بدراسة القواعد التي يمكن أن تقوده لهذا الهدف. وعندما يجد أنه غير قادر على تقويم مقدمة إحدى القواعد في حدود معرفته آنذاك، يقوم بوضع هذا التقويم كهدف جديد، ويستمر بهذه الطريقة حتى يصل إلى بيانات معروفة؟ ويعمل EMYCIN⁽⁵⁾ بهذا الطريقة مع إمكانية إضافة بعض روابط أمامية: يمكن تذليل بعض القواعد بحيث تتشط بمجرد تحقق شروط معينة، ولكن لا تمد نتائجها لأكثر من خطوة واحدة للأمام. ويسمح PROSPECTOR⁽⁶⁾ بمزج الصيغتين: يتطلب ذلك أن يدخل المستخدم بيانات أولية ويتوصل منها إلى ترتيب الأهداف التي يجب التوصل إليها بالاستبطاط.

الأمامي، وبعد عرض قائمة الأهداف المرتبة، يسأل أي هدف يجب أن يحقق أولاً.

الآلة «المغلقة» أو الحوار الموجه

“Closed” engine or guided dialog

تقوم البرامج الأقل تقدماً بقراءة البيانات في بداية دورة التحاور session، وتؤدي العمليات المنطقية عليها، ثم تعطى النتائج، بدون الاستفادة من إمكانيات التفاعلية التي يقدمها الحاسوب. وهذا هو ما أسميه الآلة المغلقة. وفي المستقبل ستحتاج جميع الأنظمة الخبرة التي تستخدم صياغة القواعد الإنتاجية إلى بعض القدرة على فهم اللغات الطبيعية، حيث تكون قادرة على التحاور مع مستخدميها بسهولة. ولا شك أن أول خطوة في هذا الاتجاه هي تزويد البرنامج بالقدرة على أداء حوار بلغة طبيعية، مع توقع البرنامج أن يكون محتوى الردود التي يحصل عليها قاصراً على موضوع السؤال المطروح، لذلك لا يحتاج إلى القيام بتحليل معقد لهذه الإجابات. ويمكن تحسين أسلوب التحاور بالسماح للمفسر باستكمال السؤال كلما وجد أنه يحتاج إلى معلومات أكثر، بدلاً من أن يراجع باجتهاد قائمة ثابتة. وينتج عن هذا حوار يمكن أن يعد ذكيًا، لدرجة اعتبار السؤال الذي يطرحه البرنامج دليلاً على «رأيه» في المعلومات المتوافرة لديه، و«إدراكه» أن شيئاً ما ناقص.

استراتيجيات حل التضارب

strategies for connect resolution

يشير اصطلاح «حل التضارب» إلى سلوك المفسر عندما يكون عدد من القواعد قابلة للتطبيق، ويتعين عليه عندئذ أن يقرر ما إذا كان يطبقها بترتيب معين، أو إذا كان يطبق كل ما هو قابل للتطبيق أم يطبق فقط بعض الاختيارات.

وتفرض مشكلة ترتيب القواعد نفسها على مستويات عديدة. فعلى المستوى الأعلى Top Level يمكن للبرنامج تحديد الترتيب الذي تطبق به القواعد، ومن المبادئ الشائعة في البرامج التي تستخدم درجات الترجيح، ترتيب القواعد ترتيباً تنازلياً طبقاً لقوة المقدمات أو النتائج. كما يمكن

أيضاً ترتيب القواعد يدوياً، أثناء إدخالها البرنامج، ولكن ذلك غير مستحب منهجياً، لأنَّه يضعف من قابلية البرنامج للتغيير، وهي ميزة قيمة للأنظمة الصورية. ومع ذلك، قد يكون لمصمم البرنامج أسباب وجيهة لعمل ذلك في حالات خاصة عندما لا تأخذ كفاءة البرنامج أسبقية على قدرته على التطور. ولكن مبدأ القابلية للتغيير يظل هدفاً صالحًا، حيث يمكن لأي قاعدة أن تحفز بعد تطبيق قاعدة أخرى.

ولا تتأثر القابلية للتغيير إذا قام البرنامج نفسه بترتيب القواعد، فالبرنامج في هذه الحالة هو الذي يحدد الترتيب الصحيح لكل قاعدة جديدة. ولا يكون هذا الإجراء قيماً إلا إذا كان اختيار القواعد القابلة للتطبيق في مرحلة ما ليس ناتجاً عن بحث مستفيض، ولكن عن طريقأخذ درجة الأهمية في الاعتبار، ويمكن اعتبار مثل هذه الاستراتيجية «سلوكاً ذكيَاً» لأنَّ اختيار المعيار الذي على أساسه يتخذ القرار ينطوي على عملية استدلالية أكثر تعقيداً من البحث الأعمى لكل الاحتمالات-أخذين في الاعتبار أنَّ أحد معايير الذكاء هو القدرة على معالجة التعقيد عندما يكون التعقيد ضرورة، ولنسترجع قول أينشتين الشهير «يجب أن تبسط الأشياء بقدر الإمكان، ولكن ليس أكثر من اللازم».

وعلينا أن نكون متيقظين دائماً لمخاطر استراتيجيات البحث غير المستفيض عندما لا تكون المعلومات مؤكدة ١٠٠٪، حيث يتكرر التضارب بين مواد البيانات، ويستحيل التعرف على البيانات الخطأ. فإذا قبلنا مثلاً خرجاً من الحاسوب مثل «تشخيص ١٢ د ينطبق» لمجرد أن درجة احتماله تفوق حداً معيناً، بدون اختبار جميع البيانات، فنحن نفتح الباب في هذه الحالة لخطر وصول بيانات أخرى تؤثر على درجة احتمال هذا التشخيص وتؤدي لهبوطه إلى ما دون هذا الحد. وسوف ننظر في هذه المشكلة في حديثنا عن برنامج LITHO (الفصل السابع عشر) لتفسير البيانات الجيولوجية، عندما لا نستطيع أن نكون ثقة كاملة في المعلومات المتوافرة. ومن المعايير الأخرى لترتيب القواعد، إعطاء الأولوية للقواعد التي تكرر استخدامها أكثر من غيرها؟ وفي الحالات التي تترجم فيها الإحصائيات التي توضح تكرار الاستخدام النسبي لكل قاعدة، يكون ذلك ذات قيمة في التبيه إلى القواعد التي يمكن أن «تسى» لأنَّها لم يستخدم

أبدا. إلا أن هذه الطريقة تفشل في التمييز بين هاتين. فبعض القواعد نادرا ما تستخدم، لأن الموقف التي تستدعي تطبيقها نادرا ما تحدث؛ ولكن يجب الاحتفاظ بها رغم ذلك، لأنها تمثل الحالات الخاصة التي حققت شهرة لأخصائي معين. والقواعد الأخرى التي قلما تستخدم وربما لا تستخدم أبدا لأنها أسيء التعبير عنها أو لأنها عديمة الفائدة، لأن نتائجها مثلا لا تستخدم إطلاقا. وسيكشف التمحيص الدقيق والمفصل للطريقة التي ترتبط فيها القواعد بالعمليات الاستدلالية هذا النوع الثاني من القواعد، والتي يمكن عندها حذفها من البرنامج.

هل يسمح أو لا يسمح بالمتغيرات المشورة؟

Does or does not allow quantified variables?

احتوى الفصل التاسع على تقرية هامة بين حساب القضايا وحساب المحمول. وتأتي القوة الإضافية لمنطق الحساب المحمول من استخدامه للمتغيرات المسورة؛ لذلك فإن القضية القاتلة «كل طائر له منقار»، يمكن التعبير عنها بلغة حساب المحمول لمنطق الدرجة الأولى، وليس بحساب القضايا؟ لأنه يتطلب أن نذكر بوضوح أن كل طائر محدد له منقار.

ويمكن أن يكون حساب القضايا كافيا في الحالات الكثيرة التي يقتصر النظر فيها إلى كينونة entity منفردة وإلى خواصها، وهذا هو الحال في كثير من الأنظمة الخبيرة اليوم، حيث تكون الكينونة المنفردة هي المريض مثلا (في برامج التشخيص الطبي أو بئر (في برنامج جيولوجي). ومع هذا قد تنشأ حاجة لاستخدام المتغيرات، فقد تحتاج لمناقشة تفصيلات، فمثلا في حالة البشر تقسيمه إلى عدة مناطق على أعمق مختلفة. ومثال آخر، فلنفترض أن برنامجا «يعرف» قانون (أو م) $RI \text{ Ohm} = V$ والذي كلما كان لديه قيمة متغيرين اثنين يقرر أن يحسب قيمة المتغير الثالث. وتوضح المقارنة التالية بين تمثيل الحساب المحمول وحساب القضايا فرق القوة بين هاتين الصياغتين:

حساب المحمول	حساب القضايا
قاعدة-01 إذا كانت V معلومة، R معلومة	إذا كانت RI معلومة
توجد معادلة M وبها	و I غير معلومة

القواعد الإنتاجية

معلومة، وص، وع	I = V/R
معلوماتان	قاعدة-2: إذا كانت V معلومة، I معلومة
إذن احسب س باستخدام	R غير معلومة
م، وص، وع	إذن احسب R = V/I
المعادلات	قاعدة-3: إذا كانت I معلومة
V = RI	R معلومة و V غير معلومة
P = VI...etc	إذن احسب V = RI

القدرة على ضم بنود معلومات غير مؤكدة

يتميز الجزء الأكبر من الاستدلال الإنساني بطبعته الاستقرائية؟ فعادة ما تدفعنا مجموعة من الملاحظات إلى تبني افتراض ما، ثم يتتوفر لنا ملاحظات أكثر، فيؤدي ذلك إما إلى تزايد ثقتنا في هذا الافتراض، أو إظهاره لنا بأنه غير صالح. وتسمح صياغات القواعد الإنتاجية بإدخال فكرة الثقل، لتوضح مدى الثقة التي يمكن أن توضع في النتائج المؤقتة (أو المشروطة). وعادة ما يطلق على هذا الثقل الاستحسان: لقد تجنبت هنا استخدام كلمة «احتمال» نظراً لما لها من معنى إحصائي معين، وكذلك لأن الاستحسان لا يكون عادة موضوعياً، ولكن يمثل عادة خبرة الخبير في مجاليه والذي قد يعطي ثقلاً للأحداث نادرة رغم عدم توافر معلومات إحصائية لديه عنها.

مثال بسيط (لكنه محدد)

يستخدم المثال التالي إحدى قواعد القواعد التي تصف حيوانات عددة أو أصنافاً من الحيوانات طبقاً لخصائص معينة، ويهدف البرنامج إلى التعرف على الحيوان أو الحيوانات التي ينطبق عليها وصف معين. وتعتمدنا أن تكون قاعدة القواعد المستخدمة ناقصة وغير كاملة، لكي نبين إمكانيات التحسين في مثل هذه البرامج، وفي نفس الوقت، فإن البرنامج ليس واقعياً إلى حد ما، فالنتائج التي يتوصل إليها ليست في الواقع مؤكدة تماماً، إذ يجب أن يكون هناك طرق تأخذ في الاعتبار الثقل الذي يمكن أن يمثل درجة استحسان البيانات المختلفة. ولسوء الحظ، فإنه من الصعب تقديم

الأمثلة الواقعية والمشوقة التي تستخدم استنتاجات ضعيفة، لأنها سريعاً ما تتطلب الرجوع إلى قواعد كثيرة مرتبطة بالنتائج.

ويحدد المثال قاعدة من القواعد، وخوارزمية تعرف المفسر، والحقائق الأولية. وننصح القارئ الذي له اهتمام بعلم الحيوان أن يراجع أعمالاً جادة أخرى في هذا الموضوع.

قواعد القواعد

ق-أ: إذا رضع صغير فهو ثديي

ق-2: إذا كان له ريش فهو طائر

ق-3: إذا كان له فراء أو ثدي فهو يعيش بالغابة

ق-4: إذا كان طائراً، ولا يطير، ولا يعيش بالغابة، فهو بطريق

ق-5: إذا كان يعيش بالغابة، وثقيل جداً، فهو دب

ق-6. إذا كان ثقيلاً جداً، وثدي، فهو حوت

المفسر

1- تعرف على جميع القواعد التي تكون المقدمات فيها صادقة (مضاهاة التشكيلات).

2- إذا اطبقت (1) على أكثر من قاعدة، تجاهل أي قاعدة تكرر خاصية معروفة من قبل (فك التضارب).

3- أداء العمل المطلوب بواسطة القاعدة صاحبة أقل رقم تسلسلي، إذا لم تجد مثل هذه القاعدة، توقف.

4- كرر.

الحقائق الأولية

حقائق: (صغر-رضع، ثقيل جداً)

أهداف ممكنة. (دب حوت بطريق)

إن الاستراتيجية المعطاة للمفسر هي أبسط استراتيجية يمكن تخيلها: فهو يستعرض قاعدة القواعد باستمرار، ويختار قاعدة ليطبقها (مع مراعاة شرط آلا تؤثر تلك القاعدة على نتيجة سبق التوصل إلى صحتها)، ويبدا العمل المطلوب.

وتطوّي العملية على عدد من التكرارات iterations لخطوات الخوارزمية.

تكرار-1: قاعدة-1 هي الوحيدة القابلة للتطبيق، وهي تضيف «ثدي» إلى
قاعدة الحقائق فتصبح:

حقائق-(صغر-رضع، ثقيل جدا، ثدي)

تكرار-2: قواعد 1 و 3 و 6 قابلة للتطبيق، قاعدة-أ تستبعد لأنها تكرر
صفة معروفة من قبل، تختار قاعدة-3 لأنها ذات الرقم الأصغر في التسلسل.
ويعطي هذا:

حقائق-(صغر-رضع، ثقيل جدا، ثدي، يعيش بالغا به)

تكرار-3: قواعد 1 و 3 و 5 و 6 قابلة للتطبيق. تستبعد القاعدتان 1 و 3
وتختار قاعدة 5 للتطبيق، ويعطي هذا:

حقائق-(صغر-رضع، ثقيل جدا، ثديي، يعيش بالغابة، دب)

تكرار-4: تنفذ قاعدة-6، التي تأخر تفريذها طويلا، ويتوقف البرنامج،
وتكون النتيجة كما يلي:

حقائق = (صغر-رضع، ثقيل جدا، ثدي، يعيش بالغابة، دب، حوت).
ونلاحظ فورا أن لدينا حيوانين مختلفين تطبق عالجهما الأوصاف
الأولى وذلك لأن قاعدة القواعد لا توفر تمييزا منطقيا كافيا، ومن الواضح
أن وصف الحوت ناقص جدا. وعلاوة على ذلك فمن المحتمل وجود ثدييات
أخرى بخلاف الدب، ثقيلة جدا وتعيش بالغابة، ولذلك يجب أن يكون هناك
قواعد للتعرف عليها. وقاعدة-6 هنا هي المسؤولة عن النتيجة الغامضة،
وكل ما نحتاجه لإزالة الغموض د، هو إضافة مادة جديدة في مقدمة
القاعدة كالتالي:

قاعدة-6: إذا كان ثقيل جدا، ويعيش في الماء فهو حوت
وإذا أجرينا هذا التغيير، ثم أعددنا تشغيل البرنامج، فإن الاختلاف
الوحيد سيكون في أن قاعدة-6 لن تنفذ، وبالتالي يكون الحل الوحيد النهائي
هو «دب». وقاعدة-3 ليست صحيحة تماما (للأسباب التي ذكرناها توا)
ويجب أن تتغير.

والدرس الذي يجب أن نتعلم من هذا المثال هو أنه يمكن تعديل سلوك
البرنامج بتعديل (وتطوير) المعرفة المعلنة به، باستخدام برامج التقييم editors
الموجودة في جميع اللغات العلميات للبرمجة، دون الحاجة للبحث عن تعليمات
محبطة في أعماق البرنامج، وهو ما يواجهنها في البرامج التقليدية غالبا.

استخدام مقاييس الاستحسان في الاستبدال غير المؤكد

Use of plausibility measures in uncertain reasoning

لا تناسب الطرق الاستباطية معامل الحياة الواقعية جيدا، لأن البيانات عادة ما تكون غير مؤكدة، وكذلك الاستنتاجات، التي تعكس وجهة نظر الخبير غالبا ما تكون عرضة للشك. وقد طورت عدة طرق لأخذ هذه المجهولات uncertainties في الاعتبار بواسطة مقاييس مرتبطة بالاستنتاجات المستحسنة لهذه المجهولات، وتنسواى هذه الطرق المختلفة في أنها تتنق بشكل عام في درجات الاستحسان التي تعطيها للبيانات، حتى لو اختلفت فيما بينها اختلافات بسيطة حول النتائج التفصيلية.

ومنصف هنا الطريقة المستخدمة في برنامج EMYCIN⁽⁵⁾ وهو أداة من أدوات بناء برامج الأنظمة الخبير واستخدم في برنامج MYCIN للتشخيص الطبي، هناك الكثير من الدراسات المقارنة الجيدة عن الطرق المختلفة منها دراسات إدوارد شمورتليف sedward Shortliffe⁽⁷⁾ وبروس بوكانان وديك دودا⁽⁸⁾ Henry Prade وبروني بريد⁽⁹⁾ Bruce Buchaman and Dick Duda

وتبني هذه الطريقة على تحديد درجة احتمال أو مصداقية لكل بيان من البيانات وتتراوح هذه الدرجة بين ١ (تعني الثقة التامة بمعنى أن البيانات صادقة بالتأكيد) و ٠-١ (تعني أن البيانات كاذبة بالتأكيد)، ويمثل الصفر عدم التأكيد التام. وتتخذ قيمة ٠,٢ الحد الذي إذا تعدته البيانات، يكون من المعقول اعتبارها صادقة، وتتخذ ٠,٢ الحد الذي إذا نزلت عنه البيانات، يمكن اعتبارها كاذبة. ونعبر عن احتمالية قضية أو بيان أ بالشكل التالي ح (أ) ؟ وعالي هذا فإذا كان عندنا قاعدة أ «ب»، التي سيكون لمصادقيتها قيمة معينة Likelihood value، وكانت درجة الاحتمال ح (أ) ٠,٣ مثلا، فلا يمكن

أن تكون درجة احتمال ب في هذه القاعدة أكبر من ٠,٣

المقدمات غير المؤكدة. لنفترض أن لدينا قاعدة ر:

إذا كان أ و ب وج ==> د

بدرجة مصداقية ح (ر)-٠,٨، ح (أ)-٠,٤، ح (ب)=٠,٦، ح (ج)=٠,٧ نكون درجة مصداقية مقدمة القاعدة (أ، ب، ج المرابطة بالوصل المنطقى كالتى:

ح (مقدمة)= أقل (ح (أ)، ح (أب)، ح (ج))-٠,٤

وبذلك تكون قيمة مصداقية النتيجة، باستخدام ر هي:

$$ح(د) = 0,32 = 0,4 \times 0,8$$

ضم مواد المعلومات. لنفترض أن بيان «د» له قيمة مصداقية أولية ح(ا)، ثم توافرت معلومات أكثر فجعلت مصادقيته ح(2) يحسب EMYCIN المصداقية الناتجة حسب الآتي:

أولاً: $ح - ح(1) + ح(2) - ح(1) \cdot ح(2)$ إذا كان $ح(1)$ و $ح(2)$ بالموجب

ثانياً: $ح - ح(1) + ح(2) + ح(1) \cdot ح(2)$ إذا كان $ح(1)$ و $ح(2)$ بالسالبة

$$\begin{aligned} \text{إذا كان } ح(1) \text{ و } ح(2) \text{ لهما إشارات} \\ \text{ثالثاً- } ح = \frac{ح(1) + ح(2)}{1 - \text{الأدنى}(1, ح, 1, 12)} \\ \text{ مختلفة} \end{aligned}$$

وهكذا فالمصداقية الأولية قد تزيد أو تنقص بتوافر معلومات جديدة. ولا تتعدى القاعدتان (أولاً) و(ثانياً) كونهما ببساطة امتداداً لمعادلة الاحتمالات المركبة للسماح بالقيم السالبة. ومبرر القاعدة (ثالثاً) هو أنها تزيد الفرق بين القيم الموجبة والسالبة. وقد كان من المعتمد في هذه الظروف استخدام الجمع البسيط $ح = ح(1) + ح(2)$. وقد علقت المجموعة العاملة برنامج EMYCIN أنه إذا كان لدى الفرد خمسة أسباب للاعتقاد أن $ح(E) = 0,9$ ، (ومنها ينتج أن قيمة المصداقية تكون $ح(E) = 0,99$ ، بتطبيق قاعدة (أو أربع مرات)، وسبب واحد للاعتقاد أن $ح(E) = 0,9$ ، فيعطيها الجمع البسيط $0,99 + 0,9 = 0,99$ ، بمعنى أن السبب السالب الوحيد قد ألغى في الواقع جميع الأسباب الأخرى، وتعطي المعادلة الجديدة نتيجة مختلفة تماماً:

$$ح = (0,99 - 1) / (0,99 - 0) = 0,099$$

وهكذا يتتأكد الفرق بين القيم الموجبة والسالبة في حدود 1.

ويجب أن يلاحظ هنا التالي:

أ-أن قيمة الشقل أو الاستحسان أو المصداقية التي تعطى للإحتياجات هي قيمة عددية يعطيها خبير المجال، وقد يكون هناك مبررات إحصائية لهذه القيم، ولكنها تعبر في حالات كثيرة عن خبرة ودراءة الخبير وليس لها أساس إحصائي.

ب-أن المعادلة السابقة لتجميع قيم الاستحسانات هي تمثيل تقريري

للأحكام الذاتية، وليس لها مبررات رياضية.

وقد يكون هناك أناس قليلاً ممن -عند مواجهة الحاجة لاتخاذ قرار- لا يضعون نقاطاً ضد أو لصالح القرار الذي هم بصدده، ثم يتخذون القرار بناء على القائمة الأكبر. أنه ذلك النوع من التفكير المنطقي الذي نحاول محاكاته هنا، مع إضافة إمكانية إعطاء ثقل مختلف لكل من المعايير المطروحة.

وهناك طريقة أخرى لمعالجة هذه المشكلة تأخذ في اعتبارها عدم دقة البيانات، وتستخدم هذه الطريقة فكرة «المجموعة الفامضة» Fuzzy set التي طرحتها زاده Zadeh⁽¹⁰⁾. وكما يدل الاسم، فالمجموعة الفامضة هي تلك المجموعة التي ليس لها حدود واضحة، والتي يكون التغيير فيها لكيان ما من حالة العضوية إلى عدم العضوية بشكل تدريجي، مثل مجموعة النساء الجميلات أو مجموعة السيارات الصغيرة أو خاصية الشباب. والذي يحدد درجة عضوية فرد أو شيء إلى مجموعة فامضة هي وظيفة Function لقياس مدى عضويته فإذا افترضنا وجود مجموعة من كبار السن ولتسميتها ك وس تمثل عمر الشخص المراد قياس درجة عضويته و ظ هي الوظيفة التي تقيس ذلك، فيمكن أن نقول:

ظ م (1) = صفر إذا كان العمر سنة تكون درجة عضويته صفر

ظ ك (2)= صفر

ظ ك (3)= صفر

ظ ك (4) = 1 , 0 إذا كان عمر الفرد أربع سنوات تكون درجة عضويته واحد من عشرة

ظ ك (20) = 0 , 3

ظ ك (50) = 0 , 7

ظ ك (100) = 1

وكما يلاحظ القارئ طبعاً، فإن فكرة الشباب أو كبر السن تعتمد كثيراً جداً على شخصية المتكلم، وإعطاء قيمة دونأخذ السياق في الاعتبار لا شك أنه أمر تحكمي، فالأكاديمي الشاب أكبر كثيراً من «الجينة القديمة». وقد طبق مفهوم المجموعة الفامضة في عدة برامج، في الطب⁽¹¹⁾، وفي جيولوجيا المعادن حيث يشمل نظام الخبير PROSPECTOR⁽⁶⁾ في عملية

القواعد الإنتاجية

الاستدلال التقريري درجات لعدم التأكيد من صحة الحقائق كما يشمل أيضاً المدى الذي تبتعد به قيمة معينة لصفة ما عن القيمة العامة التي يقبلها البرنامج لتمييز هذه الصفة عن غيرها. ولا يعتبر هذا النهج غريباً في مجال الطب. فبينما يكون هناك مدى «طبيعي» لضغط الدم مثلاً، يمكن اعتبار قيمة ضغط الدم لمريض ما خارج هذا المدى الطبيعي، ومع ذلك تقبل «طبيعية» في ظروف معينة.

المراجع

- (1) Post E. (1943), Formal reductions of the general combinatorial decision problem American Journal of Mathematics, 65, pp. 197- 268.
- (2) Chomsky N. (1957), Syntactic structures, La Haye, Mouton.
- (3) Forgy C., McDermott J. (1977) OPS a domain-independent production system language, IJCAI 77, pp. 933- 939.
- (4) Lauriere J. L. (1982), Representation des connaissances, RAIRO/ TSI Vol. 1, No. 2, pp. 109- 133.
- (5) Van Melle W. (1980), A domain-independent system that aids in constructing knowledge-based conclusion program, Stanford Heuristic Programming Project memo, HPP-80-22.
- (6) Duda R., Gasching J., Hart P. (1979), Model design in the Pros pector consultant system for mineral exploration, in Expert Systems in the microelectronic age, Michie (ed.), Edinburgh, University of Edinburgh Press.
- (7) Shortliffe E. H., Buchanan B.G. (1975), A model of inexact reasoning in medicine, Mathematical Biosciences 23, pp. 351.379.
- (8) Buchanan B.G., Duda R.O. (1982), Principles of rule-based systems, Stanford University technical report, HPP-82- 14.
- (9) Prade H. (1983), A synthetic view of approximate reasoning techniques, IJCAI-83, pp. 130- 136.
- (10) Zadeh L.A. (1978), Fuzzy sets as a basis for a theory for possibility, Fuzzy sets and systems, New York, North Holland.
- (11) Sanchez E., Soula G. (1983), Possibilistic analysis of fuzzy modelling in medicine, in Modelling and data analysis in biotechnology and medical engineering, Vansteenkiste and Young (eds.), Ames terdam, North-Holland Publishing Company.

الكيانات الميكيلية

«... كنت في منتصف الطريق بين استيعاب المفهوم العام للحصان والتعرف على-حصان بعينه، وعلى أي حال، استمدلت معرفتي بالحصان بشكل عام من خطوط عريضة مميزة، فأنت إذا شاهدت شيئاً من بعيد، ولم يكن لديك فكرة عن ماذا يكون، فشد تقنقع بأن تصفه بأنه مجرد شبح. وعندما يقترب منك يمكنك أن تقول إنه حيوان، مع أنه لا تستطيع أن تحدد إذا كان حصاناً أم حماراً، وعندما يقترب منك أكثر تستطيع أن تقول إنه حصان، إلا أنه لا تستطيع أن تقول ما إذا كان برونز أم فافل. عندما يصبح قريباً بما فيه الكفاية فستستطيع فقط أن تقول إنه برونز-بمعنى أنه تستطيع أن تقول إنه حصان بعينه وليس حصاناً آخر، أي إنه حصان تعرفه باسمه». أميرتوايوكو^(١)

مقدمة

نبع استخدام الكيانات الميكيلية كوسيلة من وسائل التمثيل من العديد من الأفكار التي ولدتها اتجاهات بحثية مختلفة. وقد سميت هذه الكيانات بأسماء مختلفة عديدة نذكر منها ما يلي:
- «الأوصاف المنطقية الشاملة» schemas، ذكرها

العالم النفسي بارتليت Bart Lett⁽²⁾ في أبحاثه عن الذاكرة.

- «الإطارات»، كما وردت في بحث مينسكي⁽³⁾ عن عملية فهم اللغات الطبيعية والرميميات، ثم في عدة لغات برمجة مثل FRL⁽⁴⁾ و UNITS⁽⁵⁾.

- «السيناريوهات» لروجر شانك وايلسون⁽⁶⁾ في وصفهما للعلاقات بين الأحداث في المواقف المقننة (انظر الفصل الثامن).

- «النماذج» Prototypes أو «الوحدات» Units في لغة البرمجة لبوبورو ووينوجراد⁽⁷⁾ الذي استخدم عمل روش Rosch⁽¹⁹⁾ في تصنيف المفاهيم.

- «الكيانات» Objects في كثير من لغات البرمجة، مثل SMALLTALK⁽⁸⁾ - MERING⁽¹²⁾ و FLAVORS⁽¹⁰⁾ و FORMES⁽¹¹⁾ و ORBIT⁽⁹⁾ و LOOPS⁽²⁰⁾.

وسوف يستخدم مصطلح «كيان» object، لعدة أسباب، أولها أنه عام بدرجة كافية تغطي الدلالات الأخرى، وثانيا لأن المصطلح المنافس « إطار »، رغم أنه كثيرا ما يستخدمه الباحثون الأمريكيون، فقد كثيرا من غنى المعنى الذي كان له عندما اقترحه مينسكي أولا.

خواص الكيانات الهيكيلية

سنقدم أولا عددا من المصطلحات التقنية الشائعة استخدامها في هذا المجال. كل كيان له عدد من الصفات المميزة attributes، وهي أسماء الخواص التي تحدد الكيان، فالدائرة مثلا لها مركز ونصف قطر، والتفاصيل الشخصية للإنسان تشمل الاسم، والعمر، والجنس، والعنوان، والمهنة. ويمكن أن يكون لكل صفة مميزة عدد من السطويحات FACETS المتمايزة، سيكون بعضها قياسيا: يمكن أن يكون أحدهما مجموعة من القيم الممكنة التي قد تأخذها الصفة المميزة، وبعضها يمكن أن يكون البسائل الافتراضية التي يمكن أن تتخذ عند عدم تحديد قيمة الصفة المميزة، فيمكن مثلا للكيان « سيارة » أن يكون له صفات مميزة مثل « السرعة القصوى » الذي قد يكون قيمة افتراضية تتراوح بين 70 و 120 ميلا في الساعة. ومن الممكن وضع كيان ما في نقطة معينة من سلم هرمي مع كيانات أخرى أعلى وأدنى منه في ذلك السلم الهرمي موحدة بقدر أكبر أو أصغر من العمومية، وهكذا يكون الطائر أقل عمومية من الحيوان، ولكنه أكثر عمومية من الكلاري. ويمكن اعتبار الكيان الهيكلي كنموذج، يقارن به الأمثلة الأخرى الجاري

دراستها، وتظهر هذه المقارنة بعض الاختلافات رغم وجود خواص عامة مشتركة، وقد تكون هذه الاختلافات استثناءات حقيقة للنموذج-مثل النعامة فهي لا تطير رغم كونها طائراً، وقد تكون هذه الاختلافات تعبيراً عن التفاصيل الدقيقة التي لم تتوفر في النموذج الذي اقتصر على الصفات العامة. وقد استخدم هذا النوع الأخير وهو مقارنة الشيء بالنموذج في التشخيص الطبي: فتتفق مثلاً الأنفلونزا التي يعاني منها مريض بعينه مع نموذج الأنفلونزا المعروف، ولكن سيكون لها مع ذلك بعض السطויות الخاصة بهذا المريض بالذات.

وتسمح معظم طرق التمثيل بالكيانات الهيكلية بتحديد القيم الافتراضية عندما لا تتوافر معلومات محددة، ويمكن استبدال قيمة افتراضية بقيمة حقيقة إذا توافرت الأخيرة في مرحلة لاحقة. ولا شك أن هذا النوع من الاستدلال-والذي يعرف عادة بأنه غير مطرد⁽¹³⁾-له أهمية في النشاط الذهني الإنساني ولا يمكن التعبير عنه بمنطق الدرجة الأولى الخالص (انظر الفصل التاسع). وقد أوضحنا المزايا الكثيرة للتعبير عن المعرفة في صورة معلنة في مناقشتا للبرامج الإجرائية، ولكن كان من الأفضل التعبير عن بعض الأعمال في شكل برامج. وتمكن طريقة التمثيل باستخدام الكيانات من مزج الصورتين (الإجرائية والمعلنة-المترجم)، بإعطاء المعلومات الإجرائية الضرورية مع بعض خواص معينة للكيان. وتشمل لغة البرمجة KRL⁽⁷⁾ إجراءات من نوعين اثنين. وهناك ما يسمى الإجراءات «الداخلية» domestic، التي تحدد ما يجب أن يفعل لأداء عمليات معينة بنجاح، مثل إيجاد قيمة بعض الخواص. وسنعطي مثلاً على ذلك عندما يكون الكيان هو «تاريخ اليوم» فيما بعد، وهناك الإجراءات «الحارسة»⁽¹⁴⁾ التي تنشط للعمل كلما تحققت شروط معينة-وليس هذه الفكرة بجديدة في الذكاء الاصطناعي، فهي موجودة منذ زمن بعيد. ويوجد هذا المزج بين الصياغة الصورية والإجرائية أيضاً في الشبكات الدلالية، حيث ربما ظل الفرق بين الصياغتين غير واضح حتى الآن.

ويرى كتاب كثيرون إنه من المهم أن تستطيع النظر إلى حدث ما من وجهات نظر مختلفة. فيعطي وينوجراد وبوبرو، في KRL مثلاً لحدث يمكن اعتباره إما زيارة لشخص أو كرحلة، ففي الحالة الأولى يتركز الاهتمام

على الأشخاص المعنيين، أما في الثانية فينصب الاهتمام على وجهة ووسيلة السفر.

وليس هناك طريقة عامة لتقرير ما إذا كان نموذج ما قريباً بدرجة كافية من الموقف الذي يجب التعرف عليه. وغالباً ما تكون للخصائص الهمامة القيم المطلوبة، ولكن اختبار الخصائص الأخرى قد يؤدي إلى اختلافات أكبر بين النموذج والواقع. ويمكننا القول إنه لا بد من اتخاذ موقف عندما تتجاوز هذه الاختلافات حداً مقبولاً: فعندما تكون أعراض المريض مثلاً متماشية مع إصابته بالأنفلونزا، ولكنه يعني من «كحة شائبة loose cough»، فيجب عندئذ النظر في احتمال إصابته بنزلة شعبية.

بعض الأمثلة

افتراض أننا نريد أن نصف شكلًا مستطيلًا بالخواص الأربع الطول، والعرض، وموقع المركز واللون. ويمكن أن نحدد الأرقام كقيم محتملة للخصائص الأوليين، ونقطة بالنسبة للثالثة، أما القيم المحتملة للرابعة فقد تكون أحمر، أو أصفر أو أزرق، وعلى هذا يكون وصف المستطيل بالشكل التالي:

(تعريف المستطيل)

(الطول (القيمة (رقم ما)))

(العرض (القيمة (رقم ما)))

(المركز (القيمة (نقطة ما)))

(اللون (القيمة (الاحتمالات (أحمر أصفر أزرق))))

ونعرض الآن لبعض السطויות الرئيسية.

1- القيمة. وتحدد هذه قيمة إحدى الخواص المميزة للكيان، ويمكن أن تكون رقم، أو كلمة، أو مجموعة، أو مصفوفة array.

مثال: (كتاري

(اللون (القيمة(أصفر))))

يعني هذا أن اللون هو أحد الصفات المميزة لكتاري فهو إذن «خاصية مميزة» attribute، وأن هذه الخاصية المميزة لها قيمة وهي «أصفر». إذن «أصفر» هي قيمة الخاصية المميزة لكتاري-المترجم.

الكيانات الهيكليه

2- البديل الافتراضي. ويحدد القيمة الافتراضية التي تعطى للخاصية المميزة عند غياب معلومات أخرى. ويمكن استبدالها بأي قيمة أخرى دون أن يؤثر ذلك على النسق المنطقي.

مثال: (كرسي

(النوع (القيمة أثاث))

(عدد الأرجل (بديل افتراضي 4)))

(كرسي الجدة

(النوع (القيمة كرسي))

(عدد الأرجل (3)))

في البداية تكون قيمة «خاصية عدد الأرجل» لكرسي الجدة «4» وذلك بنقل القيمة الافتراضية للكيان ألام «كرسي» إلى الكيان المحدد «كرسي الجدة»، ثم استبدلت القيمة الافتراضية بالقيمة الحقيقية لعدد أرجل كرسي الجدة والتي أصبحت معروفة وهي «3».

3- القيود constraints. وتكون هذه القيود في شكل قائمة من المحمولات، تختبر هذه القيود القيمة المعطاة للسطوحات موضع الاعتبار، فإذا كانت صادقة، كان معنى هذا أنها متماشية مع القيود، أما إذا لم تكن فلا يسمح لها بأن تأخذ القيمة.

مثال: (العمر

(قيود (أكثـر من صـفر)

((أقل من 150)))

ويعني هذا أن البرنامج سيرفض قيمة العمر لإنسان أو حيوان إذا كان العمر أقل من صفر أو أكثر من 150.

4- القيم الممكنة possibilities. وهذه حالة خاصة من القيود، عندما تذكر القيم الممكنة لصفة ما.

مثال: (الجنس

(القيم الممكنة (مذكر مؤنث)))

فهنا تتحدد القيم الممكنة لصفة الجنس بقيمتين اثنتين، هما المذكر والمؤنث، وبالتالي أي محاولة لإعطاء قيمة المحايد مثلا neuter لصفة الجنس، سيرفضها البرنامج ويقول «محايد ليست قيمة صالحة لصفة الجنس».

5- الفاصل intervals .. وهي طريقة أخرى للتعبير عن القيود، فإذا كان القيد رقمياً، سيعطى قيمة قصوى ودنيا.

مثال: (العمر

(فواصل (صفر 150)))

6- إجراء procedure. يساعد على بقاء وظيفة (مكتوبة بلغة ليسب) لحساب قيمة السطويات، ويطلق على هذا النوع من «الارتباط الإجرائي» إجراء داخلي في KRL⁽⁷⁾.

فلننظر مثلاً إلى كيان مثل «التاريخ»، بسطويات مثل اليوم، الشهر، السنة، وأيام الأسبوع. ويمكن حساب يوم الأسبوع بسهولة بواسطة وظيفة تأخذ كشرط مبدئي حقيقة أن أول يناير 1905 وافق يوم الاثنين، وتستخدم الحقائق التي تقول أن يوم الأسبوع سوف يتحول لليوم التالي لنفس التاريخ في السنة التالية بشرط ألا تكون السنة كبيسة، وهكذا:

(تاريخ

(يوم (فواصل (311)))

((شهر(فواصل (121)))

((سنة (فواصل (990)))

(يوم-الأسبوع

(قيود (الاثنين الثلاثاء... . الأحد))

(إجراء (حساب يوم-الأسبوع

(اليوم)

(الشهر)

((السنة))))

وتعمل أداة التعريف هنا «ال» كوظيفة مساعدة تأخذ قيمة اليوم، والشهر، والسنة من الكيان الذي أنشئ، وتمرر هذه القيم إلى وظيفة حساب يوم الأسبوع.

7- حراسة demon. تحدد وظيفة يجب أن تنفذ كلما تغيرت قيمة الصفة المميزة المناظرة. فإذا كان لدينا كيان «إشارة-المرور» الذي يمكنه أن يتخد اللون الأحمر أو الأخضر، فيمكن كتابة وظيفة حراسة للتبيه كلما تغير لون الإشارة. يمكن كتابة مثل هذه الوظيفة على النحو التالي:

(إشارة

(لون)

(قيود (أحمر أحضر))

(حراسة (تببيه (لون))))

ويمكن كتابة وظيفة التببيه كما يلي:

(تعريف تببيه (لون))

(اكتب (اختار اللون))

(أحمر «الجهاز مشغول»)

(أخضر «الجهاز خالي»))

التسلسل الهرمي .hierarchies

من أهم خواص لغات البرمجة للكيانات object programming languages أنها تسمح ببناء تسلسل هرمي للكيانات المختلفة، كما تسمح للخواص بالانتقال من الكيانات الأم إلى فروعها إذا لم تتوارد الصفات المطلوبة على مستوى الكيان موضع النظر. فيمكن مثلاً تعريف سلسلة من الكيانات على الوجه التالي:

(تعريف-كيان طائر

(حيوان)

(صفات «يطير»))

(تعريف-كيان كناري

(طائر)

(اللون «أصفر»))

(تعريف-كيان «جوي

(كناري))

(تعريف-كيان نعامة

(طائر)

(صفات «لا يطير»))

يمكن إجراء الحوار التالي بمساعدة برنامج بلغة ليسب، ترمز «م» هنا لمستخدم البرنامج وترمز «ب» للبرنامج.

الحوار التعليق

م: (صفات نعامة) توجد مباشر على مستوى «نعامة»

ب: لا تطير

م: (صفات «جوي») لا توجد على مستوى «جوي» ولا على مستوى

ب: يطير «كناري» ولكن توجد على مستوى «طائر»

م: (اللون «جوي») لا توجد على مستوى «جوي» ولكن ورثت عن

ب: أصفر «كناري»

لاحظ أن صفات «النعامة» لا تتوافق مع الصفات العامة «للطائر».

تناول الكيانات Handling objects

ونعرض الآن لمشكلة التعرف على كيان ما أو موقف ما، من بين العديد من الكيانات المترابطة بمختلف العلاقات التي، عادة ما يكون من بينها علاقات التسلسل الهرمي 4 والمطلوب هو تحديد الكيان الذي يتفق مع الموصفات المعطاة بأكبر قدر ممكن من التطابق والتفصيل. فإذا كان الموضوع قيد البحث عن التشخيص الطبيعي لأضطرابات شرايين المخ بالتحديد، كان من الأفضل تسمية، حالة كجلطة فقر الدم الموضعي أفضل من تسميتها فقر الدم الموضعي، لأن التسمية الأولى تعطي قدرًا أكبر من التفاصيل. وعادة ما يكون الكيانات، إحدى حالات ثلاثة (سزولوفتش Zolovits):⁽¹⁵⁾ حالة نشطة-عندما يكون الكيان موجوداً فعلاً في قائمة لافتراضات الحالية، التي يجري البحث في مدى صحتها.

حالة شبه نشطة-عندما يكون وضع الكيان في قائمة الافتراضات مطروحاً، ولكن ليس بالقوة الكافية لوضعه فعلاً في هذه القائمة. حالة غير نشطة-عندما يكون قد رفض كل افتراض يؤدي إلى وضع الكيان في قائمة الافتراضات القائمة أو لم ينظر فيه.

وعادة ما تقتصر عملية اختبار الافتراضات بالشكل التالي:
أ- إدخال البيانات الأولية.

ب- وضع إطارات لافتراضات المختلفة باستخدام القواعد المتعلقة بالبيانات.

ج- ترتيب هذه الافتراضات طبقاً لمعايير معينة.

د- اختبار الافتراضات بإضفاء سطويات الكيانات التي خلقت، مما قد يؤدي إلى استنتاج حقائق جديدة من الحقائق الموجودة من قبل، وعندئذ تضاف افتراضات جديدة، مع إمكانية العودة إلى الخطوة (ب)، إذا وجد أن الافتراض الحالي يجب أن يستبدل بآخر. ويمكن توجيهه أسلمة للبرنامج أثناء عملية إضفاء القيم، شأنه في ذلك شأن البرامج التي تعتمد على قاعدة القواعد.

هـ- إذا تبين وجود أكثر من افتراض قابل للتطبيق-بعد اختبار صحة جميع الافتراضات في القائمة-توضع سياسة مؤقتة للتمييز بين هذه الافتراضات.

و- يتم إخراج الاختيار الأفضل، أو إعطاء عدة اختيارات إذا تحققت فيه الشروط المطلوبة.

الاستدلال بمعلومات ناقصة وباستخدام القيمة الافتراضية

Reasoning from incomplete information, and by default

يستطيع الإنسان القيام بمعظم العمليات الاستدلالية برغم غياب المعلومات الكاملة التي لا يؤدي نقصها إلى إعاقة التفكير.

وقد بين البحث في إمكانية محاكاة تفكيرنا عدم ملاءمة الوسائل التقنية كشجرة اتخاذ القرار، لفشلها في حالة المعلومات الناقصة في اتباع الفرع التالي من الشجرة. ومن هنا، كما لاحظ ريتير⁽¹⁶⁾، استحدثت في جميع برامج الذكاء الاصطناعي قاعدة صريحة تنص على «إذا لم تستطع استنتاج معلومة معينة من قاعدة المعلومات، إذن.....».

والاستدلال باستخدام القيمة الافتراضية هو أساساً وسيلة للتعامل مع الاستثناء. فمعظم الحقائق في الحياة العملية تأخذ شكل «معظم الأشياء هكذا» أو «معظم الأشياء لها صفة كذا». وذلك مثل قولنا «معظم الطيور تطير» بمعنى «جميع الطيور تستطيع الطير ما عدا النعامة، والبطريق...». ونظراً لضرورة أن يكون البرنامج سليماً من الناحية المنطقية، فلا بد لأي برنامج مبني على منطق المحمول من الدرجة الأولى أن يتضمن بوضوح جميع الاستثناءات لأي قضية منطقية، وعلى هذا لابد من التعبير عن الحقيقة السابقة بالشكل التالي:

7 (س) طائر (س) 28 نعامة (س) 28 بطريق (س) ب ==> يطير(س)
ولكن لا يسمح لنا هذا بأن نستنتج أن الطيور عادة تستطيع الطيران،
ولكي يثبت البرنامج أن طائراً بعينه «س» يطير، لا بد له من تحقيق الأهداف
الواسطة التالية:

س ليس بنعامة، وس ليس ببطريق
والذي يكون مستحيلاً لو اقتصرت المعلومات المحددة بالبرنامج على أن
«س» هو طائر.

وعادة ما تشمل البرامج التي تستخدم منطق الدرجة الأولى قواعد من
نوع «إذا كان س كياناً، وإذا كانت 2 لك (س) لا يمكن أن يستدل عليها من
قاعدة البيانات، إذن افترض لك (س) صادقة» وليس هذه الفكرة من
مفاهيم منطق الدرجة الأولى. وقد ضمنت هذه القاعدة في لغة برولوج⁽¹⁷⁾
بواسطة المعامل NOT وفي MICRO-PLANNER⁽¹⁸⁾ بواسطة المعامل
THENOT. ولا يمكن أن تكون لغة برمجة قابلة للتطبيق بدون مثل هذه
القاعدة، لأن بدونها سيتحتم إضافة عدد هائل من الحقائق المنافية بوضوح
إلى البرنامج.

المراجع

- (1) Eco, U. (1982), Le Nom de la rose, Paris, Grasset.
- (2) Bartlett, F. (1932), Remembering, a study in experimental and social psychology, London, Cambridge University Press.
- (3) Minsky, M. (1975), A framework for representing knowledge, in P. Winston (ed), The psychology of computer vision, New York, McGraw-Hill.
- (4) Roberts, B. Goldstein I. (1977). The FRL manual, MIT Laboratory memo 409, September 1977. (FRL = Frame Representation language.)
- (5) Stefik, M. (1979), An examination of a frame-structured representation system, IJCAI-79, Tokyo
- (6) Schank, R., Abelson, R. (1977), Scripts, plans, goals and understanding, Lawrence Erlbaum Ass., Hillsdale, NJ.
- (7) Bobrow, D., Winograd, T. (1977), KRL, another perspective, Cognitive Science 3, pp. 29- 42. (KRL = Knowledge Representation Language).
- (8) Kay A. Goldberg A. (1977), Personal dynamic media, Computer 10, pp. 31- 41.
- (9) Moon, D.A., Weinreb, D. (1980), FLAVORS: message-passing in the LISP machine, MIT, AI memo 602.
- (10) Steels, L. (1982), An applicative view of object oriented programming. European Conference on Integrated Interactive Computing Systems Stress Itiliv
- (11) Cointe, P. Rodet X. (1983), Formes: a new object-language for managing a hierarchy of events:, IFIP-83, Paris.
- (12) Ferber J. (1984), MERING: un langage dacteur pour la représentation des connaissances et la compréhension du langage naturel, 4 Congrès de Reconnaissances des formes et intelligence artificielle, Paris, pp. 179- 189.
- (13) McDermott, D., Doyle, J. (1980), Non-monotonic logic I, Artificial intelligence, Vol. 13, 1 & 2, PP. 41- 72.
- (14) Selfridge, O. (1959), Pandemonium a paradigm for learning, Symposium on mechanization of thought process, National Physical Laboratory, Teddington, England.
- (15) Szolovits, P., Pauker, S.G. (1978), Categorical and probabilistic reasoning in medical diagnosis, Artificial Intelligence, 11, pp. 115- 144
- (16) Reiter, R. (1978), On reasoning by default, Theoretical issues in Natural Language Processing-2, University of Illinois.
- (17) Roussel, P. (1975), PROLOG, manuel de référence et d'utilisation, Groupe d'intelligence artificielle, Marseille.

- (18) Hewitt, C., (1972), Description and theoretical analysis (using schemata) of PLANNER: A Language for proving theorems and manipulating models in a robot, AI memo 271, MIT.
- (19) Rosch, E. (1975), Cognitive representation of semantic categories, Journal of experimental psychology, 1975, 104, pp. 192- 233.
- (20) Bobrow, E., Stefik, M. (1983), the LOOPS manual, Xerox PARC. Palo Alto.

برامج لعب الشطرنج و حل المسائل

برامج لعب الشطرنج

ينظر كثير من الناس إلى كتابة برامج لعب الشطرنج أو البريدج على أنها نوع من العبث، ولكن هذه النظرة غالباً ما تعكس عدم القدرة على إدراك الأهمية البالغة للتحليل، وببحث طرق التمثيل المختلفة لكل وجه من وجوه التفكير الإنساني، فقد أدت الابحاث في برامج لعب الشطرنج، في الواقع، إلى اكتشاف خوارزم للبرمجة ذات كفاءة عالية في البحث في بنية الشجرات التي تستخدم حالياً لتمثيل تتابع حركات قطع الشطرنج الممكنة في اللعبة (انظر شكل 14-2). كما أن الإنسان يستخدم في لعبة مثل الشطرنج نفس العمليات الإدراكية التي يستخدمها في النواحي الأخرى التي تعتبر أكثر جدية، كما أنه يستخدم نفس الاستراتيجيات التي يستخدمها في المواقف التي يواجه فيها خصماً والتي يطمح في أن يرى النجاح لخططه والفشل لخصومه.

وقد كان بناء برامج لعب الشطرنج من أولى اهتمامات الباحثين في الذكاء الاصطناعي، وتعود

أولى الأفكار في هذا المجال للباحث كلود شانون Claude Shannon⁽¹⁾ في عام 1949 عندما لم يكن اسم «الذكاء الاصطناعي» قد عرف بعد. وقد اقترح شانون نظاماً لتمثيل الأربع والستون مربعاً على اللوح، ومجموعة من القيم لقطع الشطرنج المختلفة (الوزير = 9، الطابية = 5، الفيل = 3، الحصان = 3، العسكري = 1)، لاستخدامها في تقويم أي وضع من أوضاع اللعبة، بالأخذ في الاعتبار قدرة القطعة على الحركة (عدد التحركات القانونية الممكنة)، وتنظيم العساكر (إعطاء قيمة سالية للعساكر المعزولة أو المزدوجة في نفس الرتبة). وكان اقتراحه لمعالجة المشكلة يتلخص في النظر في كل وضع من أوضاع اللعبة في جميع الحركات الممكنة للاعب الذي عليه الدور، ثم النظر في جميع الردود الممكنة لخصمه، وكف الحركات التي يمكن أن تكون ردًا لها.. وهكذا، على أن يقوم جزء من البرنامج بوضع قيمة لكل وضع ممكн من أوضاع اللعبة، ثم اختيار الحركة التي تؤدي إلى أفضل وضع للاعب في مرحلة تالية للتركيب الشجري الذي كونه البرنامج.

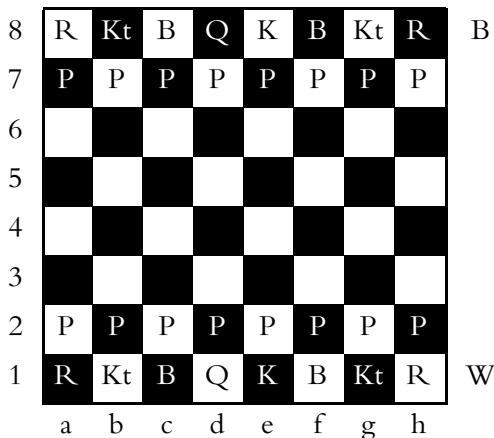
وقد قدم خلفاء شانون معاييرًا جديدة من أجل تطوير برنامج تقييم أوضاع لعبة الشطرنج. فقد اقترح ريتشارد جرينبلات، Richard Greenblatt⁽²⁾ من معهد ماساتشوستس للتقنية استخدام بارامتر لتشجيع اللاعب الحاصل على أكبر عدد من النقاط على استبدال القطع، وأخر لقياس الأمان النسبي لكل من ملكي الشطرنج. وقد أدخلت معايير أخرى منذ ذلك الحين، مثل السيطرة على مركز اللعب والتحكم في إمكانيات الهجوم، إلا أن أهمية هذه المعايير قد تختلف من وقت لآخر أثناء اللعب، فتقل مثلاً أهمية الأمان الأنسب للملكيين كلما استبعدت القطع الرئيسية من اللعب.

وعندما اقترح لأول مرة بناء برامج للعب الشطرنج، اعتبر ذلك تحدياً عظيماً⁽³⁾، وما زال يعتبر حتى اليوم مشكلة أمام الذكاء الاصطناعي، مع أن البرامج المتوافرة تجاريًا الآن (1984) لا تتفق مع طرق الاستدلال الإنسانية إلا في أقل القليل. فإن الانفجار التوافقي combinatorial explosion يبلغ هنا درجة من الاتساع يستحيل معها إجراء بحث مستفيض لكل الأوضاع في اللعبة التي يمكن التوصل إليها، ولهذا تتحدد المشكلة في التوصل إلى حل مقبول، أي أفضل الحلول الممكنة في حدود الوقت المتاح، بالرغم من عدم استكمال عملية البحث. وتتضح استحالة إجراء البحث المستفيض من حقيقة

برامج لعب الشطرنج وحل المسائل

أنه إذا كان متوسط الحركات في دور الشطرنج تبلغ ثمانين حركة، فإن العدد الكلي للأوضاع المختلفة للعبة يبلغ 10¹²⁰. وفي حالة برمجة منهج شانون بالطريقة التقليدية، يصير اختيار الخطوة التالية في اللعبة بتقويم شجرة الحركات الممكنة، من أعلى لأسفل حتى عمق محدد، ويفترض البرنامج أنه على مستوى كل عقدة سيختار اللاعب الذي عليه الدور الفرع «الأفضل» بالنسبة له. وعادة ما يتحدد «الأفضل» هنا بواسطة قيمة وظيفة محددة. فإذا كان لأبيض هو الذي يلعب، وكان البرنامج جدد أن القيمة العالمية للوظيفة تعني تفوق الأبيض، فعلى البرنامج أن يختار الأفرع التي تزيد القيمة في العقد الفردية (اللعبة للأبيض)، وتقللها في العقد الزوجية (اللعبة للأسود)، ويسمى هذا خوارزمية الأدنى-الأعلى ⁽⁴⁾ minimax algorithm.

ويظهر تمثيل لوحة الشطرنج المستخدم هنا في شكل 14-1. ومثال بسيط



أبيض	W: Wight	B: Black	أسود
طيبة	R: Rook	Kt: Knight	حصان
ملك	K: King	Q: Queen	وزير
فيل	B: Bishop	P: Pawn	عسكري

شكل 14-1 أسماء قطع الشطرنج وعلامات اللوحة

جدا، طرحة فراي Frey⁽⁵⁾، انظر إلى حركات بدء اللعبة الموضحة في شكل 14-2، والتي يبدأ اللعب فيها الأبيض كما هو متبع. يقوم البرنامج بتقسيم القليل من الحركات الممكنة، كحركات الوزير والطابية، ويقوم بتقسيم الشجرة حتى عمق 4، أي حركتان للأبيض واثنان للأسود. وتوضع علامة على العقد في شكل مربع أو دائرة لتوضيح ما إذا كان الدور للأبيض أو للأسود بهذا الترتيب، كما ترقم بحسب ترتيب اختبارهم. والاستراتيجية المستخدمة هي «العمق أولاً»، بمعنى أن الفروع التي تختار تتيح استنفاد أقصى عمق ممكن قبل اختيار فرع آخر على نفس المستوى.

ويفحص البرنامج حركات القطع على النحو التالي:

1- عسكري e4-e2 عسكري e5-e7

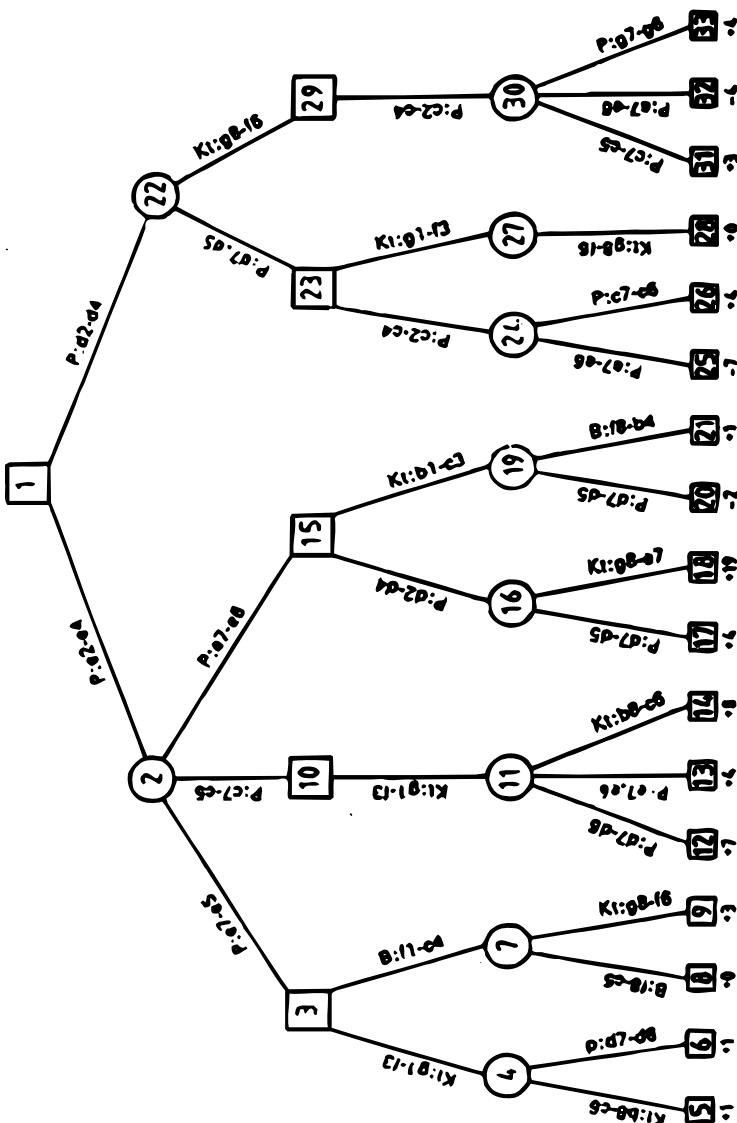
2- حسان f3-g1 عسكري d6-d6

ويحسب البرنامج القيمة النهائية في وضع 5، ويخزن النتيجة 1+، ثم يستمر مؤديا إلى قيمة 1+ في وضع⁽⁶⁾، وهكذا حتى يصل إلى نهاية الأطراف السبعة عشر في الشكل الجاري تقويمه. وبعد أن يقوم البرنامج بتقسيم عقدة ما، تعطى هذه القيمة للعقدة التي تعلوها مباشرة، وتظل هناك حتى تستبدل بقيمة أفضل (أي أعلى)، آتية من عقدة أخرى منحدرة عنها. ويستمر البرنامج هكذا حتى ينتهي من تقويم جميع العقد (6)، ويصل إلى العمق المحدد سلفا، وإلى الحركة التي ترفع قيمة الوظيفة لأعلى حد ممكن. وتستخدم أفضل البرامج وظائف تقويم معقدة، ولكن لننظر على سبيل المثال إلى الشكل البسيط التالي. عند وضع معين من أوضاع اللعبة، دع قب (قانوني أبيض)، قس (قانوني أسود) يرمزان لعدد الحركات القانونية للأبيض والأسود في اللعبة، ودع صب، ومس يرمزان لأقل عدد ممكن من الحركات الالزامية لكن الملك، ودع مب، ومس يرمزان لعدد المربعات المركزية التي هو جمت، إذن تكون الوظيفة كالتالي:

$$= (\text{قب-قس}) + 3 (\text{صب-مس}) + 3 (\text{مب-مس})$$

والتي تعني أن ميزة الأبيض (تقاس بالقيمة الكبرى لـ «و») تكون أكبر، كلما كان عدد الحركات القانونية المتاحة له أكبر، وكلما كان عدد المربعات المركزية التي يستطيع مهاجمتها أكبر، وكلما كان أقرب إلى إعطاء كش. ويبين شكل 14-3 كل القيم الوسطى للشجرة الموضحة في شعل 14-2 المؤدية

برامح لعب الشطرنج وحل المسائل



شكل 14-2 شجرة فرعية لحركتين مختلفتين يمكن أن يفتح الأبيض بأحدها اللعب-فراي⁽⁵⁾

للقيم النهائية الموضحة. كما يوضح شكل 14-4 أن العقدة 2 تتناسب مع القيمة القصوى +1، وعلى هذا يجب على الأبيض أن يلعب e2-e4 .
ويلاحظ القارئ اليقظ ما يلى :

أ- لا يقوم اللاعب البشري إطلاقاً بهذه الحسبة إثناء لعب الشطرنج: فإنها معقدة للغاية. وحتى هذه الحسبة ما هي إلا تبسيط هائل لما يجري بالبرامج المتاحة بالسوق الآن، فهي لا تقوم عشرات قليلة من أوضاع اللعبة، بل تقومآلافاً عديدة.

ب- ليس هناك ضمان أن تكون الوظيفة المختارة هي «الأفضل». فلا بد من أن تكون هناك اعتبارات يأخذها اللاعبون الكبار في الحسبان، ولكن يصعب جداً حسابها، وبالتالي إدخالها في وظيفة التقويم.
وقد كان جاك بيترات Jacques Pitrat⁽⁷⁾ من جامعة باريس أول من عالج

Terminal position	Legal Moves		Moves to check		Center squares attacked	
	White	Black	White	Black	White	Black
5	27	29	2	3	3	3
6	27	32	2	3	3	2
8	33	33	2	2	2	2
9	33	27	2	2	2	2
12	27	29	2	4	3	2
13	27	29	2	3	3	2
14	27	25	2	4	3	3
17	38	34	3	3	3	3
18	38	22	3	3	3	2
20	33	35	3	3	3	3
21	31	33	3	2	3	1
25	30	34	4	3	3	3
26	30	29	4	4	3	2
28	29	29	3	3	4	4
31	30	24	4	3	3	3
32	30	28	4	2	3	3
33	30	23	4	2	3	2

شكل 14 - 3 حساب أولى لوظيفة التقويم - وفقاً لغيري (5)

المشكلة الموضحة في (أ) أعلاه، ثم تبعه ويلكنز Wilkins⁽⁸⁾، حيث قدما فكرة الاستراتيجيات العليا high-level shategies كوسيلة لتمحیص الشجرة.

برامج لعب الشطرنج وحل المسائل

Node	Value from Minus	Node	Value from Minus	Node	Value from Minus	Node	Value from Minus
4	+1	13	+1				
7	0			2	+1		
11	+4	10	+4				
16	+4	15	+4			1	+1
19	-2						
24	-7	23	0	22	-4		
27	0						
30	-4	29	-4				

شكل 14 - 4 تقوم يصل إلى جذر شجرة شكل 14 - 2 فرعي (5)

وقد جعل هذا إهمال كافة الفروع-عدا «المبشرة» منها فقط ممكناً، حيث يعرف «المبشرة» في ضوء الهدف المطلوب تحقيقه. وقد يكون الهدف هو «خذ هذه القطعة أو تلك من الفريق المضاد» أو «كش الملك للفريق الآخر»، ويضع البرنامج أهدافاً فرعية، يؤدي تحقيقها إلى إنجاز الهدف الرئيسي. ويستطيع البرنامج الذي يستخدم مثل هذه الاستراتيجية التطلع لعشرين حركة أو أكثر للأمام-الأمر الذي يستحيل تحقيقه في ظل منهجية البحث المستفيض-لأنه لا يحتاج إلا لاختبار الحركات التي تؤدي لتحقيق أحد الأهداف الفرعية.

وتحدد طبيعة الهدف الرئيسي المطلوب تحقيقه شكل الاستراتيجية التي يتبعها البرنامج. فإذا اختار البرنامج حماية الملك كهدف رئيسي، فسيجد عدة طرق لتجريم الأخطار التي تهددهة قد يكون أحدها هاجمة الوزير المضاد، ويصبح هذا هدفاً فرعياً رقم (1) ولتحقيق ذلك قد يجد البرنامج أنه لا بد أن يحرك الفيل أو الحصان؟ فإذا اختار تحريك الفيل، فيصبح ذلك هدفاً فرعياً رقم (2). وقد يظهر عندئذ أن مثل هذه الحركة قد تترك أحد العسكر دون حماية، ولهذا فلا بد من تقديم عسكري آخر لحماية الأول الذي كان محمياً بالفيل قبل تحريك الفيل، ويصبح هذا هدفاً

فرعيها رقم (3)، وهكذا.

وتكون الأشجار في ظل هذه المنهجية أكثر محدودية much narrower من أشجار البحث المستقيض، إلا أنها أكثر عمقاً، كما ينخفض عدد الأوضاع التي يجري بحثها من عدة آلاف إلى معان قليلة، أو حتى عدة عشرات، وهكذا يبدأ البرنامج في العمل بطريقة اللاعب الإنساني. وترتبط الاستراتيجية عدداً من الحركات المتتالية في ظل هذه المنهجية، بخلاف البحث «الأعمى» الذي لا يوجد فيه ما يمكن أن يربط بين حركتين متتابعتين، لأنّه يجري إعادة تقويم الشجرة بأكملها نتيجة لتغير الشروط. وبهذا يكون أي تشابه بين هذه الطريقة والسلوك الإستراتيجي نتيجة الصدفة البحتة.

وقد ظهرت الحاجة لوظيفة التقويم-في غيبة شيء أفضل-لأنه لا بد من تزويد الحاسب بما يحل محل نظرية اللاعب الإنساني التي تستوعب الموقف على لوحة الشطرنج بأكمله في ثوان معدودة. وقد لا يكون اعتماد البرنامج على مثل هذه الوظائف هو المبدأ الأفضل، ومن المحتمل جداً أن يكون تقليلاً الاعتماد على هذه الوظائف في المستقبل لصالح الطرق التجريبية التي تستخلصها من اللاعبين المهرة ذا فائدة عظيمة في المستقبل. وعلاوة على ذلك، إذا استطعنا بناء برامج تضاهي مهاراتها في اللعب مهارة كبار اللاعبين، تمكننا من فهم الاستراتيجيات التي يستخدمها كبار اللاعبين.

ونود أن نضيف أن النجاح في بناء برامج تابع الشطرنج ببراعة تتعدي أهميته ل اللعبة الشطرنج إلى الذكاء الاصطناعي بوجه عام: فهو يؤدي إلى فهم أفضل لمفهوم «الخطة»، ويؤثر أيضاً في فهم اللغات الطبيعية. فكثيراً ما يحدث أننا لا نستطيع فهم مغزى حدث ما بدون معرفتنا بدوافع المشاركين فيه، التي تفسر تصرفاتهم في ضوء مخططاتهم.

وأخيراً، فمن الطريق أن نذكر أن برنامج لعب الطاولة الذي كتبه هانز بييرلينر Hans Berliner قد هزم بطل العالم في اللعبة. وقد اعترف بييرلينر نفسه أن برنامجه قد حالفه الحظ، لأن كل دور اعتمد على رمية الزهر، وقد أظهرت دراسة جادة بعد انتهاء اللعبة أن 8 من بين 73 حركة لم تكن مثلى. وكان هذا في الواقع حدث فريد في تاريخ الذكاء الاصطناعي، ويمكن تعليم بعض المناهج المستخدمة في تقويم أوضاع اللعب إلى مسائل أخرى.

حل المشاكل

يعتبر حل المشاكل من أكثر الأنشطة الذهنية استخداماً، ويترافق بين مسائل مثل «كيف أصل إلى بيتي من برجهام؟» إلى اختبارات الذكاء، أو مشكلة آكل البشر والإرساليات التبشيرية التي سنتحدث عنها فيما بعد في هذا الفصل.

١- التنازف الهندسي

من الأنماط المعتادة في اختبارات الذكاء إعطاء مسائل تحتوي على رسومات مختلفة، ثم السؤال عن القاعدة التي تحول رسم A إلى رسم B، ثم عن الشكل التالي منطقياً لشكل C. ونعرض المثال التالي لـ ليغانز⁽¹⁰⁾ وبوندي⁽¹¹⁾.

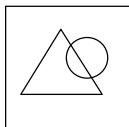
. Evans and Bundy

وتتلخص الطريقة في أن تجد أولاً وصفاً لفظياً لكل رسم، وتستنتج قاعدة تربط كل رسم بالرسم الذي يليه، وعادةً لن تجد القاعدة في المحاولة الأولى، لأنها يتبعن في أغلب الأحيان اختبار عدة احتمالات، مع التوصل إلى القاعدة التي تتطابق أيضاً على التحويل الثاني.

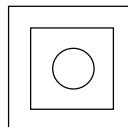
عندئذ يجب التوصل إلى تمثيل رمزي للوصف اللفظي للرسم، والذي يمكن على أساسه التعبير عن كافة علاقات الشبه والاختلاف بين الرسوم المختلفة. ونحن نقوم بهذه العملية بأنفسنا دون وعي منها، ولكن كان لابد من جعلها واضحة محددة حتى يمكن للحاسوب أن يستخدمها، ذلك كالانتقال من جملة بلغة طبيعية إلى التمثيل الداخلي لها المكون من مجموعة من



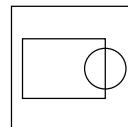
د



ج



ب



أ

شكل 14-5 ماذا يكون د؟

العلاقات بين الأسماء والأفعال.. وهكذا. يمكن أن يكون الوصف اللفظي للمسألة في شكل 14-5 كالتالي مثلاً:

أ: مربع بدائرة على محطيه.

ب: مربع بدائرة في داخله.
 ج: مثلث بدائرة على محطيه.
 والقاعدة التي تغير شكل أ إلى شكل ب هي:
 غير «على محطيه» إلى «في داخله»
 والتي عندما تطبق على ج تعطى:
 د: مثلث بدائرة في داخله.

ويمكن بناء الوصف الرمزي لهذه الأشكال بتعريف المحمولين «على-محيط، في»، وتكون حدودهما الأشياء في الشكل، مما يعطينا:

أ: (على-محيط دائرة مربع)
 ب: (في دائرة مربع)
 ج: (على-محيط دائرة مثلث)

وتكون القاعدة إذن: أ ————— ب غير على-محيط إلى في
 والتي إذا طبقناها على شكل ج، تكون النتيجة:
 د: (في دائرة مثلث)

ولا شك أن قدرة التعرف على التشابهات والاختلافات بين المواقف المختلفة سمة رئيسية ونموذجية لعمليات التعليم التي سوف نناقشها في الفصل التاسع عشر؛ وهي أيضا أساسية لعملية الاستدلال المنطقى بشكل عام.

2- مشكلة «المشرون وآكلو لحوم البشر»

تواجه ثلاثة مبشرين مع ثلاثة من آكلي لحوم البشر سويا بالضفة الشرقية (ش) لأحد الأنهر، ويودون جميعا عبور النهر للضفة الغربية (غ) ولديهم قارب لا يتسع إلا لراكبين فقط كل مرة. وإذا زاد في أي مرحلة، وفي أي ضفة من النهر، عدد آكلي لحوم البشر عن عدد المبشرين، فإن شهية آكلي لحوم البشر للحم الآدمي تتفتح، وتكون العواقب وخيمة للمبشرين، الذين يحاولون تجنب حدوث ذلك بأي ثمن. ويعتبر القارب جزءا من الضفة التي يكون فيها. والمشكلة هي نقل كل فرد عبر النهر، مع الحفاظ على سلامة المبشرين. وقد علق دانيال كايزر (16) على ذلك قائلا لي إنه لا يستطيع أن يرى لماذا لا يستطيع اثنان من آكلي لحوم البشر الإجهاز على

برامح لعب الشطرنج وحل المسائل

ثلاثة من المبشرين: ولكي يبدي برنامجا مثل هذه الملاحظة، لابد أن يكون ذكريا جدا.

ومشكلة الذكاء الاصطناعي هنا هي كتابة برنامج يستطيع أن يجد بنفسه الخطوات الواجب اتخاذها من يركب القارب ذهابا وإيابا-لتحقيق الهدف المنشود؟ ولتحقيق ذلك، يجب أن نعطي الحاسب وصفا سوريا للحالة الأولية (الحالة التي يكون فيها المبشرون وأكلة لحوم البشر في الضفة التي يرغبون الانطلاق منها-المترجم)، ووصفا آخر للحالة النهائية (عند انتقالهم جميعا سالمين إلى الضفة الأخرى من النهر-المترجم)، ومعاملات تغيير الحالة. ولابد أن يتتأكد البرنامج أنه في جميع الأوقات تتوافق الشروط التالية:

يزيد عدد المبشرين (م) عن عدد أكلي لحوم البشر (آ)، في كل ضفة من النهر أو في القارب أثاء إبحاره، إلا إذا كان (م) = صفر في أي موقع من الواقع.

ويجب أن نلاحظ هنا أننا في حديثنا عن بناء الوصف الصوري للمواقف المختلفة، تجاهلنا العملية الدقيقة للانتقال بالجمل من صورتها الطبيعية إلى تمثيل رمزي باستخدام المعاملات والحالات: وهذه العملية أصعب جزء في البرنامج وتتطلب فهما عميقا جدا للغة. فمثلاً حقيقة أن «وجود المبشرين يفتح شهية أكلي لحوم البشر للحم الآدمي...»، ينطوي بدهاهة على أن عدد (م) يجب أن يزيد عن عدد (آ).. الخ، يمثل استبطاطا لا يسهل على برنامج أن يتوصل إليه. وتبليغ هذه المشكلة بالذات درجة من السهولة تجعل القيام ببحث أعمى ممكنا، أي يمكن للبرنامج أن يطبق جميع المعاملات، مع مراعاة قيد واحد، وهو أنه لا يجب السماح بحالة يزيد فيها عدد أكلي لحوم البشر عن عدد المبشرين.

ويكون التعريف الصوري للمشكلة كما يلي:

الحالة الأولية: $ش = (م\ م\ آ\ آ)$ (كل فرد في الضفة الشرقية)
 $غ = صفر$

الحالة النهائية: $ش = صفر$
 $غ-(م\ م\ آ\ آ)$ (كل فرد في الضفة الغربية)
وهناك أيضا مجموعه من المعاملات مع = (مع 1، مع 2، مع 3، مع 4، مع

5) وتعريفاتهم. وهذه المعاملات لا تطبق إلا تحت ظروف محددة، وينتج عن تطبيقها تغير في الحالة، فمثلاً يمكن تعريف مع 1 على النحو التالي:

نقطة البداية: ش أو غ

نقطة النهاية: ش أو غ

الشروط:

1- نقطة البداية ≠ نقطة النهاية

2- (مبشر واحد على الأقل وأكل لحوم بشر واحد في المكان الأصل)

$N(C, ORIGIN) 1, n(M, ORIGIN) > 1$

النتيجة:

نقطة البداية ==> نقطة البداية-(آ) وصف لحالة جديدة

نقطة النهاية ==> نقطة النهاية + (آ)

ويمكن الرجوع إلى البرنامج الكامل لهذا المثال في بوندي Bundy⁽¹¹⁾. وما يعيّب طريقة حل المسألة التي عرضناها أعلاه هو أن الحل خاص جداً لهذه المسألة بالذات، ولا يمكن تعميم استخدامه لحل مسائل أخرى، وقد أدت هذه الاعتبارات بباحثين آخرين مثل JeanLouiv Lauriere⁽¹²⁾ أن يحاولوا تطوير طرق أكثر قابلية للتعميم مثل ALICE. يعتبر (الحال العام للمسائل) General Problem Solver (GPS) الذي بناه نيويل وسيمون، وشو Newell, Simon and Shaw⁽¹³⁾ أفضل برنامج في هذا المجال.

3- برنامج حلال المشاكل العام The GPS Program

يجب تحديد الحالات الأولية والنهائية (البيانات والأهداف)-كما هو الحال في برامج حل المسائل-كما يجب أيضاً تحديد معاملات تغيير الحالات، لكنــفي البرنامج العامــيمكن أن تتخذ المعاملات شكلاً أكثر عمومية، لأنــهدفها الوحيد هو تقليل الفرق بين الحالة الراهنة والهدف، وذلك باتباع منهجية الوسيلة التي تتحقق الهدف، والتي يمكن تطبيقها على مسائل تختلف اختلافاً بيناً.

فإذا كنت أريد حل مشكلة الذهاب من منزليــلنقل أنه في لندنــإلى أدنبوره، فإبني أبحث عن معامل يمكن أن يخفض الفرق بين حالة «المنزل» وحالة «في أدنبوره». وهذا الفرق هو اختلاف في الموقع، ويمكن تقليله

برامج لعب الشطرنج وحل المسائل

باستخدام الطائرة أو القطار؟ ولكن لا تقلع الطائرة ولا القطار من المنزل، وإنما من المطار أو عطه السكك الحديدية، وهكذا أصبح لدى هدف فرعي «الوصول إلى المطار (أو محطة السكك الحديدية)، والذي يتبع على الآن أن أخطط لتحقيقه.. وهكذا. ومن إحدى السمات الهاامة المميزة للبرامج العامة، أن المعامل الذي اختير لتقليل الفرق بين الحالة الأولية والنهائية قد لا يكون قابلاً للتطبيق في الموقف المطروح في ذلك الوقت، مثل الطائرة أو القطار، وبدلًا من أن يقوم GPS برفض هذا المعامل، فإنه يحاول أن يغير الموقف ليصبح مناسباً لهذا المعامل. ولنخوض فيما يلي أنواع الأهداف التي يستطيع GPS التعامل معها:

1- تحويل كيان-ا إلى كيان-ب

2- تقليل الفروق بين أ و ب بتعديل أ

3- تطبيق معامل ما على أ

وستستطيع أكثر نسخ GPS عمومية أن تحل أحد عشر نوعاً مختلفاً من المسائل، بما في ذلك الألغاز ومسائل تتعلق بمجالات خاصة مثل الشطرنج والتكامل الرمزي. إلا أن أداءه في المجال الأخير أقل كثيراً من البرامج المتخصصة مثل MAC SYMA⁽¹⁴⁾ أو SAINT⁽¹⁵⁾. ولكن لم يقصد أبداً أن يكون GPS كفؤاً، ويجب اعتباره، كما ذكر مؤلفو البرنامج «سلسلة من الدراسات التي تهدف إلى تقديم فهم أفضل لطبيعة عملية حل المسائل والآلية المستخدمة في التوصل إلى حلول لها».

4- برنامج أليس The ALICE Program

يستطيع برنامج أليس -الذي أعد بواسطة حين لو이 لوريير-Lau riere⁽¹²⁾ من جامعة باريس-أن يحل المسائل الرياضية والمنطقية المكتوبة بلغة تستخدم مفردات نظرية المجموعات والمنطق التقليدي.

وتحدد المسألة في أربعة أجزاء:

- 1- التعريف، مسبوقاً بكلمة «دع» LET، ويعرف هذه العناصر التي تتكون منها المشكلة ويحدد أنواعها.
- 2- الهدف، مسبوقاً بكلمة «أوجد» FIND، و يحدد القيم التي يجب أن توجد.

3- القيود، مسبوقة بكلمة «مع» WITH، ويحدد العلاقات بين المتغيرات في المسألة.

4- البيانات، التي يمكن أن تكون عددية أو رمزية.

وهناك ثلاثة مراحل رئيسية في عملية الحل:

A- مد القيود، باستبدال القيم التي اختيرت لمتغيرات معينة. وهنا يظهر برنامج «أليس» مهارته باستخدام القيود فهو لا يستخدمها وفق ترتيب ثابت مسبق، بل طبقاً لمعايير خاصة مثل استخدام القيود القصيرة قبل الطويلة منها.

(ب- توليد الفروض ؟ تتم الاختيارات بأكبر قدر ممكن من الذكاء، بانقاء القيم الأكثر احتمالاً.

ج- التوصل إلى الحل مع إظهار أنه الحل الأمثل.

ويتميز برنامج «أليس» بقدراته على حل مسائل الهالبيز الرياضية بوجه خاص، فمثلاً:

$$\begin{array}{r} \text{G E R A L D} \\ + \text{D O N A L D} \\ \hline = \text{R O B E R T} \end{array}$$

حيث يمثل كل من الحروف G E R A L D O N B T رقماً تحت العشرة؛ صفر ، 1 ، 2 ، 9000 ، وكلها مختلف والمجموع صحيح، والأرقام الأولية R G D R كلها ليست صفرية

وإذا كانت a,b,c,d,e هي الأرقام المرحلة من اليسار إلى اليمين في عملية الجمع، فإن برنامج «أليس» يقوم بتوليد العلاقات التالية والتي تشكل القيود في هذه المشكلة :

$$2D = T + 10e \quad (1)$$

$$e + 2L = R + 10d \quad (2)$$

$$d + 2A = E + 10c \quad (3)$$

$$C + R N = B + 10b \quad (4)$$

$$b + E + O = O + 10a \quad (5)$$

$$a + G + D = R \quad (6)$$

وتكون الاستنتاجات الأولى التي يتوصل إليها البرنامج:

برامج لعب الشطرنج وحل المسائل

T رقم زوجي، توصل إليها بواسطة⁽¹⁾

($a=0 \& b=0 \& E=0$)

أو⁽⁵⁾ ($a=1 \& b=1 \& E=9$)، بواسطة

⁽²⁾ ($R=e \text{ modulo } 2$)، بواسطة

⁽³⁾ ($E=D \text{ modulo } 2$)، بواسطة

ويقوم برنامج «أليس» باختيار تجريبي وهو $E=0$ (متضمنا أن قيمة كل من، a , b , c صفر)، حيث يغير تلك القيود الأصلية إلى أشكال أقوى:

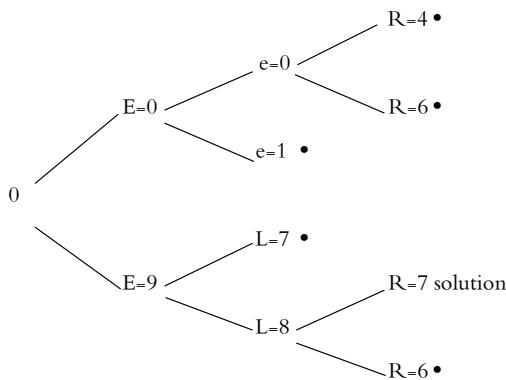
$$d + 2A = 10c \quad (3')$$

$$C+R+N=B \quad (4')$$

$$G+D=R \quad (6')$$

وينتاج عن (ص3) أن d لابد أن تكون زوجية نظرا لأنها رقم مرحل فإن d = صفر . وتستمر العملية بهذه الطريقة، ويوجد الحل باستحداث شجرة ذات سنت عقد فقط، كما هو موضح في شكل 14-6 . وبؤدي فرعا الشجرة $R=6$ إلى وضع مستحيل عندما يستبدلا في المعادلات الأخرى ولهذا لا تقبل إلا $R=7$ ويصبح حل المسألة كالتالي:

G	E	R	A	L	D	O	N	B	T
1	9	7	4	8	5	2	6	3	0



شكل 14-6 شجرة بحث Gerald + Donald = Robert

ويمكن الرجوع إلى البرنامج الكامل في كتاب لوربير⁽¹²⁾

خاتمة:

لقد أثرت دراسة حل المسائل بوجه عام تأثير هاما على تطور آلات الاستنتاج inference engines والمستخدمة في الأنظمة الخبيرة، وهو موضوع القسم الرابع من هذا الكتاب. ومن المحتمل أن يحقق إدخال الاستراتيجيات العليا، مثل فكرة الخطة في برامج الشطرنج، فوائد في المستقبل.

المراجع والحواشي

- (1) Shannon, C. F. (1950), Programming a computer to play chess, Scientific American, February 1950.
- (2) Greenblatt, R. D. et al. (1967), The Greenblatt chess program. Proc. AFIPS Fall Joint Computer Conference, 1967, 31, pp. 801- 8 10.
- (3) Even the possibility (of creating a good chess-playing program) was questioned by Dreyfus in his book What computers cant do: A critique of Artificial Reason. New York, Harper & Row, 1972. The challenge now is to produce a program that will play at Grandmaster level, or even world champion.
- (4) Von Neuman, J., Morgenstern, O. (1944), Theory of games and economic behavior, Princeton N.J., Princeton University Press.
- (5) Fray, P. W. (ed.) (1977), Chess skill in man and machine, New York, Springer-Verlag.
- (6) There are in fact tree-pruning methods that do not require all the nodes to be evaluated. The reader interested in these optimization procedures should consult, for example, Barr, A. & Feigenbaum E. (eds.) (1981), The Handbook of Artificial Intelligence, Vol. 1, 46- 108, Los Altos, California, Kaufman.
- (7) Pitrat, J. (1977), A chess combination program which uses plans, Journal of Artificial Intelligence, Vol. 8, No. 3, June 1977.
- (8) Wilkins, D. (1979) Using plans in chess, IJCAI-79 pp. 960- 967, Tokyo, August 1979.
- (9) Berliner H. (1980), Computer Backgammon, Scientific American, pp. 54- 69, June 1980.
- (10) Evans, I. G., (1963), A heuristic program to solve geometric analogy problems, in Semantic Information Processing, M. Minsky (ed.), Cambridge, Mass., MIT Press.
- (11) Bundy, A., Burstall, R. M., Weir, S., Young, R. M., (1980), Artificial Intelligence: Introductory course, Edinburgh, Edinburgh University Press.
- (12) Lauriere, J. L. (1978), A language and a program for stating and solving combinatorial problems, Artificial intelligence, 10, 1, pp. 29- 127.
- (13) Ernst, G. Newell, A. (1969), GPS: A case study in generality and problem solving, New York, Academic Press.
- (14) Moses, J. (1967), Symbolic integration, Technical report MAC TR-47 MIT.
- (15) Slagle J. R. (1963), A heuristic program that solves symbolic integration problems in freshman calculus, Feigenbaum and Feldman (eds.), New York, McGraw-Hill.
- (16) Kaysar, D. (1984), Personal letter.

**القسم الرابع
الأنظمة الخبيرة**

خصائص الأنظمة الخبرية

مقدمة

توافق ازدياد اهتمام علماء الذكاء الاصطناعي بالأنظمة الخبرية مع تدني حماسهم للمناهج العامة لتمثيل العمليات الاستدلالية. فقد ثبت في الواقع عدم فعالية المناهج والطرق، التي كان يقصد بها أن تكون عامة وكلية، عند تطبيقها في مجالات محددة^(١)، مما يوضح العلاقة التبادلية المألوفة بين الفعلية والعمومية. ففي أوائل الستينيات بدأ إدوارد فيجينباوم Edward Feigenbaum في الاهتمام بطرق الاستدلال الاستقرائية والتجريبية. والتي كانت عادة ما تستخدم في المسائل التي تتطلب وضع افتراضات تفسر تفاصيلاً جيداً مجموعة من الظواهر التي تم رصدها. وقد أدت الرغبة في احتذاء هذا النوع من السلوك العلمي إلى إرساء دعائم مشروع مشترك^(٢) بين علماء المعلوماتية من ناحية، وخبراء من مجالات معينة كان من بينهم جوشوا ليديربرج Joshua Lederberg الكيميائي وعالم الوراثة. وقد اختير تفسير بيانات أجهزة مطياف الكتلة ليكون مجال التجربة، في مطياف الكتلة تCDF عينة صغيرة من المادة المطلوب معرفة تركيبها الكيميائي بواسطة إلكترونات ذات طاقة عالية، مما

ينتج عنه تكسر جزيئاتها إلى أجزاء عديدة، وتتقلل النزرات بين هذه الأجزاء، ويمكن التوصل إلى بنية الجزيئات الأساسية من فحص هذه الأجزاء، ونعرض في الفصل السابع عشر برنامج ديندرال DENDRAL⁽³⁾ الذي كتب لمعالجة هذه المسألة.

ولسنوات عديدة نظر علماء الذكاء الاصطناعي بقدر كبير من التحفظ إلى هذا العمل الذي يسير في اتجاه مضاد لمبادئ المناهج العامة السائدة في ذلك الوقت والمفضلة لدى علماء الرياضيات. ولكن سرعان ما ساعد هذا العمل على إثارة المشكلة الرئيسية من جديد، وهي مشكلة تمثيل وهيكلة المعرفة، وذلك لأن المشاكل المطروفة على بساط البحث لم تعد مشاكل «دمية» يمكن حلها باستخدام عدد ضئيل من المعاملات، ولكنها أصبحت مشاكل الحياة «الحقيقية».

ويمثل بروز وسقوط النظريات العلمية في مجالات البحث العلمي المختلفة خير مثال على التعاقب الذي وصفه توماس كون thomas Kuhn في كتابه «بنية الثورات العلمية»⁽⁴⁾ the stmcture of Scientific Revolution. فهو يصف تطور العلوم باعتباره عملية دورية تتبع فيها «اعتراضية» مع «فترات ثورية». وفي المراحل الاعتراضية يكون فيها شبه إجماع بين علماء المجال حول المسائل المهمة التي يجب دراستها، وأنواع الحلول والتفسيرات المراد التوصل إليها. ولا يكون هناك تساؤلات أو شكوك حول أسس النظرية أو النموذج. ومع مرور الوقت، تظهر بعض المشاكل من خلال هذه النظرية أو النموذج-التي تتطلب حلاً سريعاً. ويتم تجاهلها في بادئ الأمر، ولكن تأتي لحظة حرجة يتزايد بعدها عدد الباحثين غير الراضين عن النظرية السائدة أو النموذج الحالي، ويبدئون في وضع الأسس لنظرية جديدة. ويوفر النموذج الجديد فهماً أفضل للأسئلة غير المجابة في ظل النظرية السابقة، وقد يصبح تفسير بعض الظواهر أقل عن ذي قبل. وليس النظرية الجديدة مجرد امتداد لسابقتها، ولكنها تكون الأساس لمرحلة اعتراضية جديدة في البحث العلمي، وتكون بالطبع مصدر نزاع بين أنصار النظرية القديمة ومؤيدي النظرية الجديدة.

وعندما أدرك العلماء أن البحث في آليات عمليات الاستدلال في مجالات معينة قد أدى إلى تقدم عظيم، سارعوا بحماس إلى العمل لبناء أدوات

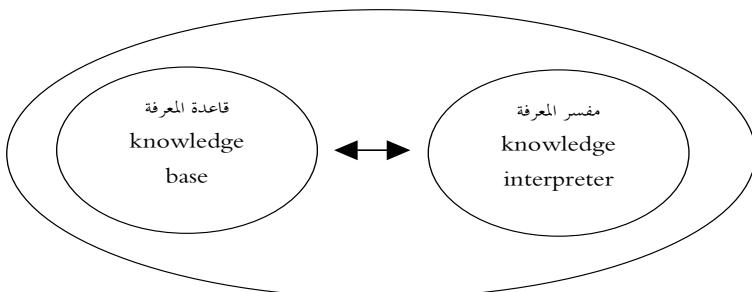
عامة general tools لتمثيل المعرفة في مجالات مختلفة، ولذلك يمكن اعتبار البحث في الأنظمة الخبرية جزءاً مهماً من «الذكاء الاصطناعي». وكان أول درس تعلمه الباحثون من بناء برنامج مثل DENDRAL الذي اشتمل على قدر هائل من المعلومات الكيميائية المتخصصة، هو أن تكلفة أقل تعديل فيه كانت باهظة جداً. ويرجع ذلك إلى تداخل المعلومات المتخصصة في الآلية التي تستخدمها وتفسرها، ومن هنا انبثق المبدأ الأساسي-بالتدريج-القائل بوجوب فصل قاعدة المعرفة عن الآلية التي تفسرها.

مبادئ بناء الأنظمة الخبرية

١- تحديد الميدان

تتطلب عملية بناء الأنظمة الخبرية، التي هي بطبعتها عملية متزايدة-*in cremental*, عقد عدة جلسات مع أحد خبراء المجال المحدد. ويقوم الخبرير البشري بشرح معرفته في هذا الميدان، والطرق التي يتبعها في حل المسائل. وقد يقدم شرحه هذا بطريقة غير منتظمة، لأنها ربما المرة الأولى التي يطلب منه القيام بذلك. ويجب السماح للخبرير بإجراء مراجعات عديدة لما يزيد أن يضمنه في البرنامج، بما في ذلك العودة إلى ما سبق ذكره، وإعطاء تفسيرات مطولة لنقطات معينة، وإضافة معلومات جديدة. ويوضح ذلك الحاجة إلى فصل تمثيل المعرفة عن البرنامج الذي يقوم بتطبيقها. وقد يتم الاستعانة بخبراء آخرين في مرحلة تالية، للتعليق على المعلومات التي أعطيت بواسطة الخبرير الأول. ولهذا يجب أن توضع هذه المعلومات في شكل بسيط، ليسهل قراءتها ودراستها. وتساعد أشكال التمثيل التي وصفناها في الفصول 9-13 فهم هذه الأغراض، ومن الضروري أن تتخذ شكل المعرفة المعلنة، وألا تتبع الأسلوب التقليدي للغات البرمجة. وإذا نظرنا إلى المستقبل البعيد، يمكننا أن نتوقع أن يقوم الخبراء البشريون أنفسهم ببناء هذه البرامج دون مساعدة علماء المعلومات.

ويمثل الرسم الموضح في شكل 15-١ البنية الهيكيلية المقترحة للأنظمة الخبرية، وهيتمكن المستخدم من إجراء حوار مع النظام الخبرير. وليس ضرورياً أن نستخدم هذا الشكل الموضح، ولكنه في الواقع الشكل الأكثر



شكل 15 - 1 المكونات الأساسية لأنظمة الخبرة

شيوعا في الاستخدام. إن الضرورة الحقيقة تكمن في التعاون مع خبير في المجال. وعلى أي حال، قد أصبح مثل هذا الهيكل ضروريا، لأن المعلومات المعطاة عبارة عن مواد للمعرفة مجتمعة تجمعها عشوائيا، مما يجعل طرق البرمجة التقليدية غير ملائمة. إذا أمكن وضع مواد المعرفة هذه بصورة منتظمة، تكون في هذه الحالة طرق أخرى كلاسيكية مناسبة أكثر من طرق الأنظمة الخبيرة. وحالما يطور أو يصل البرنامج إلى مرحلة يعتبر فيها أداؤه في مجاله الخاص مرضيا، يمكن عندئذ-إذا اقتضت الضرورة- إدماج قاعدة المعرفة في البرنامج المفسر لإعطائه فعالية أكثر، ولتقليل الذاكرة المستخدمة خاصة غد تشغيل البرنامج على أجهزة أصغر من تلك التي طور عليها.

2- تفسير عملية الاستدلال

من السمات الهمة لأنظمة الخبرة قدرتها على إعطاء المستخدم تفسيرا لخطة «تفكير» البرنامج. ويتم ذلك بإدماج بعض الإجراءات داخل البرنامج، حيث تقوم هذه الإجراءات بعرض مواد المعرفة التي استخدمها النظام الخبير في التوصل لأحكامه. ويحتوي البرنامج على المعرفة أو المعلومات في صورة لا تختلف كثيرا عن صورة المعرفة كما يدركها الخبير البشري، فقد يحتوي البرنامج على مادة المعرفة التالية:

«إذا كانت درجة حرارة المريض عالية، وأرجله ضعيفة، فقد يكون مصابا بالأنفلونزا». ويمكن للبرنامج بسهولة عرض الاستنتاجات المتعاقبة التي قام بها للوصول إلى النتيجة. وهذه السمة باللغة الأهمية، حتى إذا لم يكن

خصائص الأنظمه الخبيثة

الإيضاح الذي يقدمه البرنامج على درجة كبيرة سن العمق، لأنه يساعد المستخدم على تقويم ثقته-أو عدم ثقته-في البرنامج. ولم يعد البرنامج صنديقاً أسود سحيرياً، كما تبدو أغلب البرامج العادمة.

-المستخدم:

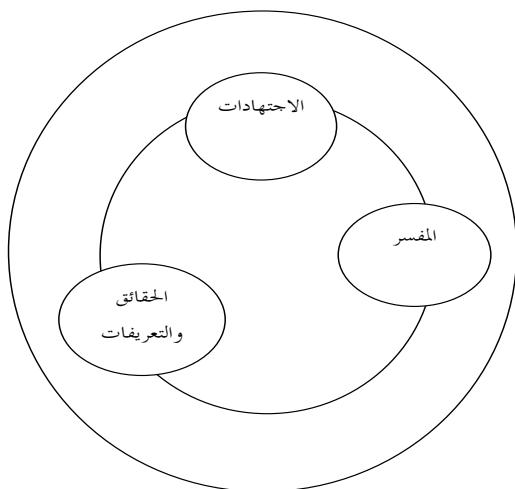
لابد من مراعاة عدة اعتبارات عملية عند بناء الأنظمة الخبرية. فهي أولاً يجب أن تصمم لمساعدة غير الخبرير الذي يطلب نصيحة أو مشورة في إحدى المجالات التخصصية. والمثال الشائع لذلك حاليا هو الطبيب الممارس العام الذي يحتاج لنصيحة خبير في أمراض الكلي أو ضغط الدم المرتفع، قبل تحويل مريضه إلى أخصائي. ومتى هذا البرنامج أهمية خاصة لطبيب الريف الذي قد يكون على بعد أميال من أقرب أخصائي. ولهذا يجب أن يكون مستوى أداء البرنامج الخبير مقاربا لأداء الخبرير البشري في المجال ذاته، ويمكن أن يستفيد البرنامج الخبرير من النقد البناء لمجموعات مختلفة من الأخصائيين. ويمكن للبرنامج الخبرير-بل يجب أن يتضمن خبرات وتجارب عدد من الخبراء، وهذه المعلومات نادرا ما تكون مسجلة بالكتب والدوريات العلمية في هذا المجال.

وهناك نوع ثان من مستخدمي الأنظمة الخبرية يسعون لاكتساب معرفة مهنية في موضوع تخصصي، ويمكن الحصول عليها من أحد الأنظمة الخبرية التي لها بعض القدرات التعليمية-نعرض لهذا الجانب في الفصل الثامن عشر عن التعليم بواسطة الحاسوب، وأخيرا يمكن لأنظمة الخبرية أن تحفظ الخبرات الفريدة للخبراء والمحظيين العظام، والتي ن فقدتها عادة عندما يتقادع هؤلاء دون نقل خبراتهم النادرة إلى خلفائهم.

4- الأنواع المختلفة للمعرفة:

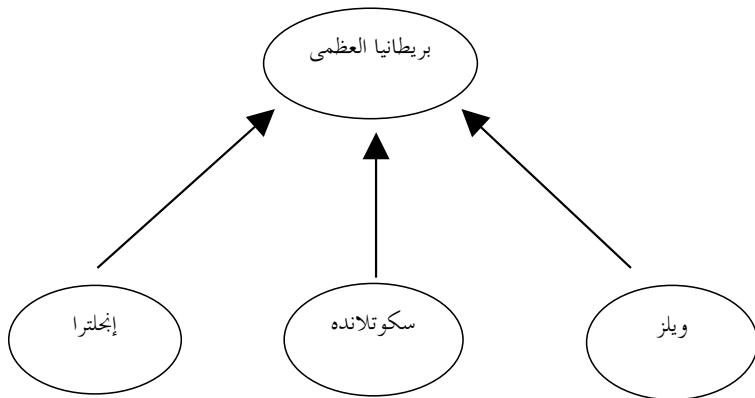
إن مشكلة تمثيل المعرفة في الأنظمة الخبريرة هي مشكلة أساسية، فنقدراً ما يمكن وضع المعرفة المتعلقة بمجال معين في صياغة واحدة، فهناك مواد المعرفة البديهية والتجريبية مثل «إذا لوحظ وقوع A وب إذن من المحمول وقوع ج ولكن بالتأكيد لا يمكن توقع د»، وهناك أيضاً مواد المعرفة الإجرائية مثل «إذا كانت A معلومة، إذن يكون التسلسل ب ثم ج، أما إذ كانت A غير معلومة فيكون التسلسل ج ثم ب هكذا». ويسمى هذا النوع الثاني «ما وراء المعرفة Knowledge meta» والنونم الثالث من مواد المعرفة هو

المعرفة الحقيقة factual Khowl edge مثل «تحتوي A على ب وج و د». وعادة ما يكون التعبير عن النوعين الأولين من مواد المعرفة بواسطة القواعد الإنتاجية، بينما يعبر عن النوع الثالث بواسطة بنية الشجرة. ويوضح شكل 15-2 هذا التمايز. ويختلف الخبراء كثيرا فيما بينهم بشأن تمثيل مواد معرفة النوعين الأولين بينما يرجح اتفاقهم بشأن تمثيل معرفة النوع الثالث. فيتفق مثلا جميع الجغرافيين على تمثيل المعرفة بالجملة «تشمل بريطانيا العظمى كل من إنجلترا، وسكتلاند وويلز» في شكل 15-3.



شكل 15 - 2 التمييز بين مكونات قواعد المعرفة

ويكمن الفرق الأساسي بين قواعد المعرفة knowledge base وقواعد البيانات data base في أن قاعدة المعرفة تتضمن مواد المعرفة البديهية والحدسية والتجريبية بينما تخلو أو تكاد تخلو منها قواعد البيانات. وتسمى الحقائق والتعريفات المتضمنة في قواعد المعرفة «بيانات» في قواعد البيانات. بينما تعني «البيانات» في النظم الخبيثة تلك البنود التي ترتبط بوجه خاص بالمشكلة التي يعالجها البرنامج في وقت ما، وتعتبر خارج برنامج المعالجة نفسه.



شكل 15-3 شجرة تنظيمية لمجموعة حقائق (ج = جزء من).

دليل مختصر لبناء الأنظمة الخبرية

إن بناء الأنظمة الخبرية هو فن أكثر منه علم دقيق. وقد علمتنا التجارب من وقت لآخر عدداً من المبادئ التي تبدو بسيطة، بل واضحة وضوح الشمس في بعض الأحيان. ونوجه الإرشادات التالية، بوجه خاص إلى علماء المعلومات الذين يعملون في تطوير النظم الخبرية بالتعاون مع خبير بشري في المجال.

أ- تتناسب بعض-وليس كل-المسائل مع الأنظمة الخبرية، وقد قام بوكانان ودودا⁽⁶⁾ Buchanan and Duda بتصنيف هذه المسائل التي يمكن أن توصف بعدة طرق:

- 1- تفسير أو فهم كمية معقدة وضخمة من المعلومات.
- 2- التصنيف.
- 3- تقويم المواقف.
- 4- التشخيص مثل التشخيص الطبي أو تشخيص خلل الأجهزة والمعدات.
- 5- اكتشاف القصور في بعض النظم مثل الدوائر (الكهربائية أو الإلكترونية مثلاً).
- 6- معالجة الأزمات.

والصفة المشتركة في هذه المسائل أنها تتضمن عدداً كبيراً من المعاملات غير المتجانسة والمداخلة، والتي تفقد قيمها إلى تفسيرات مقتنة، وعادة ما تكون عرضة للخطأ.

بـ- من المهم وجود «الخبير الحقيقى» طوال فترة المشروع، مع إمكانية الاستعانة بخبراء آخرين لنقد وتحسين النموذج الأصلي للمشروع. ولا تكمن قوة الخبير البشري-في مجال الطب مثلاً-في معرفته الموسوعية للأمراض (والتي يمكن الحصول عليها من الكتب) بل من قدرته على تطوير الاستراتيجيات ومعرفة «حيل الصناعة» التي يستخدمها للتوصل بسرعة وبثقة إلى التشخيص الصحيح. و«هذه الحيل» هي ثمار خبرة طويلة نادراً ما توجد في الكتب. ومن الأهمية القصوى الإمام بكل الحالات غير العادية- والتي غالباً ما تكون خطيرة-التي تقابل الخبير. ويشق الخبير الأخصائي طريقة إلى لب المشكلة مباشر لأنّه على علم بنوعية الأسئلة التي يجب أن تطرح، ولا تكون هذه الأسئلة بالضرورة مقتنة أو قياسية، وإنما توحى بها الأعراض التي يستطيع هو ملاحظتها.

جـ- ونطرح هنا قضية مستوى المعرفة المستخدمة في الأنظمة الخبيرة. فمن المهم في الحالة الراهنة لعلم الذكاء الاصطناعي ألا يتضمن البرنامج سوى المعلومات التي تستند على أسس علمية سليمة. وألا يتضمن كثيراً من المعلومات البديهية أو حقائق الحياة اليومية. فيستطيع مثلاً برنامج التشخيص الطبي أن يأخذ في الاعتبار مؤشرات مثل حالة المريض العصبية، أو ميله للمشروبات الكحولية. ولكن ليس من الضروري أن يشتمل البرنامج على عبارات مثل «القهوة ضارة للأعصاب»، أو «تحتوي نوع من القهوة على كافيين أكثر من نوع آخر». فالجيل الحالي من البرامج لا يمكنه استخدام هذا النوع من المعلومات، ونأمل أن تستطيع الأجيال القادمة من البرامج استيعاب مثل هذه المعلومات في فاعلة المعرفة بأنظفها الخبيرة.

دـ- بناء النسخة الأولى. يجب أن يكون عالم المعلومات-منذ البداية-على دراية بالمفردات والمصطلحات المستخدمة في مجال الخبرة، وذلك حتى يتمكن من تسجيل الطرق التي يضعها خبير المجال لحل الحالات النمطية. ويعطي هذا عالم المعلومات فكرة عن المؤشرات الأساسية للمجال، وخطوات التفكير والمنطقة، والاستراتيجيات الأولية المستخدمة في المجال لتناول

خصائص الأنظمه الخبرية

المسائل، كما يوضح لعالم المعلومات كيف تم الاستشارة عادة، والترتيب الذي يتم به جمع البيانات، فيمكن مثلاً أن تتم الاستشارة الطبية على النحو التالي:

- بيانات أساسية عن المريض.

- ما هي شكوى المريض؟

- ما هي الملاحظات الأولية للطبيب عن المريض؟

- التاريخ المرضي للمريض.

- نتائج أي فحوصات سابقة.

- التشخيص المبدئي.

- التوصية بإجراء فحوصات أو اختبارات أخرى.

- العلاج المقترن.

هـ- تطوير النسخة الأولى. سرعان ما تحقق النسخة الأولى أداء جيداً في الحالات النمطية التي تأسس عليها بناؤها، لكن يظهر أيضاً قصور في قدرات البرنامج لحل المسائل عندما يواجه مشاكل الحياة الحقيقية التي عادة ما تختلف كثيراً عن الحالات النمطية، وهنا يصبح من الضروري إجراء تغييرات هامة في البرنامج للانتقال من النسخة الأولى إلى نسخة ثانية تكون أقرب إلى سلوك الخبر.

ويمكن اعتبار النسخة الأولى ك مجرد دراسة جدوى تهدف إلى توضيح إمكانية كتابة برنامج يستخدم قدرًا كبيرًا من المعرفة التخصصية في مجال محدد لتحقيق هدف ما. وبعد إعداد النموذج prototype للعمل، يمكن إثبات نجاحه بتجريته على عدد من المسائل، ويكون المتطلب الثاني-بعد نجاح التجربة-جعل استخدامه «طبيعيًا» و«وديًا». وجعل البرنامج «طبيعيًا» يعني جعل الحوار بين المستخدم والبرنامج مماثلاً للحوار الإنساني المعتمد، مثل أن يوجه البرنامج أسئلته بطريقة متسلقة ومرتبة، وأن يكون لأسئلته علاقة بال موضوع. ومن المفيد هنا أن نذكر أن كثيراً ما يوجه الخبر البشري أسئلة لا علاقة مباشرة لها بالمسألة قيد البحث، ولكن تشكل مثل هذه الأسئلة جزءاً من الحوار والاتصال لتبادل المعلومات، ويمكن للبرنامج أن يتصرف بالمثل. وجعل البرنامج «وديًا» يعني أن الأسئلة التي توضع «من أي جانب» يجب أن تكون واضحة وبلغة مفهومة، وأقرب ما تكون إلى اللغة الطبيعية،

مع إمكانية إضافة شرح أو أسئلة إضافية لجعل المعنى أكثر وضوحاً. كما يجب أن تكون إجابة البرنامج واضحة وألا تكون مختصرة جداً أو بشفرة، وألا يتطلب البرنامج من المستخدم مراعاة التفاصيل التقنية الدقيقة المتعلقة باستخدام الجهاز، كأن يضطره مثلاً إلى إنهاء كل سطر بالضغط على مفتاح معين بلوحة المفاتيح، وألا يتطلب البرنامج أن يكون المستخدم خبيراً في الحاسوب الآلي. فمثل هذه المسائل يمكن أن تعالج بالوحدات البينية interface modules.

ويجب أن يكون البرنامج قادراً على إعطاء تفسيرات لسلوكه على مستويين اثنين، فأولاً يجب أن يكون قادراً على توضيح «دواجه» لتوجيهه السؤال وبهذا يبين للمستخدم ما يحاول أن يفعله، وثانياً يجب أن يكون قادراً على توضيح خط تفكيره المنطقي. ولهاتين القدرتين أهمية خاصة في كسب البرنامج لثقة المستخدم في أنه يعمل بطريقة صحيحة، وإعطاء الفرصة للمستخدم لنقده إذا دعت الحاجة لذلك. وتتوفر بعض البرامج المتقدمة الفرصة للمستخدم لتسجيل انتقاداتاته للبرنامج حتى يمكن لصانع البرنامج دراستها بتأنٍ في وقت لاحق. وتتراوح هذه الانتقادات بين اقتراحات لتحسين طرق استخدام البرنامج أو نقد لبعض القواعد المستخدمة مدعاً مما يمثله مضادة. وأخيراً يجب أن يحتفظ كل نظام خبير بتسجيل لكل المسائل التي دخلت إليه، مما يفيد في إحصاء عمله ودراسة طرق تحسين أدائه. ثم إنه عند إضافة قوانين جديدة إلى البرنامج يجب القيام باختبار المسائل القديمة التي عالجها الله ناهج في السابق بنجاح للتأكد من أنها لا تزال تحل بنجاح.

و- الاحتفاظ باهتمام الخبير. لقد عانى الذكاء الاصطناعي لفترة طويلة من تبؤات الباحثين المتقائلين الذين بالغوا في ادعاءاتهم بما يمكن للحاسوب أن يقوم به في الأمد القصير... ويجب التغلب على الشك السائد الذي نجم عن ذلك بتطوير سريع لنموذج prototye برنامج تبين أنه يعمل فعلاً، حتى إذا كانت إنجازاته لا تطابق تماماً أهدافه الأصلية. وسيتحمس الخبير المشترك في البرنامج عندما يرى بعض طرق تفكيره الخاصة تمثل في الحال في الآلة. وفي نفس الوقت، من المهم إبعاد المسائل التقنية البحتة المتعلقة بنظم التشغيل ولغات البرمجة... الخ عن الخبير، فليس مطلوباً

خصائص الأنظمه الخبرية

منه أن يصبح ضليعاً في الحاسب الآلي، كما لا يوجد ما يحتم أن يكون عالم الحاسب الآلي خبيراً في مجال الخبرة. وفي جميع الأحوال، يجب عدم انتقاد الخبير بسبب قصور منطقي في طريقة تفكيره، فعادةً ما يرجع هذا القصور إلى طبيعة المجال نفسه، بل وغالباً ما يكون ظاهرياً فقط، لأنَّه يمكن أن يخفي عدة خطوات في عمليات التفكير لم يستطع الخبير الإنساني اكتشافها أو توضيحيها.

لـ-تقويم البرامج. يمكن أن يتم ذلك من عدة وجوه مختلفة... . فقد تتناقض وجهة نظر عالم المعلومات، الذي يهدف أن يبين أن سرعة برنامجه تبلغ ضعف سرعة البرامج الأخرى، مع مستخدمي البرنامج في المستقبل من عدة جوانب، لأن لديهم معايير مختلفة تماماً. وحتى إذا ثبتت جودة البرنامج بمقارنته بالبرامج الأخرى، يظل دائماً احتمال مقارنة أدائه بأداء الخبرير البشري. ومن ناحية أخرى، يمكن لمستخدمي البرنامج الذين ليسوا خبراء معلومات أن ينتقدوا البرنامج لصعوبة استخدامه أو لأنَّه ليس سهلاً على الفهم. وفي حالة برنامج MYCIN لتشخيص أمراض الدم، لم يؤكد الخبراء سوى 75٪ فقط من نتائجه الأولى، وقد كان هذا مخيماً للأعمال. إلا أن المقارنات التالية التي قام بها ⁽⁷⁾ Yu. V.L. لتشخيص مرض التهاب السحايا أظهرت أنه لم يكن هناك اتفاق أكبر من ذلك عندما روج التشخيص الذي قامت به مجموعة من الخبراء بواسطة مجموعة أخرى. ولذلك كان الأداء الضعيف ظاهرياً للبرنامج هو نتيجة لعدم توفر الاتفاق بين الخبراء وليس لقصور أو فشل في البرنامج ذاته.

إن مقارنة البرنامج بالخبرير البشري أكثر تعقيداً من مجرد حصر الحالات واستخراج نسبة النجاح المئوية لكل منها وذلك لعدة أسباب: أولاً يجب يكون للحالات موضع المقارنة تشخيص صحيح ومتفق عليه، أي أنَّ يكون هناك إجماع من قبل خبراء المجال حول تشخيص كل منها، فمثلاً في حالة الحوادث المحتملة الواقعة في محطات القوى النووية، يكون كل ما يمكن عمله هومحاكاة الحوادث التي وقعت فعلاً، والتي لها سجلات محفوظة. وهنا قد يكون للبرنامج ميزة يتمتع بها وهي كونه محصوراً في نطاق مجال عدد، بينما يكون للخبرير البشري خلفية واسعة قد تقوده في التشخيص إلى افتراضات خارج نطاق المجال، وبالتالي قد يتبع مساراً خاطئاً قبل أن

يتتمكن من رؤية المسار الصحيح. وهكذا يكون الخبرير البشري في وضع غير موات.

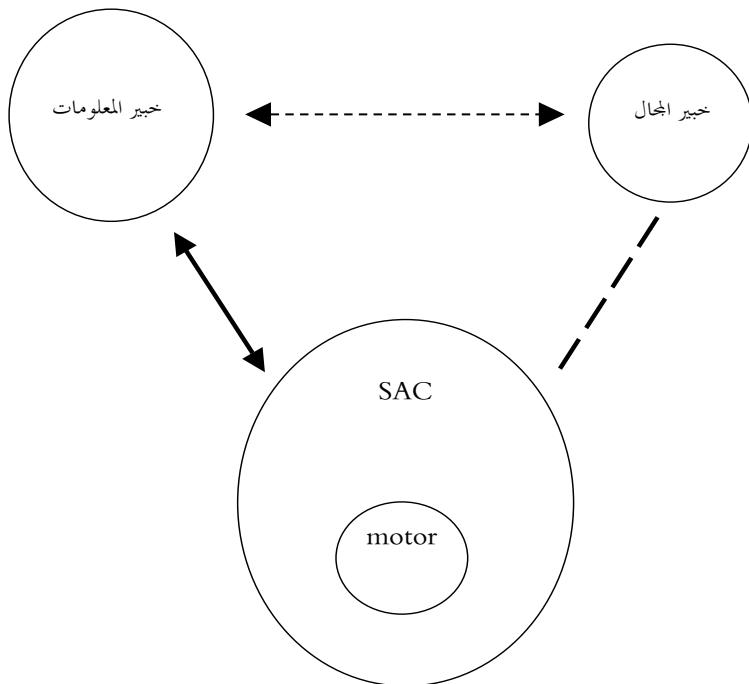
وأخيراً، فمن أسباب صعوبة المقارنة الموضوعية بين كفاءة النظام الخبرير والخبرير البشري أن البرامج المتوافرةاليوم ينقصها وسائل الإبصار والإدراك المتأتحة للخبرير البشري، وهي تحصل على المعلومات من خلال وسيط بشري قد لا يعطيها وصفا موضوعيا للمشكلة، بل قد تتلون المعلومات التي يعطيها بتفسيراته ورؤيه الخاصة. ولو وضع الخبرير البشري موضع البرنامج لحاد عن الطريق بسبب الظروف غير المألوفة التي سيعمل فيها.

الأنظمة الخبريرة ونقل الخبرة

إن المجالات التي تكون فيها الأنظمة الخبريرة ذات قيمة كبرى هي تلك التي تتسع فيها مساحة الحل لدرجة تتحتم طلب مساعدة خبير بشري ليجعل معرفته وخبرته متاحة لعالم المعلومات في عدد من الجلسات المشتركة. وفي بعض حالات بسيطة وقليلة وجد أنه من الممكن بناء برامج أنظمة خبيرة من أمثلة وحالات لها حلول معروفة (انظر الفصل التاسع عشر). ويكون من الضروري-في معظم الأحيان-سؤال الخبرير البشري عن طريقته في العمل، والاستراتيجية التي يستخدمها، و«حيل الصنعة»، التي اكتسبها تدريجيا من خلال الخبرة. والتي لا يكون في معظم الأحيان مدركا لها. وعادة ما يتم ذلك على مرحلتين: ففيتم أولا نقل المعرفة من خبير المجال إلى عالم المعلومات، ثم من عالم المعلومات إلى البرنامج المراد استحداثه (انظر شكل 4-15).

وعادة ما يخشى خبير المجال بعض مواد المعرفة، أو يحذف بعض الخطوات التي يتبعها في عملية التفكير في حل المسائل، ويكتشفها تدريجيا عالم المعلومات. كما قد يعطي خبير المجال بعض القواعد الخاطئة، والتي يجب أن تصحيح فيما بعد. وهنا، تكون الفائدة العظمى لبرامج التدقيق- وتسمى عادة ببرامج اكتساب البيانات-data acquisition programs- لأنها تساعد على كشف الأخطاء في قاعدة المعرفة في الحال، حتى قبل البدء في اختبار البرنامج، وهناك عدة برامج أدواتي استحدثت لهذه الغاية واستعملت في بعض الأنظمة الخبريرة.

خصائص الأنظمه الخبرية



شكل 15 - 4 رسم كلاسيكي لنقل الخبرة

ويمكن تبسيط مراجعة قواعد المعرفة باستخدام صياغة واضحة تغنى عن الحاجة للتمكن من لغة برمجة معينة. ففي برنامج ROSIE⁽⁸⁾ على سبيل المثال، يمكن التعبير عن القوانين بصيغة تشبه اللغة الطبيعية، كما هو موضح بالمثال التالي حيث نضع خطأ تحت الكلمات المفتاحية:

إذا	كان هناك	نظام تشغيل
الذى يعمل	على جهاز	
وله	PROMH	رسالة حتى
ومن نوع		
نستنتج		
إذن		
أرسل		
إلى		

المعروف معروفة غير معروف نوع نظام التشغيل
 («هذا هو نظام» نوع-النظام) المستخدم

ويمكن استخدام التمثيل الداخلي للقوانين نفسها لتوليد جمل باللغة الطبيعية، يجعلها ذلك واضحة ومفهومة، خاصة بالنسبة لخبير المجال الذي نادراً ما يكون من علماء المعلومات:

لذلك فإن القاعدة في نظام EMYCIN تأخذ الشكل التالي بلغة «ليسب»⁽⁹⁾:

PREMISE: (SAND (SAME CNTXT AGE ADULT)

(SAME CNTXT LEAVES-YELLOWING)

(SAME CNTXT STEM-COLOR-ABNORMAL)

ACTION: (CONLUDE CNTXT DIAGNOSTIC TALLY ((FU SAR IOSE
400

(VERTICILLIOSE 400))))

ومن هذه القاعدة يمكن توليد الجمل التالية للتعبير عن معناها: إذا كان «عمر» النبات ناضجاً وهناك اصفرار في الأوراق، وإذا كان لون الساق غير طبيعي. إذن فالتشخيص المحتمل هو

FUSAROISE (0.4) VERTICILLIOSE (0.4)

ومن الصفات الهمامة الأخرى في برامج اكتساب البيانات-DATA ACQUISITION PROGRAMS هي قدرتها على اكتشاف التفاعلات والتاقضيات في القوانين والقواعد، فليس من المستبعد على الخبير أن ي يريد إضافة قاعدة جديدة إلى البرنامج ونسى أن في البرنامج قاعدة مشابهة منذ فترة طويلة، وعند اكتشاف ذلك يجب اتخاذ قرار سريع إما بحذف واحدة منها، أو استبدالهما بقاعدة جديدة. ويستطيع برنامج EMYCIN مثلاً اكتشاف القواعد المشابكة مثل:

قاعدة-1 إذ أكانت أ و ب إذن س.

قاعدة-2 إذ أكانت أ و ب و ج إذن ص.

فكما نشطت قاعدة-2 تنشط قاعدة-أ أيضاً، وهذه رسالة موجهة من البرنامج إلى المستخدم تدعوه للتفكير في هذه المشكلة لفضح هذا التشابك.

ما وراء المعرفة Metaknowledge

نقصد بما وراء المعرفة «المعرفة حول المعرفة»، وهي مستوى ثان للمعرفة

خصائص الأنظمه الخبرية

مبني على المستوى الأول. والفرق بين المستويين ليس دائما واضحا جدا. وقد أدت صعوبة تمثيل ما وراء المعرفة إلى استخدام كثير من العاملين في المجال نفس طرق التمثيل المستخدمة في أنواع المعرفة الأخرى. وقد تكون ما وراء معرفة شخص ما هي نفسها معرفة شخص آخر. وهكذا يتضح أن مفهوم ما وراء المعرفة هو مفهوم نسبي، وأن عدد المستويات اختياري. وتكون أعلى مستويات ما وراء المعرفة في برنامج ما بمثابة «إداكه» للمعرفة الممثلة داخله.

فلننظر إلى القواعد التالية:

م-عندما يمكن استخلاص عدة استنتاجات، خذ أولاً أحدث هذه الاستنتاجات.

م-2 لا يعرف البرنامج شيئاً عن علم النبات.

م-3 إذا كان الفصل شتاء، حاول أولاً قواعد تشخيص الأنفلونزا. تحتوي برامج قليلة على معرفة من نوع م-1، لأن نادر ما يحفظ البرنامج بتاريخ القاعدة أو الاستنتاج. أما المعرفة من نوع م-2 فلا تستخدم في البرامج، لأن مصممي البرامج يفضلون عادة استخدام المعرفة الإيجابية لا السلبية، كما أن قائمة الأشياء التي يجهلها أي برنامج قائمة طويلة بل لا منتهية. وأخيراً يمكن أن يتضمن برنامجاً للتشخيص الطبي قاعدة مثل م-3 على نفس مستوى قاعدة «إذا كان المريض يرتعش، فهناك احتمال إصابته بالأنفلونزا»، ولكنه مع ذلك تختلف في أنها لا تعطي النتيجة، كما تفعل القواعد التشخيصية، ولكنها تقترح ببساطة ترتيباً يتم به تطبيق القواعد. ولهذا تكون على مستوى أكثر عمومية من القواعد التشخيصية نفسها. ومن العتاداليوم، وضع المعرفة التي يعطيها خبير المجال في ثلاثة مستويات. معرفة الحقائق Factual knowledge، ومعرفة تجريبية heuristic knowledge، وما وراء المعرفة metaknowledge. ويوضح المثال التالي-من جيولوجيا البترول- مستويات المعرفة المختلفة.

معرفة العقائق: Caboniferous precedes pemian
المعرفة التجريبية. إذا وجدت منطقة تحتوي على graptoliths، فمن المحتمل أن تكون Ordovician أو Silurian.

الأولى-أعلاه-هي حقيقة يقبلها جميع الجيولوجيين. والثانية هي قاعدة للتفكير يقرها المختصون أيضا، ولكنها رغم ذلك استقرائية بطبيعتها، فهي يمكن أن تعدل إذا وجد الجيولوجي *graptolithis* في منطقة تعود لعصر مختلف. أما الثالثة، فهي قاعدة سلوكية تمثل في نصيحة تتعلق بترتيب استخدام مواد المعرفة. ويمكن أن تختلف من جيولوجي لأخر، وفقا للتوافر النسبي لمصادر المعلومات المختلفة.

ومن الضروري تمثيل المعرفة على مستويات مختلفة عديدة، خاصة عند بناء البرامج الكبيرة جدا التي قد تحتوي علىآلاف القواعد.

أدوات وصياغة الأنظمة الخبرية

Tools and formalism for expert systems.

هناك عدة لغات برمجة يمكن استخدامها لصياغة قواعد المعرفة بالأنظمة الخبرية، وفيما يلي جدول يقسم هذه اللغات إلى ثلاثة أقسام، وفقا لقواعد المنطقية المستخدمة:

جدول 15 - ١ لغات البرمجة المستخدمة بالأنظمة الخبرية مصنفة طبقا لقواعد المنطقية:

١- منطق المستوى الأول

Language	Author(s)	Place
PLANNER	Hewitt (11)	MIT
PROLOG	Rousse (12)	Marseille
	Colmerauer (13)	Marseille
	Warren (14)	Edinburgh
SNARK	Lauriere(15)	Paris VI
FOL	Weyhrauch(16)	Stanford
TANGO	Cordier (13)	Orsay

٢- القواعد الإنتاجية Production Rules

EMYCIN	Van Melle(9)	Stanford
OPS	Forgy (17)	Carnegie-Mellon
EXPERT	Weiss(18)	Rutgers

خصائص الأنظمة الخبريرة

KAS	Reboh(19)	SRI-Int.
RAINBOW	Hollander(20)	IBM Palo Alto
ARGOS-II	Farreny(21)	Toulouse

3- الشبكات الدلالية، الكيانات:

Language	Author(s)	Place
KRL	Bobrow, Winograd(22)	Xerox PARC
OWL	Szolovits(23)	MIT
UNITS	Stefik(24)	Stanford
FRL	Roberts(25)	MIT
AIMDS	Sridharan(26)	Rutgers
KLONE	Brachman(27)	BRN
ORBIT	Steels(28)	Schlumberger
HPRL	Rosenburg(29)	Hewlett-Packard
LOOPS	Bobrow, Stefik(32) Xerox	PARC
KEE	Kehler(33)	IntelliCorp

أوجه قصور الأنظمة الخبريرة الحالية

البرامج الحالية سطحية جداً. إن القصور الرئيسي في برامج الأنظمة الخبريرة الموجودة اليوم يتمثل في انعدام تمثيل البنية العميقية للعلاقات التي توجد بين الظواهر المختلفة. فبرنامجه مثل MYCIN يكون فعالاً جداً عندما يتعلق السؤال بارتباط أعراض ما بتشخيص معين، أو بتفسير معلومات عن مزرعة بكتيريا.. الخ ولكنه لا يحتوي على نموذج لتركيب الدم، أو عملية التجلط، أو أي معرفة على الإطلاق بدور القلب في الدورة الدموية. ولا يمنع هذا النقص البرنامج من التوصل إلى التشخيص الصحيح في الأحوال العادية حيث يسير كل شيء بشكل مرضي، ولكنه يظهر قصوراً شديداً إذا ظهر تناقض بين الفروض المختلفة للتشخيص، وهنا يظهر بوضوح تفوق

الخبير البشري على البرنامج. ولا يمكن حل التناقض بين الفروض المختلفة بتقويم بسيط لدرجات استحسان كل فرض، بل يتطلب الأمر دراسة أعمق للأسباب الظاهرة الملحوظة.

التدھور السريع في الأداء.. يتدهور البرنامج في الأداء عندما يواجه مشكلة خارج إدراكه، الذي عادة ما يكون محدوداً، كما يتدهور الأداء لعدم قدرة البرنامج على استخدام «الحس السليم common sense» لاستنتاج البيانات الناقصة. بينما يملك البشر قدرة تفكير عامة أكبر وفهم أعمق للمسائل. ويمكنهم ذلك من التعامل مع تلك المواقف مع أن أدائهم يتدهور، ولكن بداء أكثر، في تلك الحالتين.

الوصلات البنية لا تزال غير متطورة. لا تزال مشكلة فهم اللغة الطبيعية عسيرة على الحاسب، مما يشكل مصدر صعوبة للمستخدم. إلا أن من المحمّل تحسّن هذا الوضع في المستقبل القريب نتيجة للتقدم في تطوير البرامج البنية باللغة الطبيعية لقواعد البيانات.

صعوبة تعديل الاستراتيجية. لقد قيل من قبل أن الاستراتيجيات المستخدمة في تفسير قاعدة المعرفة هي دائماً مبرمجة، وعلى هذا فهي ذات طبيعة إجرائية، ولكن يمكن في هذه الاستراتيجيات جزء من الخبرة التي يفضل أن تمثل بواسطة القواعد الإنتاجية حتى يكون تعديليها وتطويرها أكثر سهولة. وقد كان استخدام ما وراء القواعد mata-rules في برنامج TIRESIAS (30) خطوة-يجب أن تتبعها خطوات-في هذا الاتجاه.

الاستدلال ليس من نوع واحد. إن للإنسان مقدرة غير عادية على التوافق مع الموقف السائد، واستخدام استراتيجيات مختلفة وفقاً لهذا الموقف. بينما لا تستطيع الأنظمة الخبرية المعتمدة على القواعد الإنتاجية أن تختصر إجراءاتها المعتادة في الحالات الخاصة التي تستدعي ذلك. ويمكن لبعض الخبراء البشريين اتخاذ قرارات فورية لمجرد تعرفهم على شيء في الموقف الذي يواجههم يذكّرهم بموقف سابق، ولا يحتاجون في هذه الحالة إلى اللجوء لعملية وضع الافتراضات واختبارها كما يفعلون في الأحوال المعتادة.

ونعطي في الفصلين التاليين أمثلة عديدة لأنظمة خبيرة في التطبيقات
العلمية والصناعية.

المراجع والحواشي

- (1) تعتمد المنهج العامة للاستدلال بشكل أساسي على عملية التصور على مستوى أعلى من مستوى المشكلة المطروحة للحل.
- (2) McCorduck, P.(1979), Machines who think, freeman, San Francisco
- (3) Feigenbaum E. A., Buchanan B.G., Lederberg J.(1971), on gen)-erality and problem solving: a case study using the DENDRAL pro gram. Machine Intelligence, Vol. 6, Meltzer & Michie(eds.)New. 190-165. York, Elsevier, New York pp
- (4) Kuhn T. The Structure of Scientific revolution, 2nd edition, Chicago, University of Chicago.
- (5) Barstow D., Buchanan B.G.,(1981), Maxims for knowledge engineering, Stanford University Memo, HPP-81-4.
- Duda R.(1982) Principles of rule-based expert. .
- (6) Buchanan B.G. 14- 82- systems, Stanford University memo, HPP
- (7) Yu V.L., Fagan L.M. et al.(1979), Antimicrobial selection by a computer: a blinded evaluation by infectious disease experts, J. Amer Med. Assoc. 24 1- 12, pp. 1279- 1282,
- (8) Fain J., Hayes-Roth F., Sowizral H., Waterman D. (1981), Pro gramming Examples in ROSIE, Rand Corporation, Technical Report. N-1 646- ARPA.
- (9) Van Melle W. (1980), A domain-independent system that aids in constructing knowledge-based consultation programs, Ph.D. dis sertation, Stanford University, Computer Science Department, STAN CS-XI)-X2()
- (10) Hayes-Roth F., Waterman D.A., Lenat D.B. (eds.) (1983), Build-ing expert systems, Reading, Mass., Addison-Wesley.
- (11) Hewitt C. (1972), Description and theoretical analysis (using schemata) of PLANNER: a language for proving theorems and ma nipulating models in a robot, Ph.D. Thesis, Department of Mathemat ics MIT.
- (12) Roussel P. (1975), PROLOG, Manuel de reference et dutilisation. Marseille, Groupe dIntelligence Artificielle, U.E.R. de Luminy, Uni versite dAix-Marseille.
- (13) Colmerauer A., Kaoui H. (1983), Prolog, bases theonque et de velopment actuels, RAIRO/TSI, Vol. 2, No. 4, pp. 271- 311.
- (14) Warren D., et al. (1977), PROLOG: The language and its imple mentation compared with LISP, Proc. SIGART/SIPLAN symposium on programming languages, Rochester, N.Y.
- (15) Lauriere J.L., Introduction a L'intelligence artificielle (in prepara tion).
- (16) Weyhrauch R. W. (1980), Prolegomena to a theory of mechanized formal reasoning, Artificial Intelligence, 13, 1- 2, April 1980.

- (17) Forgy C., McDermott J. (1977), OPS, a domain-independeni production system language, Proc. IJCAI-77, pp. 953- 939.
- (18) Weiss S., Kulikowski C. (1979), EXPERT: A system for de veloping consultation models, Proc. IJCAI-79, pp. 942- 947.
- (19) Reboh R. (1981), Knowledge engineering techniques and tools in the prospector environment Tech. Note 243, artificial intelligence Center, SRI International, Menlo Park, CAI, June 1981.
- (20) Hollander CR., Reinstein H.C. (1979), A knowledge-based ap plication definition system, Proc. IJCAI-79, pp. 397- 399.
- (21) Farreny H. (1981), Un systeme de Maintenance automatique dinterrelations dans un systeme de production, Congres de re connaissance des formes et intelligence artificelle, Nancy, pp. 751- 761.
- (22) Bobrow D. Winograd T. (1977), An overview of KRL, a knowl. edge representation language, Cognitive Science 1, 1, pp. 3- 46.
- (23) Szolovits P., Pauker S.G. (1978), Categorical and probabilistic reasoning in medical diagnosis, Artificial Intelligence 11, pp. 115- 144.
- (24) Stefik M. (1979), An examination of a frame-structured repre sentation system, Proc. IJCAI-79, pp. 845- 852.
- (25) Roberts R.B. Goldstein I.P. (1977), The FRL primer, MIT A] Lab Memo 408.
- (26) Sridharan N.S. (1980), Representational facilities of AIMDS: a sampling, Tech. Report No. CBM-TM-86, Dept. of Computer Sci ence, Rutgers University.
- (27) Brachman R.J. (1977), Whats in a concept: structural founda tions for semantic networks, Int. Jnl Man-Machine Studies 9, pp. 127- 152.
- (28) Steels L. (1982), An applicative view of object oriented pro gramming, European Conference on integrated interactive computing systems, stresa, Italy. (29) Rosenberg S. (1983), HPRL: a language for building expert sys tems, IJCAI-83, Karlsruhe, August 1983, pp. 215- 217.
- (30) Davis R. (1977), Knowledge acquisition in rule-based systems Knowledge about representation or a basis for system construction and maintenance, in pattern-directed inference systems, Waterman Hayes-Roth (eds.).
- (31) Cordier M.O., Roussel M.C. (1984), TANGO: moteur dinferences pour un systeme expert avec variables, Quatrieme Con gres de Reconnaissance des frames et intelligence artificelle, Paris.
- (32) Bobrow D.G., Stefik M. (1983), The LOOPS manual, Xerox PARC, Palo Alto.
- (33) Kehler T.P., Clemenson C.D. (1984), An application system for expert systems, systems and Software, pp. 2 12- 224.

١٦

الأنظمة الخبيرة في الطب وعلم الأحياء

مقدمة

يعتبر الطب مجالاً مفضلاً لبناء الأنظمة الخبيرة، ولهذا السبب قد خصصنا فصلاً خاصاً له. وقد كانت التطبيقات الأولى للحساب الآلي في الطب تختص بعمل سجلات المرضى، بهدف تحسين الإدراة وجمع معلومات أكثر عن الأمراض^(١). وغالباً ما يعطي تاريخ الحالات المرضية مادة لقواعد البيانات يمكن استخراج نتائج إحصائية طبية منها، مثل احتمال شفاء المرضى دون الأربعين من سرطان المعدة خلال ض سنوات.

وقد عولجت مؤخراً مشكلة المساعدة في التشخيص الطبي بأحد طريقين، إما باستخدام قواعد البيانات المتوفرة من قبل لاستقراء علاقات هامة ودالة بين الأمراض والتشخيصات بتطبيق طرق خوارزمية ورياضية، أو كما حدث مؤخراً باستخدام تقنية الذكاء الاصطناعي كالأنظمة الخبيرة، ونعطي في هذا الفصل وصفاً موجزاً للنوعين الأولين من الطرق المتبعة، كما نبين أوجه قصورها مما يوضح أهمية المنهجية الحديثة

المعتمدة على الأنظمة الخبرية.

هناك أسباب عديدة للتعاون الذي نشأ بين الأطباء وعلماء المعلومات في السنوات الأخيرة، من بينها أن كثيراً من التقارير قد أظهرت شيوع الأخطاء في التشخيص ووصف المضادات الحيوية، مع ما ينبع عن ذلك من تكاليف باهظة للمجتمع سواء من الناحية الصحية أو الاقتصادية، وسرعان ما نشأت فكرة أن الحاسوب لا يعني من الضعف الإنساني كالنسينان بسبب الإرهاق، أو الفشل لعدم تدبر تشخيص معين، ولذلك قد يكون أداء الحاسوب أفضل في تفسير البيانات الطبية عندما يكون لاهتمام الطبيب الشخصي دور أقل. وقد استخدمت في المحاولات الأولى في هذا الاتجاه طرق إحصائية وخوارزمية، ربما لأنها كانت الطرق الوحيدة المتاحة في السبعينيات، ولكن سرعان ما أصبح قصورها واضحاً كالشمس.

الطرق الرياضية Mathematical methods

لقد استخدمت طرق التصنيف لتحديد التشخيص الطبي الأكثر احتمالاً بناءً على مجموعة من الملاحظات⁽⁴⁾، ولهذا استحدث برنامج يصنف الكيانات بحسب وجود أو غياب علامات أو أعراض معينة، وتعتمد هذه الطريقة على انقاء مجموعة من الكيانات (وفي حالتنا هذه تكون مجموعة من المرضى) يكون توزيع كل منها بين الفئات معروفاً ومحدداً، ويمكن وصف الفئة كمتجه X حيث $X = (x_1, \dots, x_n)$ هي المعايير المميزة ويكون لوظيفة التمييز الشكل التالي:

$$P(D/x) = \sum_{j=1}^n a_j x_j$$

(ترمز P هنا للمريض، D للتشخيص و x للأعراض المميزة-المترجم) حيث تستمد a_j من دراسة مجموعة كبيرة من المرضى. وتحسب الوظيفة لكل مريض جديد لتحديد ما إذا كان ينتمي لفئة معروفة من قبل-أو بمعنى آخر ما إذا كان التشخيص يطابق حالة المريض بدرجة كافية أم لا. وتتمثل صعوبة هذه الطريقة في أيجاد عينة كافية من المرضى لاستخراج قيمة a_j منها، والتي هي الأساس لتحديد المرض الذي يعني منه المريض. وهناك طريقة خوارزمية أخرى بسيطة تعتمد على استخدام شجرات

القرار decision trees حيث تمثل كل عقدة سؤلاً، تؤدي الإجابة عليه إلى عقدة أخرى، وهكذا حتى نصل إلى أوراق الشجرة الطرفية التي تعطى التشخيص، وتميز هذه الطريقة من وجهة نظر علماء المعلومات ببساطة التشغيل، ولكنها تعانى من اثنين من المساوى الخطير، احتمال عدم قدرة المريض على الإجابة عن سؤال معين يتطلب إجابة مريحة (قد يعرقل عدم توافره البرنامج)، وصعوبة تعديل الشجرة عند اكتشاف أخطاء في المعرفة أو عندما توافر معلومات إكلينيكية أفضل. وتسمى الطريقة البيئية Bayesim^(6,5) بحساب احتمال إصابة المريض بمرض معين، من خلال مقارنة الأعراض التي تلاحظ على المريض بالتكرار النسبي للأعراض المختلفة في كل حالة إصابة نمطية لهذا المرض، فإذا كانت $P(s/mi)$ تمثل احتمال ملاحظة أعراض S في مريض يعاني من مرض M_i ، و $P(M_i)$ يمثل احتمال الأقوى لإصابة بمرض M_i في الأشخاص المعينين، إذن إذا لوحظت أعراض S في مريض ما، فإن احتمال إصابته بمرض M_i يكون كالتالي:

$$P(mi/s) = \frac{P(mi) p(s/mi)}{\sum_{i=1}^n P(mi) p(s/mi)}$$

للطريقة البيئية قصور في مجال الطب للأسباب التالية:



شكل 16-1 تشخيص طبي بالطريقة البيئية

- ١- عدد عناصر الاحتمالات المشروطة التي تكون في الناحية اليمنى من القواعد كبير جداً ونادراً ما تعرف بدقة، كما أن الحاجة لاستخدام البدائل الافتراضية للبيانات الناقصة يقلل من دقة النتائج.
- ٢- تفترض القواعد أن الأمراض ينفي بعضها بعضاً mutually exclusive وأن جميع الاحتمالاتأخذت في الاعتبار، وهذه افتراضات نادراً ما تتواجد في الواقع.
- ٣- من الصعب تبرير القرار إذا ورد ما ينقضه، بخلاف عرض مصفوفة الارتباط بين الأعراض والتشخيص، وينطبق هذا النقد على كل المنهج المعتمدة على الطرق الإحصائية.
ويوضح شكل ١-١٦ التخسيص الطبي البيسي في العمل، ولكن يمكننا أن نؤكد أنه لا يمثل الطريقة التي يعمل بها الأطباء في الواقع.

الطرق الوسيطة بين الرياضيات والذكاء الاصطناعي

يمكن تحليل قواعد البيانات-بالإضافة إلى الطرق المعتمدة على الأنظمة الخبرية-لتتبؤ بتطور المرض والتوصية بالعلاج. ويستخدم هذا المنهج تسجيلاً لتطور الحالات المرضية على مدى فترة من الزمن ولعدد من المرضى لقيم المعاملات الإكلينيكية الدالة، عوضاً عن الاستنتاج والاستقراء اللذين يستخدمهما الأطباء. ومثال ذلك مشروع ARAMIS⁽⁷⁾ لجون فريز بجامعة ستانفورد، فكلما فحص الطبيب مريضاً، ينتقي عدداً من المؤشرات ليدخل بها إلى قاعدة البيانات ليستفسر عن حالة مماثلة لمريض أو مجموعة مرضى سبق تشخيصهم وسجل لهم العلاج وتقدم المرض، مما يوحى للطبيب بالعلاج المقترن لمريضه.

ويوفر لنا هذا المنهج استدلالاً شبه إلى باستخدام التماش في قواعد البيانات، ويعتمد نجاح هذا المنهج على الاختيار الصحيح للمؤشرات التي تبحث في قواعد البيانات، وقد جرت عدة محاولات، مثل محاولة روبرت بلوم Robert Blum⁽⁸⁾، لوضع قواعد لترشيد هذا الاختيار معتمداً على تحليل إحصائي لقواعد البيانات، مع ما في ذلك من مخاطرة فقدان الثقة نتيجة لبيانات ناقصة أو خاطئة. أما في الأنظمة الخبرية، فلا تسمح بمثل هذه الأخطاء لأن الطبيب ذا الخبرة سيبعد أي تناقضات يجدها مستخدماً قواعد

تفكيره الخاص للوصول إلى القواعد العامة، ومع ذلك، فقد يعطي التحليل الإحصائي مؤشرات قيمة للترابطات.

الأنظمة الخبيرة

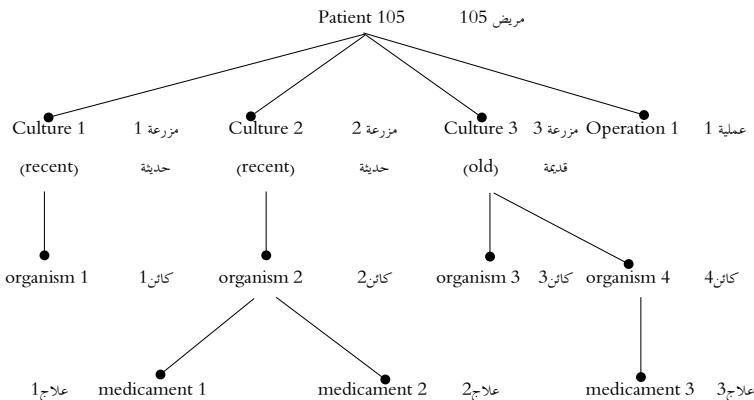
إن ما يميز الأنظمة الخبيرة عن كل ما سبقها من برامج أنها لا تتطلب أن تقرر سلفاً الكيفية التي يستخدم بها البرنامج المعرفة الموجودة به، ويشكل هذا تناقضاً تماماً لطرق البرمجة التقليدية.

وأكثر الأنظمة المعروفة، هي مايسين MYCIN⁽⁹⁾، وبيب PIP⁽¹⁰⁾ و--IN⁽¹¹⁾، و كذلك PuFF⁽¹⁵⁾ CASnet/Expert^(14, 13)، VM⁽¹²⁾ TERNIST/CADUCEUS⁽¹⁶⁾ IRIS⁽¹⁶⁾ و جميعها كتبت بعد عام 1973. و تختلف هذه الأنظمة في استخدامها للصياغة الصورية لتمثيل المعرفة المضمنة، فيستخدم بعضهم frames القواعد الإنتاجية، والبعض الشبكات الدلالية والآخر «الإطارات» صن كما يختلفون أيضاً في تحديداتهم لدى الارتباط بين العلامات والأعراض من جهة والتشخيص من جهة أخرى، وهناك أيضاً اختلافات في الاستراتيجيات المستخدمة، فبعضها يسعى للتوصيل إلى تشخيص يتعدي احتمال صحته نسبة معينة محددة مسبقاً، بينما يزيد الآخرون الفروق بين التشخيصات المحتملة مستخددين استراتيجيات خاصة لهذا الغرض، وأخيراً تختلف الأنظمة الخبيرة في قدرتها على شرح و تبرير عملها، وهي صفة ضرورية لكسب ثقة الأطباء وأولئك الذين سيستخدمونه.

ويصف الجزء التالي الأنظمة الخبيرة الأساسية في المجال الطبي:

مايسين MYCIN

إن الهدف من هذا النظام الخبير هو تشخيص الأمراض المعدية خاصة عدوى الدم والسائل السحائي، ويحاول التعرف على البكتيريا المسؤولة عن المرض واقتراح العلاج والجرعة المناسبة، والموقف المعتمد هو أنه عندما تظهر علامات على مريض، نأخذ منه عينة من الدم أو البول ونجري لها مزرعة، ثم نعبر عن المعلومات المستقة في شكل قواعد إنتاجية (انظر الفصل الثاني عشر) والمرتبطة بعدد من المواقف المرتبة هرمياً في شكل شجرة تركيبية، انظر المثال في شكل 2-16. و يتعلق هذا المثال بمريض أخذ



شكل 16 - 2 شجرة السياق

له ثلاثة مزارع (واحدة قديمة واثنتان حديثتان)، وأجريت له عملية واحدة وعزل كائن عضوي في كل من المزارعتين الحديثتين ولكن المريض ما زال تحت العلاج لواحدة منها، وعزل كائنين عضويين في المزرعة القديمة وأعطي دواء واحداً لذلك، وتتعدد أهمية هذه الشجرة مجرد التعبير لمشكلة التشخيص إلى العمل كمتغير (بالمعنى الرياضي) حيث تساعدنا في الرجوع إلى التكرارات المختلفة لنفس المفهوم.

وتشير القواعد المستخدمة في البرنامج بسهولة في صورة تشبه اللغة الطبيعية، فإذا أدخلنا إلى البرنامج طق 37 بمعنى نريد طباعة قاعدة رقم 37، يستجيب مايسين لهذا الأمر بطباعة الآتي:

قاعدة 37:

إذا 1- نوع الميكروب غير معروف و.

2- الميكروب سالب Gram-negative و

3- الكائن على شكل «قضيب» و

4- الميكروب حيوي (لا يعيش إلا بوجود الأكسجين)

إذن: هناك احتمال قوي (80%) أن الميكروب من نوع «enterobacteriaceae». ويبيّن هذا المثال أن مايسين يحسب المعاملات coefficients ليبيّن درجة احتمال النتائج، وتترابط هذه النتائج بالطريقة التي أوضحتها في الفصل

الثاني عشر عند مناقشة الاستدلال غير المؤكد fuzzy reasoning وقد كان مايسين برنامجا رائدا بين الأنظمة الخبيرة المساعدة للتشخيص الطبي، ورغم عدم استعماله في المستشفيات كان له تأثير قوى في البحث عن طرق تمثيل طرق الاستدلال التي يستخدمها الخبراء في الفروع المختلفة، حتى خارج مجال الطب أيضا، وقد كان مايسين الفضل في تقبل العلماء فكرة فصل قاعدة المعرفة عن المفسر، كما استخدم مايسين أيضا في تدريب طلبة الطب ليبين لهم طرق الاستدلال التي يتبعها في التوصل للتشخيص.

برنامج المرض الحالي Present Illness Program (PIP)

طور هذا البرنامج في MIT لتشخيص أمراض الكلى. وتمثل المعرفة فيه على شكل كيانات هرمية (انظر الفصل الثالث عشر)، ونعطي مثالا لها في شكل 16-3. ويمكن للكيان أن يكون له عدة أنواع من الملامح، يؤدي بعضها إلى جعل الكيان موضع نظر(يصبح نشطا)، والبعض يومي يجعله نشطا(يصبح شبه نشط)، وهناك ملامح أخرى تجعله مستبعدا (أي غير نشط)، وعند معالجة الكيانات، يتركز اهتمام البرنامج على الكيان النشط ويخبره، ويتحول الاهتمام إلى الكيان الشبه نشط عندما يتوقف الكيان الأول عن كونه نشطا. ويمكن أن تتغير حالة الكيان أثناء اختبار كيان آخر، إما بسبب أن وجود أحدهما يلغى وجود الآخر، أو لأنهما متممان لبعضهما.

المسبب: استسقاء = وجهي أو مداري

غير مؤلم

متماثل

غير روماتيزمي

يؤكّد بـ: ضعف واختناق

تسبّب بـ: تلوث Streptococcal حديث

أسباب: استبقاء الصوديوم، ضغط الدم المرتفع، تضخم الكلى . glomerulitis

أسباب المضاعفات: فشل كلوي حاد

المضاعفات: التهاب النسيج الكلوي cellulitis

التشخيص المميز: ضغط دم مرتفع ومزمن يدل على glomerulitis ورم

متكرر يدل على استسقاء

ألم بالبطن يدل على Henoch-Schonlein Purpura

شكل 16- 3 جزء من الكيان Acute,glomerulonephritis في PIP

برنامج INTERNIST/CADUCEUS

طور هذا البرنامج في جامعة بيتسبurg، ويتضمن معلومات عن ما يقرب من 355 تشخيص في الأمراض الباطنية، ويؤخذ في الاعتبار ما يقرب من 5500 من الأعراض والعلامات.

وتمثل قاعدة المعرفة بهذا البرنامج في صورة تصنيف بنويي للأمراض. وهناك روابط في اتجاهين بين الأمراض والعلامات، وتشمل الملاحظات الأعراض المرضية والعلامات والبيانات الإكلينيكية، ويحدد درجة قوة لكل رابطة، ويعبر عن الاتجاه بالطريقة التالية «الملاحظة توحى بالتشخيص» بدرجة قوة تتراوح من صفر إلى خمسة، أو «التشخيص يفترض الملاحظة» ولها درجة قوة من 1 إلى خمسة، وتمثل درجة القوة هذه مدى اطراد الارتباط بين الملاحظة والمرض.

إن طريقة التحكم في INTERNIST/CADUCEUS غير معتادة، من حيث اعتمادها على التشخيص المميز بالدرجة الأولى، فهو ينظر إلى فرضيتين على أنهما متنافستان إذا كان كلاهما (باعتبارهما فرضية واحدة) لا يفسران مجتمعين ملاحظات أكثر مما تفسره كل منهما منفردة، وهناك ثلاثة مبادئ استراتيجية كما يلي.

- 1- الاستبعاد: إذا كان التناقض بين أكثر من أربع فرضيات، ابحث عن الملاحظات السلبية التي تمكّن من تحفيض عدد الفرضيات المتنافسة.
- 2- التمييز: إذا تراوح عدد الفرضيات المتنافسة بين 2 و 4، ركز على الفرضيتين الأعلى وابحث عن معلومات يمكن أن تعطيهما درجات مختلفة.
- 3- المتابعة: إذا بقي تشخيصان اثنان بعد استبعاد الباقي، ابحث عن معلومات لتصل بالفرق بين درجاتها إلى حد معين.

برنامج Ventilator Manager (VM)

استحدث هذا البرنامج لاري فاجان Larry Fagan⁽¹²⁾ كجزء من مشروع

مشترك بين جامعة ستانفورد ومستشفى سان فرانسيسكو، ويهدف البرنامج إلى عمل ملاحظات كمية للمرضى في وحدة العناية المركزة، ويقوم بالمهام التالية:

- أ- اكتشاف الأخطاء المحتمل وجودها في القياسات المختلفة
- بـ- التعرف على أي خلل بأجهزة مساندة الحياة system life support واقتراح الإجراء المناسب
- جـ- تلخيص الحالة الفسيولوجية للمريض
- دـ- اقتراح تغييرات في المعالجة، معأخذ التغيرات في حالة المريض في الاعتبار والأهداف الطويلة الأمد للعلاج، مثل أن يكون قادراً على التنفس بشكل طبيعي
- هـ- التبيؤ بالاستجابة المعتادة للعلاج للتأكد من أنه يسير بطريقه مرضية.

شبكة الترابطات السببية

Casnet-expel (Causal Association Network)

يختص هذا البرنامج بتشخيص حالات الجلوكوما، وينفرد بتمثيله للمعرفة على عدة مستويات (انظر شكل 16-4) ملاحظات-حالات-بايثولوجية وتشخيصها، وقد أمكن هذا الفصل لأن الظواهر الفسيولوجية للمرض أصبحت واضحة ومعروفة.

برنامج EXPERT هو تعميم لبرنامج CASNET والعلاقة بينهما تشبه العلاقة بين مايسين وأيماسيين، فلم يعد هناك تمثيل ظاهر للحالات الفسيولوجية والبايثولوجية، وقد استخدم هذا في بناء برامج أخرى، كما هو موضح في شكل 16-5.

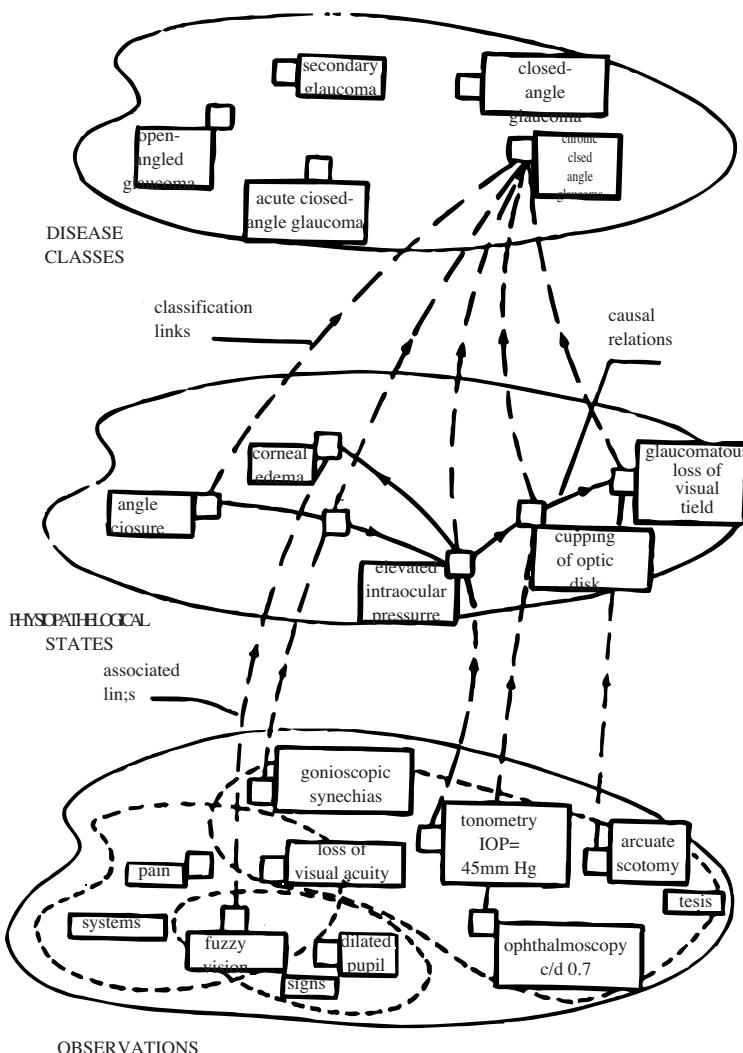
إن قواعد EXPERT من ثلاثة أنواع:

- ترابطات بين الملاحظات

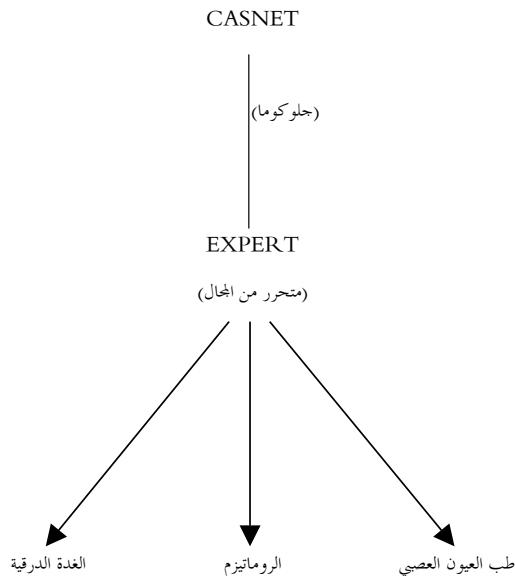
- ترابطات بين الملاحظات والافتراضات

- ترابطات بين الافتراضات

ويتم تطبيق القواعد دائماً بهذا الترتيب، ويكون الربط دائماً في اتجاه الأمام (للقارئ أن يقارن هذا بعمل آلة الاستنتاج للقواعد الإنتاجية في الفصل الثاني عشر).



جدول 1-16 لأنظمة الخبرة في الطب



شكل 16 - 5 نظور CASNET و EXPERT

وبخلاف مايسين لا تزداد قوة العلاقة عندما تؤدي عدة قواعد إلى نفس النتيجة، بل يؤخذ معامل القيمة الأكبر، فإذا كانت درجة احتمال فرضية ما تعادل 0.06 ثم تكتسب دعما يعادل 0.04 تظل درجة الاحتمال 0.06 بينما يختلف الأمر في مايسين، فيؤدي مثل هذا الوضع إلى تغير في درجة احتمال الفرضية لتصل إلى 0.76. ومع ذلك لا تختلف النتائج كثيرا لأن معاملات الاحتمال لها معان مختلفة في البرنامج: فيما يحسب مايسين الزيادة في درجة الاحتمال، يأخذ EXPERT التقل الأساسي لدرجة الاحتمال دون زيادة ويقوم في النهاية بحساب زيادة للفرضية التي يدعمها العدد الأكبر من القواعد مما يوحى بأنها أكثر الفرضيات اتساقا.

وبناءً على EXPERT يمكن نقله بسهولة لأنه كتب بلغة فورتران، إلا أن العدد الضخم من الاختصارات المستخدمة يجعل من الصعب قراءاته. وللخلص الجدول التالي للأنظمة الخبرية الأساسية التي استحدثت للتطبيقات الطبية.

المؤلف	اسم البرنامج	الموضوع
(9)SHORTLIFFE	MYCIN	أمراض الدم والسحايا
(11)POPLe	INTERNIST/CADUCEUS	الأمراض الباطنية
(18)Shomliffe	ONCOCIN	السرطان
(13)weiss	CASNET	الجلوكوما
(10)Pauker	PIP	الاضطرابات الكلوية
	VM (12)Fagan	متابعة مرضى العناية المركزية
(15) Kunz	PUFF	الأمراض الصدرية
(19)Fieschi	SPHINX	آلام معوية
(16)Trgoboff	Iris	الرمد
(20)Gory	DIGITALIS	القلب
(21)Patil	ABEL	PHCOHTROL
(22)Martin	MOLGEN	تخطيط التجارب البيولوجية
(23)Engelmore	CRYDALIS	تحليل البروتين
(24)Gascuel	SAM	ضغط الدم الشرياني

جدول ١-٦ لأنظمة الخبرة في الطب

الوضع الراهن

أظهرت هذه الأنظمة الخطيرة قدرة على التشخيص يمكن أن تكون ذات فائدة في المستشفيات وذلك على الرغم من انعدام التعمق في الربط بين الظواهر التي يمكن للنظم الخبرة أن تقييمها، ورغم أن كثيراً من الأطباء لا يرغبون في استخدام ما يطلقون عليه «تفكير الآلة»، فإنه يمكن التغلب على ذلك بإيضاح خط التفكير الذي تتبعه الآلة وشرح الطريقة التي يستخدمها البرنامج في التوصل إلى النتائج.

وما يجب عمله ألان بسرعة هو نقل هذه النظم الخبرة إلى أجهزة الحاسوب الصغيرة، التي يمكن أن يستخدمها الطبيب في عيادته الخاصة، وبذلك لا يحتاج الطبيب إلى خطوط تليفونية لكي يتصل ببرنامج كبير يعمل على جهاز بعيد. كما يجب أيضاً أن يكون ممكناً للأطباء أنفسهم أن

الأنظمه الخبيثة في الطب وعلم الأحياء

يعدلوا البرامج دون أن يضطروا إلى استدعاء عالم الحاسوب للمساعدة، وهذا يتضمن تحسن في الاتصال ألبيني بين المستخدم والآلية.

References

- (1) Degoulet P., Chantalou J.P., Chatelier G., Goupy S., Zwei genbaum P. (1983), Structured and standardized medical records, Van Demmel, Ball and Wigertz (eds.) MEDINFO-83, New York, North-Holland, pp. 1164- 1168.
- (2) Ledley R., Lusted L. (1959), Reasoning Foundations of medical diagnosis, Science, 130, pp. 9- 21.
- (3) Junin C. M., Tupasa I., Craig W.A. (1973), Use of antibiotics, a brief exposition of the problem and some tentative solutions, Annals Int. Medicine, 79, pp. 555- 560.
- (4) Duda R.O., Hart P. E. (1973), Pattern classification and scene analysis, New York, Wiley.
- (5) Lusted L.B. (1968), Introduction to medical decision making, Springfield, Ill., Charles C. Thomas.
- (6) De Dombal FT., Gremy F. (eds.) (1976), Decision making and medical care: can information science help?, New York, North-Holland.
- (7) Fries J.F. (1972), Time-oriented patient records and a computer database, J. Amer. Med. Assoc., 222, pp. 1536- 1542.
- (8) Blum R. (1982), Discovery and representation of causal relationships from a large time-oriented clinical database: the RX project, Department of Computer Science report, STAN-CS-82900, Stanford University.
- (9) Shortliffe E.H. (1976). Computer-based medical consultation: MYCIN, New York, Elsevier.
- (10) Pauker S., Gorry A., Kassirer J., Schwartz W. (1976), Towards the simulation of clinical cognition Taking a present illness by computer, American Journal of Medicine, June 1976, 60, pp. 98 1- 996.
- (11) Pople H. (1982), Heuristic methods for imposing structure on ill-structured problems; the structuring of medical diagnosis, in Artificial Intelligence in medicine, P. Szolovits (ed.), Boulder, Colorado, Westview Press.
- (12) Fagan L.M. (1980), VM Representing time-dependent relations in a clinical setting Ph.D. dissertation, Heuristic Programming project, Stanford University.
- (13) Weiss S., Kulikowski C., Safir A. (1978), A model-based method for computer-aided medical decision making, Journal of Artificial Intelligence, 11, pp. 145- 172.
- (14) Kulikowski C., Weiss S. (1982), Representation of expert knowledge for consultation: the CASNET and EXPERT projects, in Artificial Intelligence in medicine, P. Szolovits (ed.), Boulder, Colorado, Westview Press.
- (15) Kunz et al (1978), A physiological rule-based system for interpreting pulmonary function test results, Heuristic programming project report, HPP-78- 19, Stanford University.
- (16) Trigoboff M., Kulikowski C. (1977), IRIS, A system for the propagation of inferences in a semantic net, IJCAI-77, pp. 274- 280.

الأنظمه الخبريره في الطب وعلم الاحياء

- (17) De Dombal F.T., Leaper D.J., Staniland JR. (19720), Computer aided diagnosis of acute abdominal pain,British Medical Journal, pp9- 13
- (18) Shortliffe E.H., Scott C.A., Bishoff M.B., Van Melle W., Jacobs C.D. (1981), ONCOCIN: an expert system for oncology protocol management,IJCAI-81, pp. 876- 881.
- (19) Fiesch M. (1981), Aide a la decision en medicine: le systeme SPHINX. Application au diagnostic dune douleur epigastrique.These de Doctorat en Medecine, marseille.
- (20) Gorry G.A., Silverman H. Pauker S.G. (1978), Capturing clinical expertise: a computer program that considers clinical responses to dig italis, American Journal of Medicine, pp. 452,460.
- (21) Patil R., Szolovits P. Schwartz W.B. (1982), Modelling knowl edge of the patient in acid-base and electrolyte disorders,in Artificial Intelligence in medicine, Szolovits (ed.), Boulder, Colorado, West-view Press.
- (22) Martin N., Friedland P., King J., Stefik M. (1977), Knowledge-based management for experiment planning in moleculer genet ics,IJCAI-77, pp. 882- 887.
- (23) Engelmore R., Terry A. (1979), Structure and function of the cry salis system,I JCAI-79, pp. 250- 256.
- (24) Gascuel O. (1981), Un systeme expert dans le domaine medical, these de 3e cycle, Universite Paris VI.
- (25) Fox J. Rector A. (1982), Expert systems for medical care?Automedica Vol. 4. pp. 123- 130.

النظم الخبيرة في العلوم والصناعة

نشير في هذا الفصل إلى النظم الخبيرة الرئيسية التي استحدثت حتى الآن للتطبيق في العلوم والصناعة، كما نصنفها وفقاً لمجالاتها التطبيقية، ونعطي وصفاً تفصيلياً لبعض منها.

DENDRAL و META-DENDRAL

DENDRAL

يهدف DENDRAL^(١) إلى التعرف على بنية الجزيء العضوي organic Molecule باستخدام بيانات الكيمياء الطبيعية والطيفية، ويعطي تفسير بنود هذه البيانات تركيبات محتملة لبعض ذرات الجزيء العضوي، كما أن تجميع هذه الأجزاء يمكننا من التوصل إلى التركيب التكويني الكامل للجزيء، وتسيير هذه العملية في ثلاثة مراحل.

١- التوليد: حصر جميع الإمكانيات باستخدام برنامج Congen^(٢) الذي يعتمد على، ويعتبر تطويراً لخوارزم توفيقي استحدثه ج. ليديربيرج J. Lederberg

٢- التخطيط: تنفيذ بعض القيود التي تحد من

حجم البحث الذي تولده المرحلة الأولى والذي قد يكون كبيرا جدا .
 3- الاختبار والتصنيف: بناء وتنفيذ قيود أخرى لتخفيض عدد الاحتمالات التي يتحتم النظر فيها، مع ترتيب هذه الاحتمالات ترتيبا تناظريا طبقا لدرجة المعقولة أو الاستحسان.

ويمكن أن يستخدم ميتا ديندرال كبرنامج تعليمي استقرائي لتطوير وتعزيز القواعد التي يستخدمها ديندرال، كما يولد قواعد جديدة، وبيني عمله على معلومات طيفية شاملة، ويعامل مع الآلة كصناديق مغلقة يحاول اكتشاف القواعد التي تحكمه، أي القواعد التي تحكم تجزأ الجزيئات العضوية، وهكذا يمكن لميتا ديندرال أن يستخرج قاعدة من النوع التالي:

$$\text{قاعدة: } N-C-C-C \rightarrow N-C^*C-C$$

وتعني هذه القاعدة أنه إذا كان الجزيء يحتوي على ذرة نيتروجين متصلة بسلسلة من ثلاثة ذرات من الكربون، فإن الفصل سيكون بين ذرتي الكربون الوسطيين.

(4) ماكسima MACSYMA

ويهدف هذا البرنامج للمساعدة في حل مسائل التفاضل والتكامل والمعادلات الجبرية وجبر المصفوفات والتجهيزات vector and matrix algebra ويمثل هذا البرنامج أحد الجهود الكبرى في تاريخ الذكاء الاصطناعي، ويبلغ الوقت المبذول فيه حوالي خمسين سنة، ويشمل البرنامج.

- قواعد لتبسيط المعادلات الرياضية وتحديد التناقض بينها، وهذه القواعد سهلة الاستخدام كما يمكن للمستخدم أن يضيف إليها إذا أراد. مثال ذلك:

$$\sin(x + 1/2 \pi) \rightarrow \cos x, \sin^2 + \cos^2 x \rightarrow 1$$

$$\log(ab) \rightarrow \log a + \log b$$

- إجراءات للتعرف على الأشكال الجبرية، ليس فقط على المستوى التركيبى بل أيضا على المستوى الدلالي، فهي يمكن أن تدرك أن $3x^2 + 4x - 1$ يمكن أن تأخذ الشكل التالي $c + bx + ax^2$ وكذلك $(x+1)(x-1)$

- إجراءات استنتاجية وتجريبية، فإذا حدد المستخدم، بواسطة الأمر cos(n + 1/2) π = 0 Declare، أن N عدد صحيح يقوم ماكسima باستنتاج أن Genesereth⁽⁵⁾ من القيام

باستنتاجات تصنيفية Deductions TKonoric-type وانتقال الخصائص من كيان آخر، والنظر في تقاطع المجموعات.

وقد تم تركيب البرنامج في MIT ويمكن تشغيله عن طريق شبكة أربا ARPA وقد كتب هذا البرنامج بلغة ليسب، واستخدمه كثير من العاملين. وقد كتبت برامج أخرى تقوم بعمليات التكامل الجبري، ولكن باستخدام قاعدة معرفة أصغر، ومن هذه البرامج REDUCE الذي استحدثه ⁽⁶⁾ hearm وبرنامج آخر للوليبر معتمدا على SNARK ⁽⁷⁾ وبرنامج LEX لميتشيل ⁽⁸⁾ ويتميز الأخير باشتماله إجراءات للتعلم.

بروسبيكتور ⁽⁹⁾ PROSPECTOR

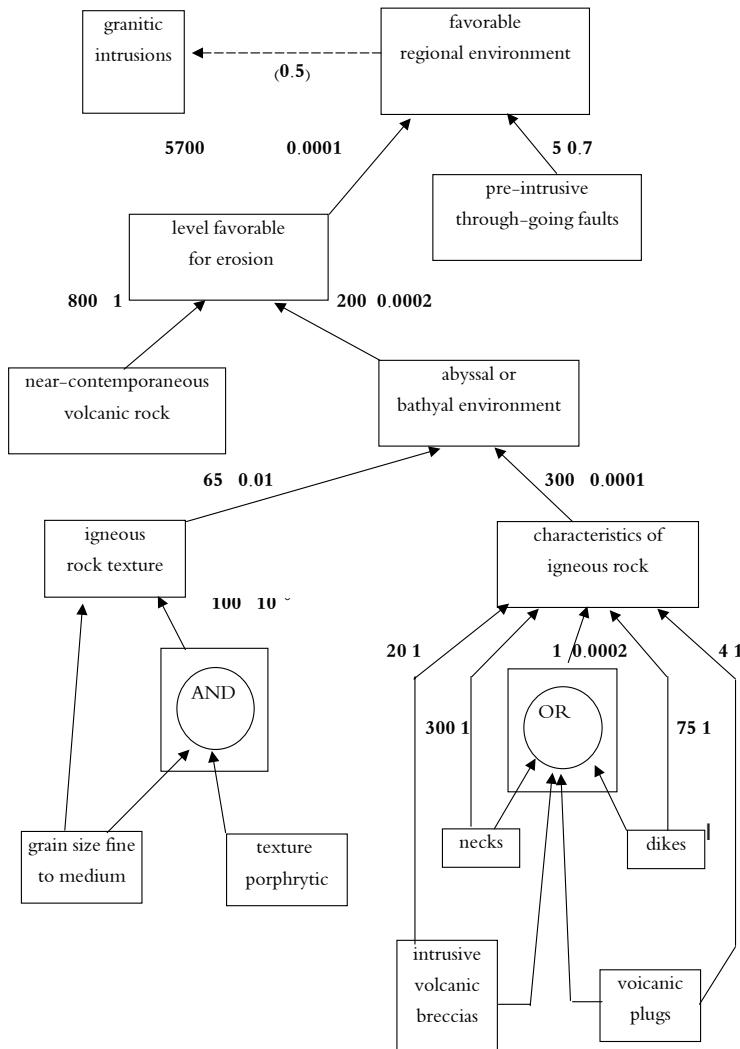
يتعلق هذا البرنامج بجيولوجيا المعادن، وهو يعالج المشكلة التالية: إذا توفر لنا وصفا جيولوجيا لمنطقة حفر، ما هي المعادن المتوقعة استخراجها من هذه المنطقة؟ ويستخدم البرنامج عمليات استدلالية مستقلة غير مرتبطة بالموضوع الخاص (هنا الجيولوجيا) باستخدام شبكات دلالية مقسمة ومجمعة بكفاءة.

ويمكن إظهار عدم اليقين سواء في البيانات المستخدمة أو في الاستنتاجات التي يتوصّل إليها البرنامج، ويمكن إدخال البيانات في بداية دورة التحاور مع الحاسب في شكل عبارات بسيطة بلغة طبيعية، وتحلل هذه العبارات بواسطة النحو الدلالي الذي يستخدمه برنامج التحليل LIFER ⁽¹¹⁾ (انظر الفصل السابع) وقد استخدم برنامج التحليل هذا لتطوير عدة برامج بيئية لغة الطبيعية وقواعد البيانات، وعادة ما تكون جلسة التحاور متفاعلة interactive وقد يطلب البرنامج أشياءها معلومات إضافية، و شأنه شأن برامج النظم الخبيرة المتقدمة، يستطيع برنامج بروسبكتور أن يشرح عمله في أي مرحلة في الجلسة، كما يمكنه تبرير النتائج التي توصل إليها.

وقد طورت عدة أدوات نافعة جدا حول بروسبكتور، منها برنامج يقوم بترجمة مزدوجة بين الشكل الداخلي للمعلومات (الشبكة الدلالية) وبين الشكل الخارجي القريب من اللغة الطبيعية، ويساعد Knowledge Acquisition برنامج اكتساب المعلومات system (KAS) المستخدم على خلق نماذج جديدة ⁽¹²⁾.

أو تعديل تلك الموجودة من قبل، ويقوم KAs بالتأكد من أن درجة الاستحسان المقدرة لأحداث معينة تراعى قيود معينة، فإذا كانت درجة الاستحسان لحدث ما A هي $PI(A)$ ، وكانت A مجموعة فرعية من B، فإن العلاقة $PI(A) \subset PI(B)$ ممكن أن تكون صادقة أبداً، لأن A يجب أن تراعي كل القيود على B، بل وقيود أكثر من تلك المفروضة على B نفسها.

ويبيّن شكل 17-1 جزءاً من شبكة الاستنتاج لبروسبيكتور، ويمثل أحد الرقمين المرتبطين بكل فرع درجة الكفاية (Degree of Sufficiency) DS بينما يمثل الآخر درجة الضرورة (Degree of Necessity) DN وتعني درجة الكفاية العالية لحدث أو ملاحظة E أن هذا الحدث أو الملاحظة كاف لقيام الفرض لما ودرجة الكفاية اللامنتهية مساوية منطقياً للجزم بأن $H \rightarrow E$ --- والقيمة الصغرى لدرجة الضرورة $<1>$ DN تعني أن الحدث أو الملاحظة مع ضرورة لقيام الفرض لما فإذا كان $O = DN$ يكون ذلك مساوياً منطقياً للجزم بأن $H \rightarrow E$ --- وهكذا كما يمكن أن نرى في شكل 17- ا يظهر وجود «رقبة neck» كدليل قوى (درجة كفاية 300) لوجود الصخور النارية ولكن ليس على الإطلاق ضرورياً (درجة الضرورة = 1)، بينما تقل درجة الكفاية للرقبات البركانية أو «التدخل البركاني» (درجة الكفاية 75, 20). ولكن حقيقة أن كتلة معينة تميّز بوجود صخور نارية هو شرط كاف وضروري لكي يمكن تصنيفها بأنها بيئه هاوية أو متعلقة بأعمق المحيطات.



شكل 17 - 1 جزء من شبكة الاستنتاج لبرنامج بروسيكبور (المصدر : دودا (9)) .

برنامج ليثو LITHO

إن من أهم مشاكل الكشف عن البترول تفسير المقاييس المختلفة التي ترتبط بالخواص الطبيعية لصخور المنطقة مثل الكثافة، التوصيل الكهربائي والنشاط الإشعاعي، ويمكن بهذه القياسات الاستدلال على نوع عينات الصخور المستخرجة بواسطة Driller وتمثيلها بواسطة منحنيات تعرف بالخط السلكي أو الكتل الكهربائية.

والهدف من برنامج ليثو^(14, 13) الذي طور في شلومبرجر-Schlum berger، هو تفسير هذه القياسات كما يفعل العالم الجيولوجي البشري خاصة في استخدام مثل هذه المعلومات كجغرافية المنطقة ونشأتها وطبقاتها الجغرافية، ومعادنها وتكون البترول فيها، وتحصل على وصف مفصل للقاع الأسفلي بربط الشواهد التي يؤكدها ما يزيد عن مائة من المعاملات المختلفة، مستخدما ثقل الشواهد، وهكذا يمكن تصفية الفروض غير المؤكدة بالتدرج حتى نصل إلى نتيجة حازمة مقبولة.

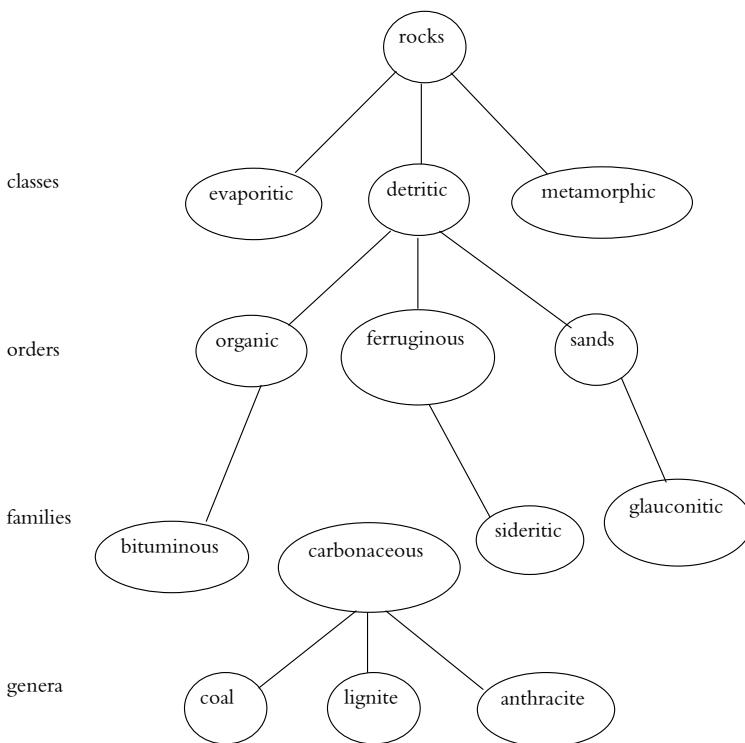
ويستخدم البرنامج كثيرا طرق ربط مقاييس الصدق، التي يبدو أنها ضرورية في البحث الجيولوجي حيث إن كثيرا من النتائج تعتبر غير نهائية، ويرجع إلى كثير من المعلومات من أجل ترجيح الفروض الأولية، وفي بعض الأحيان لمناقشتها حتى يمكن استبعادها وليس من غير المألوف في هذا المجال أن نضطر لمعالجة بيانات متناقضة، وسنتحدث عن ذلك في فقرة قادمة.

وقد قام ديفيز Davies⁽¹⁵⁾ بمحاولة لتفسير كتل خط السلك Wireline logs ص ولكن بمثال واحد فقط لكل حالة، ويأخذ البرنامج في الاعتبار كل ما هو مرتبط بالحالة موضع البحث، مشيرا إلى بث موجات الصوت والكتافة والمقاومة وإشعاع جاما.. الخ، وعندما تجمع هذه الأنواع المختلفة من المعلومات معا، غالبا ما يتضح أن الكثير منها مكرر وأن بها تناقضات كثيرة أيضا، وأن مصادر الخطأ كثيرة وممتعدة.

مراحل الاستدلال في برنامج LITHO

لقد استحدث LITHO أساساً بالاعتماد على برنامج EMYCIN⁽¹⁶⁾، ويستخدم القواعد الإنتاجية (انظر الفصل الثاني عشر) بنفس قواعدها

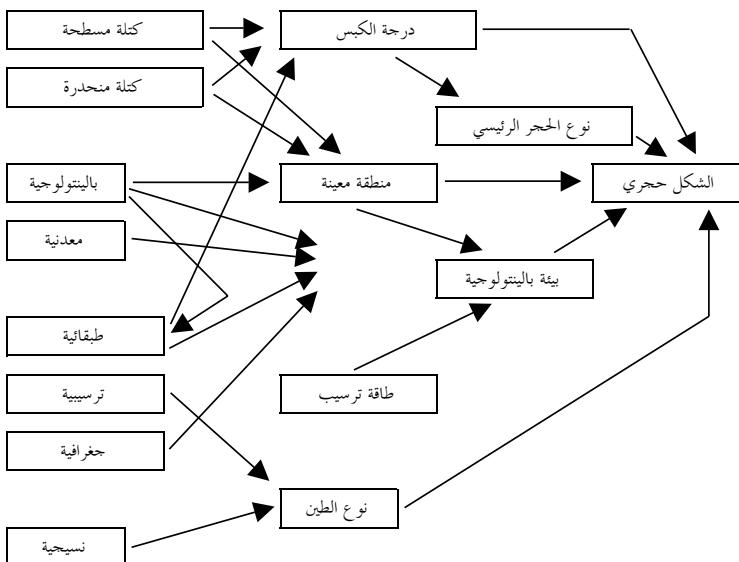
التركيبيّة، ويعطي البرنامج درجة ثقل للنتائج التي يتوصّل إليها، وهو ما نسميه درجة الصدق، وبالإضافة إلى تلك القواعد، يعتمد البرنامج على قاعدة معرفة تصنيفية taxonomic عريضة للمعادن، والبليونتولوجي، والجغرافي، والبيتروجيّي، وعلم الطبقات والتي تمكّن البرنامج من استخدام معلومات أكثر عمومية من البيانات المدخلة. فإذا افترضنا أن هناك قاعدة تبدأ بالشكل التالي «إذا كانت المرحلة الجيولوجية ثانوية، ..، وأدخل مستخدّم البرنامج «الفترة الجيولوجية هي الطباشيرية»، فستشطّ القاعدة لأن البرنامج يدرك أن الفترة الطباشيرية هي جزء من المرحلة الثانوية، ويوضح شكل 17 - 2 جزءاً من شجرة الجغرافية البترولية.



شكل 17 - 2 جزء من تصنیف فحم البترول في برنامج LITHO

بيانات من مصادر مختلفة

إن المهمة الرئيسية التي يؤديها LITHO هي تحديد أنواع الصخور من بين التسعين نوعاً موجودة في قاعدة المعرفة، التي يمكن أن يقال بحق إنها من المنطقة التي يمكن فيها البئر فعلاً، ويوضح شكل 17-3 تدفق المعلومات بين البيانات المعطاة والهدف المقصوب إليه، ويستخدم في هذه العملية عشرات من معايير متوسطة، والرسم الذي يمثل عملية الاستدلال ليس عميقاً جداً، فممستوى عمقه لا يتعذر أربعية مستويات في المتوسط.



شكل ١٧-٣ مراجعاً العملية الاستدلالية

تعدد السنة العامة للشهادة

Determination of the broad Lithological Structure

ما يجعل التحديد المفصل لأنواع الصخور أمراً معقداً أن أنواعاً كثيرة من الصخور لها أشكال كتل مشابهة مثل quartzite charts و Silexite على سبيل المثال، بحيث يعتمد التمييز بين الاثنين على استخدام البيانات الحيوولوجية الأخرى فقط، إلا أنه من الممكن إيجاز بعض التقدم بالتعرف

على «المجموعات العليا-Su Per-Groups» التي يمكن التمييز بينها فيما بعد على أساس، اعتبارات أخرى: فيمكن أن تتطوّي كل heavy, dolomitic rocks, Saline rocks Rocks (Phosphates, siderites, Fenginous, limestones, etc) etc تحت

صندوق عام باسم النسيجية Histogram (انظر شكل 17-3).

فقاعدة رقم 54 في برنامج Litho مثلاً هي:

إذا كانت نسبة «الجبس» في Histogram تتعدى 5٪.

إذن تكون البيئة القديمة لمنطقة الترسيب هي ضحلة (0,7) وشاطئ

(0, 0, 3)، صخرية (0, 2)، بحيرة (0, 0, 95).

البيانات الخارجية

يشير هذا التعبير إلى جميع أنواع المعلومات المستمدّة من مصادر أخرى غير الكتل Logs. وبعض مواد مثل هذه المعلومات لا تكون دائمًا متوفّرة مثل وصف شظايا الصخور التي يعثر عليها في الطين أثناء عمليات الاستكشاف أو مواد علم الاحاثة Paleontology والتي تدل على وجود المرجان، وهناك أنواع أخرى من المعلومات التي عادة ما تكون معروفة أو يمكن استنتاجها: وهكذا يمكن التوصّل إلى معلومات قيمة عن أنواع الصخور في منطقة الاستكشافات من خلال المعرفة الجغرافية لموقع البئر، مثل مساطب الكربون في الشرق الأوسط، وفي معظم الأحيان يكون للمعلومات الجغرافية دور كبير في التوصّل إلى استنتاج جزئي لعصر التكوينات، ومن ذلك يمكن التوصّل إلى نتائج لها أهميتها.

ويتمكن برنامج LITHO عادة من التوصّل إلى العصر الجيولوجي من معلومات الإحاثة حتى في حالة عدم معرفة عالم الجيولوجيا لذلك، فيعرف برنامج LITHO مثلاً « شأنه شأن أي عالم جيولوجي جيد » أنه طبقاً للقاعدة 101 فإن وجود مادة graptolithis يشير إلى أن المرحلة تكون إما

Ordovician

ويمكن وضع المعلومات الخارجية في ثمانية تصنیفات كما هو موضّح أدناه، وهي تكون من كل من أبنية تصنیفية تدخل بواسطتها البيانات في نظم يمكن أن تستخدّم للتوصّل إلى قواعد عامة جداً، وقواعد استنتاجية تشطّط عندما تدخل البيانات إلى البرنامج. ومثال ذلك أنه إذا كان التكوين

cambrian (قديم جدا يرجع إلى أكثر من 570 مليون سنة) يكون هناك احتمال قوي أن الصخور عالية الضغط.

والتصنيفات الثمانية للمعرفة الخارجية هي كالتالي:

معرفة جغرافية (مناطق جيولوجية، أحواض، حقول، آبار)

أنشطة بنائية (ثنايا، تشققات أرضية، أنظمة)

معلومات طبقانية «عن طبقات الأرض». مراحل جيولوجية، عصور،

نظام

معلومات عن نشأة الأرض (التحجر)

معلومات عن التعدين (التكلس، الكوارتز)

معلومات عن وصف الصخور وتصنيفها (الحجر الجيري، الطفل، الرمال)

معلومات ترسيبية (صخور منحدرة، قنوات، تعرج، كثبان)

طبيعة بترولية (المسامية، المتقدبة، التشبع)

وفيما يلي مثال عن قاعدة تربط المعلومات الجغرافية والطبقانية:

قاعدة 295

إذا -1- كانت المرحلة الطبقانية هي العصر الطباشيري

و -2- وكانت المعلومات الجيولوجية واحدة من:

طبقة إيرانية أو حزام زاجروس المنتشي

إذن -1- من المحتمل أن تكون البيئة الأصلية:

بحيرة (0.6) - دلتا (0.6) fluvial

LAGoon (-0.3) Arid (-0.6) GLACIAL (0.8-)

PELAgIC (0.4)....

- احتمال أن تكون أنواع الليثيوم الرئيسية في المنطقة:

deitric (-0.3) biological (0.3) evaporitic (0.3)

Plutonic (0.5)

- هناك احتمال ضئيل أن المنطقة ليست مضغوطه كليا (0.2)

- هناك احتمال ضئيل لوجود بتروبل بالمنطقة (0.2)

وتربط القاعدة أعلى الترسيب الأولى بنوع الليثيوم الأساسي للوصول إلى أصدق احتمالات وجود تفرعات الليثيوم.

قاعدة 201

إذا كان ترسيب البيئة الطبقائة من نوع نيتريك
و نوع الليثيوم الأساسي هو بيولوجي
إذن احتمالات وجود أنواع الليثيوم المختلفة هي:
HALITE (0.2) DOLOMITE LIMESTONE ...

استخدام الخصائص العامة لكتل الخط السكري

تحتوي الكتل على معلومات عدديه ورمزية وعلى ملامح هامة تتعلق
بشكل المنحنيات وهذه لها معان رمزية مهمة.

وقد استحدثت مجموعة من المفردات لتساعد على وصف أشكال الكتل
المختلفة في ضوء أشكال أساسية Normalized signatures، وقد تم تجميع
أشكال نمطية ووضعت في كتيب بحيث يمكن للمستخدم أن يتعرف عليها
أثناء تشغيل البرنامج، ويقوم برنامج LITHO بمقارنة ومضاهاة البيانات
الرمزية الهامة مع كافة البيانات الأخرى، وهذا يساعد على حل إشكالية
التعرف، ويوضح شكل 17-4 مسارين نمطيين، بينما يوضح شكل 17-5 مسار
ثالث وبعض السمات الوصفية، والصفات الرئيسية هي:
Plateaux: المناطق التي تظهر استجابات واسعة وثابتة على مدى 25 مترا
على الأقل.

Megaramps: المناطق التي تظهر زيادة أو نقصان على مسافة 25 مترا
على الأقل.

Major Beds: استجابة ثابتة على مسافة تتراوح بين 2-25 مترا.

Mesoramps: زيادة أو نقصان على مسافة تتراوح بين 5-25 مترا.

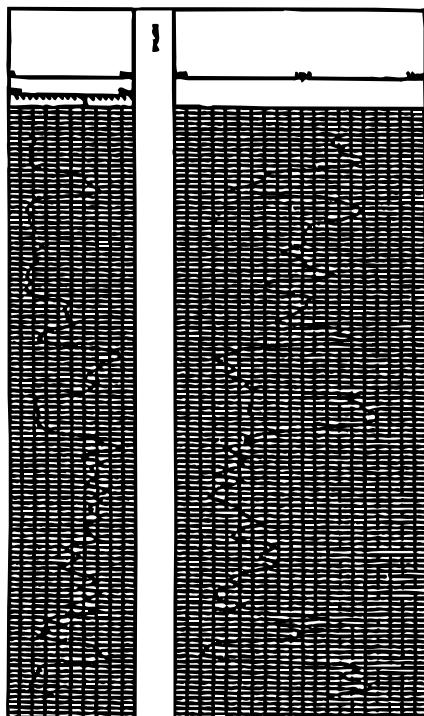
ويتحدث الجيولوجيون دائمًا عن «قمة طينية Clay Peak» بالكشف بواسطة
أشعة جاما، لأن من خصائص الطين النشاط الإشعاعي العالي، ولكي يحصل
البرنامج على هذه المعلومات فإنه يسأل المستخدم عن المنحنى الطبيعي
المتوقع، أي اختلافات فرق الجهد الطبيعي مع العمق ويطلب رأى المستخدم
حول وجود صفات مختلفة في مسارات معينة.

مثل صفات درجة الإشعاع والكتافة والمقاومة. ومن واقع هذه البيانات
التي يحصل عليها البرنامج يقوم بحساب درجات الاستحسان Plausibility
لكل بيئة تحت الدراسة، ولمجموعات الليثيوم الرئيسة وربما لكل

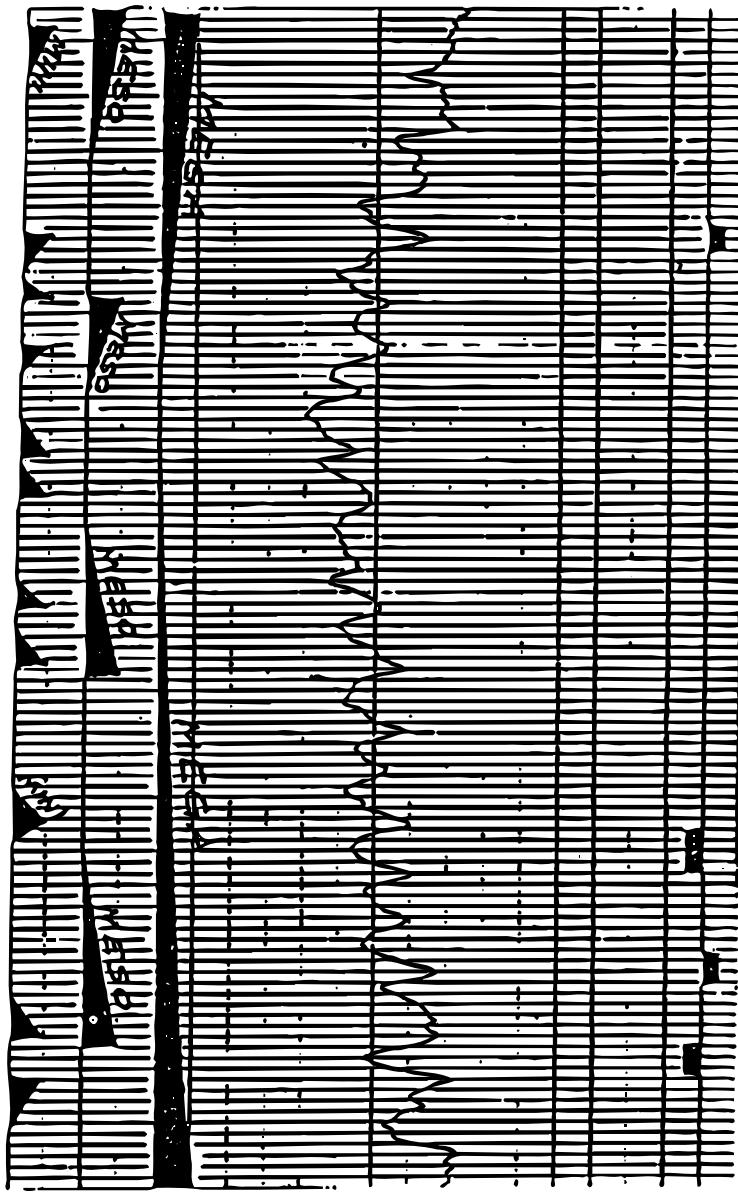
نوع من أنواع الصخور، ولا يحتاج أي شكل لدى المستخدم في التعرف على الصفات المختلفة أن يوقف هذه العملية، لأنه حر في وضع رؤيته الخاصة بتحديد درجات استحسان يستخدمها البرنامج لتقليل قوة استنتاجاته، وفيما يلي مثال للطريقة التي تستخدم المعلومات الوصفية مع البيانات الرقمية:

قاعدة 8 ..

إذا كانت هناك هضبة في منحني أشعة جاما ومستوى النشاط الإشعاعي أدنى من 40API (الوحدات الدولية لأشعة جاما التي استحدثتها مؤسسة البترول الأمريكية).
إذن هناك احتمال قوي (0,8) إن المنطقة «نظيفة» إي بها محتوى طين ضئيل جدا.



شكل 4-17 تخطيط مساران نمطيان



شكل 5-17 السمات الوصفية للمسار التخطيطي

المحصلة النهائية للبرنامج

يقوم برنامج حسابي بإعداد المحصلة النهائية للبرنامج أخذنا في الاعتبار الآتي:

1- قائمة بأنواع الصخور الأكثر احتمالا، مع درجات الاستحسان لكل نوع.

2- الكتل المسجلة في البئر تحت الدراسة.

وتشمل النتيجة النهائية التي نحصل عليها من البرنامج وصفاً جيولوجيّاً كاملاً للبئر على أبعاد 15 سم، وقد أثبتت التجارب أن هذه النتائج قريبة جداً من النتائج التي يتوصّل إليها العالم الجيولوجي البشري.

معالجة البرنامج للبيانات الخاطئة

لا تكون الظروف التي يتم في ظلها تسجيل المسارات ظروفًا مثالية أبداً، والنتيجة أنه قلما تخلو النتائج من الأخطاء، كما يمكن أن تنشأ الأخطاء أيضاً في عملية جمع شظايا الصخر، إذ يمكن أن تتحدر واحدة من مكانها الأصلي وبذلك تسجل في عمق مغایر لعمقها الأصلي، ويعالج LITHO مثل هذه المشاكل على النحو التالي:

1- لا يدعى أبداً أن أي نتيجة يتوصّل إليها صحيحة 100٪، ولذلك إذا ثبت خطأ البيانات التي تعتمد عليها نتيجة ما، فإن مصادر المعلومات الأخرى للبيانات التي تعتمد عليها نتيجة ما، فإن مصادر المعلومات الأخرى تساعد في التوصل إلى نتائج أقرب إلى الصحة.

2- يستخدم كثيراً من الأطرادات، فتكون النتيجة الصحيحة الموثوقة منها حاصل جمع من 5 إلى عشر نتائج أضعف.

علاقة مجال الاستخدام بعمليات الاستدلال

إنها حقيقة مدهشة أن صياغة القواعد الإنتاجية المرتبطة بدرجات الاستحسان لها نفس الفاعلية الجيدة في مجالين مختلفين متباعدين كالطب والجيولوجيا، وفي الحقيقة، أن العمليات الاستدلالية المستخدمة في المجالين متشابهة تماماً بمعنى أن في كلا الحالتين تكون النتائج المتوصّل إليها في العادة ضعيفة وتتطلب تأكيداً، بفحوصات وعمليات مخبرية إضافية، وهناك

أيضاً تمثلاً أبعد، ففي حالة الاستخدام المشترك للمعلومات الرمزية والعددية يتشابه رسم القلب مع كتلة الخط السلكي، كما يتشابه أيضاً التاريخ الطبي للمريض مع التاريخ الجيولوجي للبئر، وفي كلا الحالتين يكون الهدف النهائي التوصل إلى تشخيص، للمريض في حالة الطب ولقاء البئر في حالة الجيولوجيا.

وتحتفل هذه التطبيقات اختلافاً صارخاً مع فهم الصور المرئية أو لفهم الكلام، فهنا تتم المعالجة الرقمية أولاً «التعرف على الأشكال Pattern recognition» معطياً وصفاً غير دقيق للظاهرة، ويتم بعد ذلك معالجة هذا الوصف بطرق رمزية التي تستخدم مثلاً معرفة عامة لأشكال الصور المرئية ومعرفة تركيبية أو دلالية لأشكال الكلام، ومن المهم تقدير أنه في حالة الجيولوجيا مثلاً يكون للمعلومات الرمزية أسبقية ودور رائد في المعالجة العددية للكتل بتحديد أنواع الصخور الفردية التي يجب النظر فيها.

وعكس مقاييس الاستحسان تقويم الخبراء للثقة التي يمكن أن توضع في النتائج، وليس لهذا أساس نظري، فقد تعطى بعض الدلالات الإحصائية، ولكنها تمثل في أغلب الأحيان الخبرة المتراكمة للخبر الذي إذا سُئل: «إذا طلب منك أن تعطى درجة ثقة لبعض العبارات تتراوح بين 10 و + 10 فماذا تقول؟» ولا شك أن هذه الفكرة غير شكلية.

النظم الحالية - خاتمة

لقد تصدرت التطبيقات الجيولوجية عرضنا هذا للنظم الموجهة للصناعة، مما يعكس أهميتها في الحياة الحقيقة لأن لها أهمية اقتصادية عظيمة، حالياً هناك تطبيقات أخرى في الأعمال الزراعية لتشخيص أمراض النبات، وفي البيولوجيا الحيوية، وفي البنوك لحساب المخاطر المالية، وفي البيولوجيا الحيوية، وفي البنوك لحساب المخاطر المالية، وفي القل لصيانته أساساً لنقل الناقلات.. وهكذا، وأعظم البرامج نجاحاً من الناحية التجارية حتى الآن هي بلا شك مجموعة البرامج التي استحدثتها شركة ديجيتال للحواسيب مثل برنامج RI ومن بعده برنامج xcon لقياس مواصفات أجهزة الـ VAX وبرنامج XSEL كمساعدة في المبيعات.

وقد اشتركت الشركة الفرنسية ELF-aquitaine مع شركة الذكاء

الاصطناعي الأمريكية Teknowledge في إنتاج أحد الأنظمة الخبيرة للمساعدة في عمليات حفر الآبار، كما تعمل حالياً في فرنسا شركة CGE في بناء برامج تشخيص الأعطال في الأجهزة الكهربائية، وتعمل أيضاً شركة CII في بناء برامج مشابهة لبرامج شركة ديجيتال لقياس وتشغيل الحاسوبات الآلية.

ويحتوي جدول ١٧ - ١ النظم الموجهة للصناعة المستخدمة حالياً أو في طريق الإنشاء.

النظم الخبيرة في العلوم والصناعات

جدول 1-17

النوع	اسم البرنامج	الموضوع	ال المجال
Feigenbaum (1)	DENDRAL	تفسير بيانات مطياف الكتلة	الكيمياء
Buchanan (3)	META-DENDRAL	شرحه (تعليمي)	
Wipke (17)	SECS	تركيب عضوي	
Gelernter (18)	SYNCHEM	تركيب عضوي	
Bundy (19)	MECHO	حل مسائل ميكانيكا	طبيعة
Brown (20)	SOPHIE	تحليل الدوائر الكهربائية	
Dincbas (21)	PEACE	تحليل الدوائر الكهربائية	
Brown (22)	EL	البخارونات	
Novac (23)		ميكانيكا	
Langley (24)	BACON	اكتشاف قوانين	
Bennett (25)	SACON	مقاومة المواد	
Duda (9)	PROSPECTOR	علم المعادن	جيولوجيا
Bonnet (13, 14)	LITHO	بنرول	
Davies (15)	DIPMETER ADVISOR	بنرول	
Hollander (26)	DRILLING ADVISOR	بنرول	
Lenat (28)	AM	اكتشاف مفاهيم	رياضيات
Moses (4)	MACSYMA	معادلات تكامل ..	
Hcses (6)	REDUCE	معادلات تكامل ..	
Lauriere (7)	SNARK/INTEGRATION	التكامل	
McDermott (29)	RI, XSEL, XCON VAX	تحديد مواصفات	نظم الحاسوب
Bennett (30)	DART	تشخيص الأخطاء	
Barstow (31)	PECOS	بناء برامج	البرمجة الآلية
Manna (32)	DEDALUS	بناء برامج	
Green (33)	PSI	بناء برامج	
Rich (34)	PROGRAMMERS APPRENTICE	بناء برامج	
Blazer (35)	SAFE	بناء برامج	
Descotte (36)	GARI	استشارة في تنظيم المصانع	صناعة
Nii (27)	HASP/SIAP	معالجة الإشارات	شئون عسكرية

المراجع

- (1) Feigenbaum E., Buchanan B., Lederberg J. (1971), On gener ality and problem solving: A case study using the DENDRAL pro gram, in machine Intelligence, Vol. 6, New York, Elsevier.
- (2) Carthart R.E. (1979), CONGEN: An expert system aiding the structura chemist, in Revolution in the micro-electronic age, Michie (ed.) Edinburgh, Edinburgh University Press.
- (3) Buchanan B., Mitchell T. (1978), Model-directed learning of production rules, in Pattern-directed inference systems, Waterman and Hayes-Roth (eds.), New York, Academic Press.
- (4) Moses J. (1967), A Macsyma Primer, Mathlab Memo 2, MIT Computer Science Lab.
- (5) Genesereth M. (1976), DB: High-level data base system with inference, Memo 4, Macsyma Group, MIT.
- (6) Hearn A. (1969), Reduce 2 users manual, Stanford AI memo AI-90.
- (7) Lauriere J. L. (1982), Utilisation et representation des con naissances, RAIRO/TSI, 1 and 2.
- (8) Mitchell I. (1983), Learning and problem solving, IJCAI-83, PP.1139- 1151.
- (9) Duda R., Gasching J., Hart P. (1979), Model design in the PROSPECTOR consultanat system for mineral exploration, in Expert systems in the micro-electronic age, D. Michie (ed.), Edinburgh, Edin burgh University Press.
- (10) Konolige K. (1979), An inference net compiler for the PROSPECTOR rule-based consultation system, IJCAI-79
- (11) Hendnch G.G. (1977), Human engineering for applied nat ural language processing, IJCAI-77, pp. 183- 191.
- (12) Reboh R. (1981), Knowledge engineering and tools in the prospector environment, Techn. Note 243, Artificial intelligence Center, SRI International, Menlo Park, California.
- (13) Bonnet A., Harry J., Ganascia J.G. (1982), LITHO, un sys tem expert inferant la geologie du sous-sol, RAIRO/TSI, Vol. 1 No. 5, pp. 393- 402.
- (14) Bonnet A., Dahan C. (1983), Oil-well data interpretation us ing expert system and pattern recognition technique, IJCAI-83 pp. 185- 189.
- (15) Davis R., Austin H., Carlboom I., Frawley B., Pruchnik P., Sneiderman R., Gilreath J.A. (1981), The DIPMETER ADVISOR: interpretation of geologic signals, ICJAI-81, Vancouver, pp. 846- 849.
- (16) Van Melle W. (1980), A Domain-independent system that aids in constructing knowledge-based consultation programs, Stan ford University Heuristic Programming Project memo 80-82.
- (17) Wipke W.T., Braun H., Smith G., Choplin F., Sieber W. (1977), SECS-Simulation and evaluation of chemical Synthesis: Strategy and planning, in W.T. Wipke and W.J. House (eds.), com puter Assisted Organic Synthesis, Washington, D.C., American Chemical Society, pp. 97- 127.

النظم الخبريرة في العلوم والصناعة

- (18) Gelernter H.L., Sanders A.F., Larsen D.L., Agarwal K.K., Boivie R.H., Spritzer G.A., Searlman J.E. (1977), Empirical Exploration of SYNCHEM, Science 197, pp. 1041- 1049.
- (19) Bundy A., Byrd L., Mellish C., Milne R., Palmer M. (1979), MECHO, a program to solve mechanics problems, Dept. of AI. University of Edinburgh, working paper 50.
- (20) Brown J.S., Burton R. (1975), Multiple representation of knowledge for tutorial reasoning, in Bobrow & Collins (eds.), Representation and understanding, New York, Academic Press, pp. 311-350.
- (21) Dincbas M. (1980), A knowledge-based expert system for automatic analysis and synthesis in CAD, Proc. of IFIP Congress, pp. 705- 710.
- (22) Brown A., Sussman G.J. (1974), Localization of failures in radio circuits, a study in causal and teleological reasoning, MIT Artificial Intelligence memo 319.
- (23) Novak G. (1977), Representation of knowledge in a program for solving physics problems. IJCAI-77. MIT
- (24) Lanley P. (1979), Rediscovering physics with BACON-3, IJCAI-79. Tokyo, pp. 505- 507.
- (25) Bennet J.S., Engelmore R. (1979), SACON: a knowledge-based consultant for structural analysis, IJCAI-79, pp. 47- 49.
- (26) Hollander C.R. Iwasaki Y., Courteille J.M., Fabre M. (1983), Trends and Applications conference, Washington.
- (27) Nii H.P., Feigenbaum E.A., Anton J.J., Rockmore A.J. (1982), Signal to symbol transformation: HASP/SIAP case study, the AI Magazine, 3,2, pp. 23- 55.
- (28) Lenat D. (1980), On automated Scientific theory formation: a case study using the Am program, in Davis & Lenat (eds.), knowledge-based systems in Artificial Intelligence, New York, McGraw Hill.
- (29) McDermott J. (1980), RI: an expert in the computer systems Domain, in AAAI-80, pp. 269.271.

**القسم الخامس
نظرة مستقبلية**

الذكاء الاصطناعي والتدريس بواسطة الحاسب الآلي

مقدمة

نتناول في هذا الفصل استخدام الحاسب كوسيلة معاونة في التدريس. وقد استحدثت كثيرة من البرامج والنظم ضمن الأطر التقليدية لهذه الغاية. وتتضمن هذه البرامج إجابات وحلول المسائل التي تطرحها على الطالب، ولكن بقدرة محدودة جداً على الاستدلال والتفكير، وبالتالي فليس معظم هذه البرامج قدرة ذاتية كل هذه المسائل بنفسها. وأفضل هذه البرامج لها بعض القدرة على المسائل- إذا عرفنا هذه القدرة بمعناها الواسع جداً، ولكنها لا تفصل قاعدة المعرفة التي تستخدمهما عن آلية التحكم، مما يجعل من الصعب ضمهمما إلى البرنامج. ولهذا نقترح في هذا افضل بناء برامج التعلم على غرار الأنظمة الخبرية.

وبعكس النظم التقليدية، تبدأ البرامج الذكية للتعليم من الفرضية القائلة إنه لابد للبرنامج التعليمي نفسه أن يكون خبيراً في المجال الخاص به، بمعنى أنه يجب أن يكون قادراً على حل المسائل التي يضعها- ربما بعدة طرق- كما يجب أن يكون قادرًا

على تتبع ونقد الحلول التي يتوصل إليها الطالب. كما يجب أن يكون لهذه البرامج الذكية أساس نظري للاستراتيجية التعليمية التي تبعها والتي يجب أن تكون واضحة وغير متضمنة بشكل غامض في قاعدة المعرفة للبرنامج. كما يجب أيضاً أن تكون هذه الاستراتيجيات قابلة للتطبيق في مجالات مختلف وعديدة، وقد لا تكون واقعين إذا طمحنا إلى استراتيجية واحدة لكل المجالات، ولكنه يبدو من المنطق أن نتوقع بعض المبادئ العامة التي يمكن أن تهدي بها مثل هذه البرامج. ويستطيع البرنامج الذي اختبر قدرات الطالب ومعرفته أن يستخدم نتائج تقويمه في وضع صورة للطالب لتصبح إحدى القيم المستخدمة في توجيه عملية التعليم الفردية.

نبذة تاريخية

وتتلخص الطريقة المعتادة لبرامج التعليم بواسطة الحاسوب في الآتي:

أولاً: يعرض نص الدرس على شاشة الحاسوب، ثم توضع الأسئلة للطالب الذي يجب على الأسئلة باختصار، وذلك لعدم قدرة البرنامج على تحليل اللغة الطبيعية. وأخيراً يستمر البرنامج في عرض مادة تعليمية أكثر صعوبة، إذا كانت إجابة الطالب صحيحة، أو يبين الخطأ في إجابة الطالب ويعرض الإجابة الصحيحة.

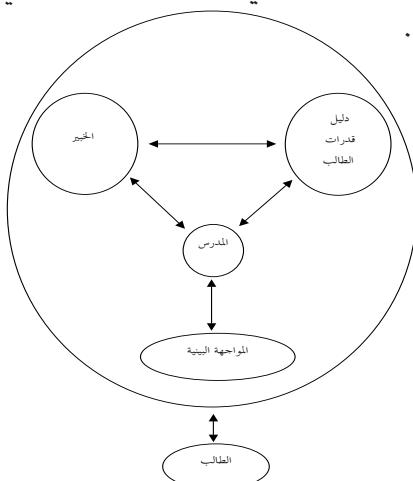
وسوف لا نعرض هنا طريقة لوجو LOGO لسيمور بابيرت-1 (seymour pa pert⁽¹⁾)، التي تتبع نهج بياجيت Piaget للتعليم التلقائي-spontane ous learning بالتفاعل مع البيئة المحيطة، وذلك لأن هذا النهج بهتم بتعميم قدرات الأطفال الإبداعية بإعطائهم وسيلة تجاوب مع الأفكار التي يعبرون عنها أكثر من اهتمامه بتعليم مادة معينة. فيمكن للأطفال باستخدام طريقة لوجو رسم اللوحات وتأليف الموسيقى كذلك أن فلسفه هذا النهج عكس برامج التعليم التقليدية التي تتميز بالوضع السلبي للطالب.

وعود بدأة استخدام أساليب الذكاء الاصطناعي في التعليم إلى برنامج سكولار scholar⁽³⁾ لتدرس جغرافية أمريكا الجنوبية، واستخدام قاعدة معرفة جغرافية التي لم تكن مجرد نصوص مسجلة سلفاً. ومن الأفكار الجديدة في هذا البرنامج أنه من المعنون لكل من البرنامج أو الطالب أن يأخذ المبادرة في الحوار. ويقوم برنامج صوفي SOPHIE⁽⁴⁾ بتعليم الطالب

كيف يجد ويصحح الأخطاء في الدوائر الإلكترونية، ولهذا البرنامج مواجهة مرنة جدا باللغة الطبيعية مع المستخدم مما يمكنه من فهم وانتقاد الحلول المقدمة له. وقد اتجه البحث في السنوات الأخيرة إلى دراسة تحليل أخطاء الطلاب. وقد أظهر استخدام باجي BUGGY⁽⁵⁾ أن بعض أخطاء الطلاب الحسابية التي بدت أولاً عشوائية كانت في أغلب الأحيان أخطاء مطردة نتجم عن الطريقة المستخدمة من قبل الطلاب. وقد طورت ألعاب تربوية مثل ويمبوس⁽⁶⁾ WUMPUS للتوصل إلى الأسباب التي تكمن وراء عدم استخدام اللاعبين الاستراتيجيات المثلث. كما أظهر برنامج واي WHY⁽⁷⁾ وجайдون GUIDON⁽⁸⁾ الفرق بين تدريس موضوع خاص والاستراتيجيات العامة للتدريس. فهناك مثلاً قاعدة عامة تقول: «إذا لم يستطع الطالب فهم قانون عام، أعطه مثالاً محدداً، وهي تطبق على تدريس كافة المواضيع. وتوضح الفقرات التالية بعض طرق تمثيل الموضوعات التي تدرس، وبعض المبادئ التعليمية التي استحدثت.

مكونات برامج التعليم الذكية بمساعدة الحاسوب

يوضح شكل ١-١٨ التخطيط العام⁽⁹⁾ لبرامج التعليم بمساعدة الحاسوب في إطار الأنظمة الخبيرة، والذي يمثل ثمرة الأبحاث في هذا المجال في السنوات الأخيرة.



شكل ١-١٨ – ١ البرامج الذكية للتعلم بمساعدة الحاسوب

وَلَا دَاعِيٌ لِأَنْ نُؤكِّدْ هَنَا مَرَةً أُخْرَى أَهْمَى وَجُودِ مَوَاجِهَةِ بَيْنِ «وَدِيَة» بَيْنِ
الْمُسْتَخدَمِ وَالْبَرَنَامِجِ، وَلَكِنْ عَلَيْنَا أَنْ نَذْكُرْ أَنَّهُ يَجُبُ أَخْذِ التَّطَوُّرِ التَّقْنِيِّ بِعِينِ
الاعتبار عند تزويد البرنامج بـ«المواجهة البينية». وَنَشِيرُ هَنَا بِوَجْهِ خَاصٍ إِلَى
إِمْكَانِيَّةِ اسْتِخْدَامِ الرَّسُومَاتِ وَ«الْفَأَرَةِ mouse» لِتَحْرِيكِ مَؤْشِرِ الشَّاشَةِ cursor
الْأَخْيَارِ بِنَوْدِ مِنَ الشَّاشَةِ، وَهَذَا أَسْهَلُ وَأَسْرَعُ مِنَ اسْتِخْدَامِ طَرُقٍ تَتَطَلَّبُ
تَحْلِيلِ الْلُّغَةِ الطَّبِيعِيَّةِ. وَيَجُبُ طَبِيعًا أَنْ يَسْتَمِرَ البحْثُ فِي فَهْمِ الْلُّغَاتِ الطَّبِيعِيَّةِ،
وَلَكِنْ - فِي حَدُودِ مَغْرِفَتِ الْحَالِيَّةِ لَا يَبْدُو أَنَّهُ أَهْمٌ مَتَّطلِبٌ لِتَطْوِيرِ بَرَامِجِ
الْتَّعْلِيمِ بِمَعَاوِنَةِ الْحَاسِبِ. وَعَلَى أَيِّ حَالٍ فَالْمُطَلُّوبُ هُوَ اسْتِخْدَامُ طَرُقٍ أَكْثَرُ
تَقْدِيمًا فِي مَجَالِ التَّعْلِيمِ لِلَّوْصُولِ إِلَى فَهْمٍ أَعْقَمٍ.
وَيُرْكِزُ هَذَا الفَصْلُ عَلَى وظِيفَتَيْنِ رَئِيْسَيْتَيْنِ: هَمَا الْأَنْظَمَةُ الْخَبِيرَةُ وَبَرَامِجُ
الْتَّعْلِيمِ.

٢٥٣ النظم الخمسة

قد يبدو ذكرنا في مقدمة هذا الفصل أن برامج التعليم بمعاونة الحاسوب يجب أن تكون خبيئة في مجالها أمراً بدبيهياً، إلا أنه يجب ألا ننسى أن الكثير من هذه البرامج التقليدية لا تستطيع حل المسائل التي تضعها للطلاب بنفسها، فمثلاً لا يستطيع برنامج بيب Bip⁽¹⁰⁾ لتعليم لغة بيسيك للبرمجة أن يكتب برنامجاً بلغة بيسيك على الرغم من قدرته على تصحيح أخطاء معينة في البرامج المقدمة له. كما يجب أن يتمكن البرنامج الخبير من توليد المسائل، آخذًا في الاعتبار قدرات الطالب العلمية بالتفصيل كمستوى أداء الطالب والصعوبات المتوقعة، ومدى التأكيد على النقاط الصعبة والهدف من التعليم في تلك اللحظة، كما يجب أن يكون قادرًا على تنفيذ تعليمات المدرس لوضع مسائل أكثر صعوبة من التي قبلها على أن يمكن حلها بنفس الطريقة.

ويجب أن يمون البرنامج الخبرير قادرًا على إعطاء إجابات تفصيلية مرتبة، موضحاً فيها النقاط الصعبة، وعارضًا لخطوات الحل، وذلك لتحقيق الأهداف التالية.

- مقارنة حل الطالب بحل البرنامج.
 - قياس وتقدير طريقة حل الطالب بمقارنتها بطريقة البرنامج.

- مساعدة الطالب الذي بدأ في المسار الصحيح، ولم يستطع أن يتعدى مرحلة معينة في الحل.

ويجب أن يكون البرنامج قادرا على الجمع بين الطرق الخوارزمية والتجريبية. ويكتسب البرنامج الطرق التجريبية من الخبراء البشريين وتتميز بملاءمتها لشرح المسائل الصعبة وطرق الشرح لأنها توضح كيفية عمل العقل البشري في مثل تلك المواقف⁽¹¹⁾. وتستخدم الطرق الخوارزمية لسرعة الإنجاز أو لعدم إمكانية حل المسائل بطريقة أخرى. وعندما نضطر لاستخدام الطرق الخوارزمية، فإنه يجب أن تكمل بطرق أكثر تعليمية للطالب أو تعتبر كصنどوق مغلق. ولا يعتبر هذا عائقا للبرنامج، فهناك مستوى معين لكل إنسان أو برنامج لا يستطيع أن يتعاده.

ومن المتطلبات الأخرى لهذه البرامج أن تكون لديها القدرة على اكتشاف الأخطاء المطردة أو الشائعة، واكتشاف أي ثغرات في فهم الطالب العام التي قد تنشأ عنها مثل هذه الأخطاء. ويفترض ذلك وجود نموذج تعليمي متقدم يستطيع أن يستفيد من الاعتبارات النفسية.

وأخيرا يجب أن يكون البرنامج قادرا على إعطاء تفسيرات على مستويات مختلفة. فإذا استخدم البرنامج في حل إحدى المسائل سلسلة من الاستنتاجات مثل أ--> ب--> ج، يكون الجواب العادي لسؤال «لماذا ج؟» هو لأن ب»، ولماذا ثانية، يكون الجواب لأن أ». بينما يعني السؤال الثاني في الأغلب أن الطالب يريد أن يعرف لماذا تدل «ب» على «ج» بدلا من تسلق سلم النتائج. وزد يكون مناسبا جدا في هذه الظروف إعطاء تفسير في شكل رسومات «فين دراگم» Ven diagrams حيث تمثل المجموعات في شكل دوائر.

دور البرنامج التعليمي

إن المدرس الذي يصمم البرنامج هو الشخص الذي يجب أن يتخذ قرارات مثل «ما هو الوقت المناسب لإعطاء الطالب لمحنة عن الإجابة؟» أو «إلى أي مدى يمكن السماح للطالب بالاستمرار في الخطأ؟» وللمساعدة في حل مثل هذه المشاكل، يمكن الاستفادة من النظريات النفسية كأس أس لأبحاث استخدام الذكاء الاصطناعي في التعليم بمعاونة الحاسوب.

إن الفرضية الشائعة والمقبولة هي أنه يوجد في ذهن الطالب نموذج

للمعرفة والمهارات التي يتوقع أن يكتسبها، وأنه يستخدم هذا النموذج بقوة في محاولة حل المشاكل التي تواجهه. يعني هذا سلوك حتمي (محدد سلفاً) للطالب de-terministic behavior، يحدده النموذج، وهو طبعاً افتراض مبسط. ويرى المدرس في النموذج صورة للقدرات التي على الطالب اكتسابها، مما يمكن أن يستخدم لتوجيهه استراتيجية التدريس. ومن وجهة نظر علم المعلومات، فإن القيم المرتبطة بقدرات الطالب تشكل الحدود Arguments لوظائف البرنامج المتضمنة في البرنامج التعليمي. وهكذا يكون تصور المدرس لقدرات الطالب هو تقريب للنموذج الداخلي في ذهن الطالب والذي لا يدعى معرفتنا الكاملة به.

وتطرح النظرية التعليمية التي تتبع النهج السقراطي فكرة أن فهم وتعلم المفاهيم المعقدة يمكن أن يسهل بدراسة الأمثلة الخاصة لاستخلاص القوانيين العامة منها. ويناسب الحوار السقراطي بوجه خاص المواضيع التي تدخل فيها العلاقات السببية، وإن لم يكن لها دور مباشر في الحال. ويوضح ذلك كولينز ⁽⁸⁾ Cellins، فهو يعطي 24 قاعدة إرشادية يبني عليها النقاش للوصول خلال عدة خطوات إلى الظروف التي تساعد على زراعة الأرز. وفيما يلي مثال لحوار افتراضي يمكن إجراؤه باستخدام البرنامج بين المدرس (م) والطالب (ط)، ونضع القاعدة المناسبة بين أقواس بعد كل سؤال).

م: أين ينمو الأرز في شمال أمريكا؟

(قاعدة 1: أسأل عن حالة معروفة)

ط: في لويزيانا

م: لماذا هناك)

(قاعدة 2: أسأل عن الأسباب)

ط: لأنه توجد مياه وفيرة هناك

م: هذا صحيح. ولكن هل تعتقد أن هناك أرزا مزروعا في ولايتي واشنطن وأوريغون مثلا؟

(قاعدة 6: أعط مثلا مناقضا لتوضيح العوامل الضرورية الأخرى).

ط: لا، لا أعتقد ذلك

م: لماذا لا تعتقد ذلك ؟

(قاعدة 2: أسأل عن الأسباب)

ط: هناك ماء وفير، ولكن يوجد سببان لعدم زراعة الأرض في هذه المنطقة: المناخ ليس صالحًا، ولا أعتقد أن الأرض مسطحة بدرجة كافية - يجب أن تكون الأرض مسطحة لتسنطها إغراقها بالماء، أو على الأقل يجب أن تمهدها.

م. إذن، ماذا عن اليابان؟

(قاعدة 8: استخدم مثلاً مضاداً لتبيّن أي العوامل غير ضرورية)

إلخ.....

ومن مبادئ كولينز التجريبية الآتي: «إذا شرح الطالب علاقة سلبية وضمنها أحد العوامل غير الضرورية، فابحث عن مثال مناقض يكون فيه لهذا العامل قيمة معاكسة، واسأله لماذا لا تقوم العلاقة في مثل هذه الحالة». وتكون قاعدة المعرفة لهذا البرنامج من علاقات من نوع «يتذكر الماء من سطح البحر، ثم ينتقل الهواء الرطب بفعل الرياح إلى اليابسة، حيث يبرد، وتسقط رطوبته في شكل أمطار أو ثلج». وما يميز مثل هذا البرنامج عن برامج التعليم التقليدية أن مثل هذه العبارة ليست جزءاً من نص سبق تسلجيلاً، ولكنها مستخلصة من التمثيل الدلالي الموجود في البرنامج.

ويعطي استخدام بيرتون Burton، وبراون Brown⁽¹²⁾ للعبة West المقتبسة من PLATO⁽¹³⁾ مثلاً تطبيقياً لنظرية «الأخطاء البناءة». وهذه اللعبة هي من اللعب التي تستخدم رقعة كرمع الشطرنج بها ثعابين وسلام حسب حيث يجب تجنب الوقوع في الكمائن واتخاذ أقصر الطرق للتقدم حول الدائرة، ويرمي كل لاعب بالزهر ثلاثة مرات ويجمع الأرقام بأي طريقة تحلو له مستخدماً العمليات الحسابية العادي ليقرر عدد الخطوات التي سيقدمها. وليس بالضرورة أن يكون العدد الأكبر هو الاختيار الصحيح، والمشكلة هي إيجاد العدد الأمثل في كل لعبة. وبالإضافة إلى أن البرنامج خبير في هذه اللعبة، فهو أيضاً ذو استراتيجية تعليمية هامة، فكلما اكتشف حركة غير موفقة من اللاعب، فإنه يعطي عدة دلائل تمكن اللاعب من التنبؤ إلى خطئه بالتدريج، ولهذا سميت بالأخطاء البناءة. ونظراً لكونها لعبة تعليمية، يتبنى المعلم مبدأ عدم التدخل إلا عندما يكون هناك فرق كبير بين حركة اللاعب والبرنامج.

وقد استحدثت كار Carr و Goldstein⁽¹⁴⁾، نظرية تنظر إلى نموذج الطالب

الداخلي كصورة مشوهة من مهارات ومعرفة الخبرير. فالتشويه يمكن أن ينجم عن استخدام القواعد الخاطئة. ويجب على البرنامج أن «يعرف» هذه القواعد الخاطئة، وأن يضعها موضع التطبيق في المسائل التي يعالجها، حتى إذا أعطت قاعدة منهم نفس الإجابة الخاطئة التي يعطيها الطالب، يكون الاستنتاج المعمول أن هذه القاعدة الخطأ تشكل جزءاً من نموذج فكر الطالب، وفي هذه الحالة يمكن تدريس الصيغة الصحيحة للقاعدة.

وما زالت هذه النظريات التعليمية بسيطة جداً، ولا تستطيع تناول جميع المواقف، إلا أنها تمثل مرحلة من مراحل تطور الاستراتيجيات غير المباشرة في التدريس بواسطة الحاسوب. ولاشك أن استغلال إمكانيات الحاسوب التفاعلية قد تم بشكل أفضل وأكبر من خلال هذه النظريات عن طريق التدريس التقليدية. ويجب على الباحثين في هذا المجال أن يكونوا واعين باستمرار للحاج الواضح بين المجال العلمي لموضوع الدرس وبين الاستراتيجيات للتدریس.

قيود على بناء نظم ذكيّة في البرامج التعليمية

إن المبدأ الذي تبني عليه هذا الجزء هو «ليس بالضرورة أن يكون الخبرير الممتاز مدرس ممتاز أيضاً». ويمكن أن نعبر عن ذلك بطريقة أخرى أنه قد يمكن لبرنامج ما أن يشرح كيفية حل مسألة معينة، ويعطي أسباب اختيار مجموعة من الافتراضات بدلاً من غيرها، ولكن لا يعني ذلك بالضرورة أنه يمكن أن يشرح لماذا سلك الطريق الذي سلكه في الحل. فالقدرة على شرح الاستراتيجيات المستخدمة في الحل تتطلب درجة أكثر من التفصيل في المعرفة ليست ضرورية لعملية الحل ذاتها (أي يمكن التوصل إلى الحل في غيابها). وتمثل عملية ترجمة compiling البرامج مثلاً واضحاً، لهذا فالبرنامج المترجم compiled program يكون من الصعب جداً قراءته على الرغم من أنه يكون على درجة عالية جداً من الكفاءة.

وهناك اتفاق عام على أن البناء التركيبي modular structure للتمثيل يجعل العمليات الاستدلالية للبرنامج أكثر وضوحاً، وأسهل تفسيراً. إلا أن كلاني W. clancey قد علق على ذلك قائلاً إن معظم البرامج تغفل الخطوات الوسطى في العمليات الاستدلالية، خاصة عندما تتعامل مع العلاقات

السببية، وبينما لا يقلل هذا من كفاءة عملية الاستدلال، بل على العكس قد يزيدها، إلا أنها تصبح عائقاً عندما يطلب من البرنامج أن يشرح كيفية توصله للنتائج التي انتهى إليها.

خاتمة

تفتح تقنية الذكاء الاصطناعي آفاقاً جديدة في البحث في طرق التعليم. وإذا كان لنا أن نفتئم هذه الفرصة، فلابد أن تتوافر النظم الخبيرة لأغراض التعليم، كما لابد وأن تبني بشكل جيد بحيث تستخدم بنجاح في البرامج التعليمية. والحاسب هو أداة جيدة وقوية لاختبار نظريات التعليم والتعلم، وخصوصاً لاختبار عمومية، وخصوصية هذه النظريات في المجالات المختلفة، وكذلك لاختبار فتايليتهم⁽¹⁶⁾. ويمكن للبرامج التي تستخدم هذه الطرق أن تفسر خطوات تفكيرها، بدلاً من مجرد عرض النص التعليمي على شاشة الحاسب معظم الوقت كما يحدث في برامج التعليم التقليدية.

المراجع

- (1) Papert S. (1970), Teaching Children Programming, IFIP Conference on Computer Education, New York, North Holland.
- (2) Papert S. (1980), Mindstorms, Children, Computers and Powerful Ideas, Basic Books, New York.
- (3) Carbonnel J. (1970), AI in CAI, an artificial approach to computer-assisted instruction, IEEE Transactions on man-machine systems, Vol. MMS-11, December.
- (4) Brown J. S., Burton R. (1975), Multiple representation of knowledge for tutorial reasoning, in Bobrow & Collins (eds.), Representation and Understanding, New York, Academic Press.
- (5) Brown J. S., Burton R. (1978), Diagnostic models for procedural bugs in basic mathematical skills, Cognitive Science 2, pp. 155- 192.
- (6) Carr B., Goldstein I. (1977), Overlays, a theory of modelling for CAI, MIT AI lab memo 406.
- (7) Clancey W. (1970), Tutoring rules for building a case method dialogue, International Journal of Man-Machine Studies, 11, pp. 25- 49.
- (8) Collins A. (1976), Process in acquiring knowledge, in Schooling and Acquisition of Knowledge, Anderson, Spiro, Monatgue (eds.), Hillsdale, NJ. Lawrence Erlbaum Assoc.
- (9) Bonnet A., Cordier M. O., Kayser D. (1981), An ICAL system for teaching derivatives in mathematics, Proc. of 3rd World Conference on computer Education (WCCE), Lausanne, 27- 31 July.
- (10) Barr A., Beard M., Atkinson R. C. (1975). A rationale and description of a CAI program to teach the BASIC programming language, Instructional Science, 4, pp. 1- 31.
- (11) Polya G. (1945) How to solve it, a new aspect of mathematical method, Princeton, Princeton University Press.
- (12) Burton R., Brown J. S. (1979), An investigation of computer coaching for informal learning activities, IJMMS 11, pp. 5- 24.
- (13) Duggdale S., Kibbey D. (1977), Elementary mathematics with PLATO, Urbana, University of Illinois.
- (14) Goldstein I., Papert S. (1977), Artificial intelligence, language and the study of knowledge, Cognitive Science, Vol. 1, 1.
- (15) Clancey W., Lestinger R. (1981), Neomycin: reconfiguring a rule-based expert system for application to teaching, IJCAI-81, pp. 829- 835, Vancouver.
- (16) Stevens A., Collins A., Goldin S. (1979), Misconceptions in students understanding, International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 11, pp. 145- 156.

البرامج القابلة للتعلم

مقدمة

إن القدرة على التعلم هي أحد المكونات الأساسية للذكاء، ونحن نتحدث هنا عن التعلم بمعناه العام أي بأنه يمثل الطريقة التي يزيد بها البشر والحيوانات والحواسيب مخزون المعرفة لديهم، ويطورون مهاراتهم وقدراتهم الفكرية.

وقد استمرت دراسة عملية التعلم منذ الأيام الأولى للذكاء الاصطناعي. فقد احتوى مثلاً برنامج CHECKERS^(١) لسامويل سجلات لعدد كبير من اللعب التي يستخدمها البرنامج ليحسن من طريقة لعبه، وذلك كما تعلم البرنامج الذي كتبه وترمان waterman^(٢) لعبه البوكر: وتوضح هذه الأمثلة أن برنامج الحاسب لا يستطيع التعلم بكفاءة ما لم يكن متاحاً لديه تمثيل صحيح للمعرفة ألغى بهدف لاكتسابها. وقد تناقصت الجهود البحثية في هذا المجال بعد فترة، ربما لتحول الاهتمام إلى مجالات أخرى مثل طرق تمثيل المعرفة. وقد عاد الاهتمام الآن إلى البحث في جعل البرامج قادرة على التعلم لأن برامج الحاسب الحالية قد ازداد حجمها وكفاءة أدائها لدرجة يستحيل معها إدخال التحسينات عليها يدوياً، وأصبحت الاستعانة بالحاسوب لهذا الغرض

أمرا ضروريا.

وقد كان التعلم يعتبر في الماضي مساوايا للتأقلم، ولهذا ينطوي على التقريب المستمر لقيم المعاملات parameters للظاهرة أو الفكرة المعينة تحت الدراسة. ويهدف هذا المنهج إلى تطوير برنامج تعليمي يصبح مع مرور الوقت أكثر ثباتا، وأكثر كفاءة؟ وهو قريب مما يتبع في مضاهاة وتصنيف التشكيلات-⁽³⁾ pattern classification and recognition. وقد كان النوع الأول من برامج تعلم الحاسوب عدديا بطبيعته، واعتمد دائما على استخراج، من الأمثلة المعطاة، وظيفة متعددة الحدود polynomial function. وتعتبر آلة التمييز الصناعي perceptron لروزينبلات Rosenblatt ⁽⁴⁾ مثلاً جيداً لذلك. إلا أنه سرعان ما اتضحت قصور هذا النهج كما أوضح سيمون Simon ⁽⁵⁾، وكان الدرس الأساسي المستخلص من ذلك هو أن البرنامج الذي يبدأ بدون معرفة أولية لا يمكن أن يصل لمستوى أداء جيد.

وقد ابتعد مفهوم التعلم في الذكاء الاصطناعي عن هذا الاتجاه العددي في الستينيات، واتجه البحث نحو بناء بنية رمزية معتمدة على علاقات المفاهيم، ويعتبر برنامج ايام EPAM ⁽⁶⁾ لإدوارد فايجينباوم Edward Feigenbaum الذي استخدم شبكة تمييز discriminating network لدراسة العلاقات بين المقاطع في تجارب الحلم بالحفظ عن ظهر قلب-مثلاً على ذلك وكان منهج التقويم المتتابع للمعايير والمعاملات يعتبر الوسيلة الأخيرة التي يلجأ إليها لتعلم المستويات العليا من البنية الرمزية. إلا أنه لم يتوفّر في ذلك الوقت فهم كاف عن كيفية تمثيل المعرفة، الأمر الذي يساعد برامج التعلم الجيدة على التطور في اتجاه هذا الخط الجديد. ونتيجة لهذا تلاش الاهتمام بالموضوع في دوائر الذكاء الاصطناعي بعد المحاوّلات التجريبية الأولى. ويمكن تمييز أنواع مختلفة من التعلم كما يلي:

الحفظ الصم والقبول المباشر للمعلومات الجديدة

لا يتطلب البرنامج هنا أي قدرات استنتاجية، بل يسجل ببساطة الحقائق والأمثلة الجديدة دون تحويل أو تطبيق؛ وهذا هو الأسلوب المعتاد في البرمجة.

التعلم بتفقي الإرشادات.

البرامج القابلة للتعلم

يتلقى البرنامج مواد جديدة للمعرفة أو إرشادات في شكل يمكن أن يندمج في المعرفة المخزنة قبلاً في البرنامج لتحسين القدرة الاستدلالية للبرنامج.

التعليم بالتناظر .

يتلقى البرنامج حقائق جديدة مشابهة بدرجة كبيرة لبعض الحقائق الموجودة بالبرنامج من قبل، مما يؤدي إلى تمكن البرنامج من أن يوقف سلوكه في مواقف جديدة لها بعض الشبه بمواصفات تعامل معها البرنامج من قبل.

التعلم من الأمثلة .

يستطيع البرنامج القواعد العامة من الأمثلة المحددة المعطاة له. فلما نعلم البرنامج المعنى العام لماهية أن يكون شيء حساناً، نعطيه أمثلة لحيوانات من بينها خيول وأشياء أخرى، ونذكر للبرنامج أي منها الخيول، وعلى البرنامج أن يجد القواعد التي تمكنه من تمييز الخيول من غيرها. وليس من الضروري إعطاؤه أمثلة سلبية، إلا أن ذلك يسرع من عملية التعلم.

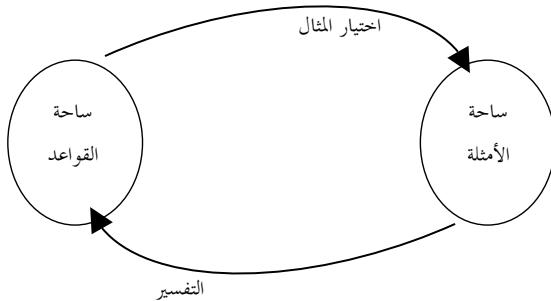
التعلم باللحظة والاكتشاف .

التعلم بهذه الطريقة تعلم ذاتي، غير خاضع للإشراف والتوجيه، ويطلب قدرة عالية على الاستنتاج، فيقوم البرنامج بتدقيق المعرفة الخاصة لديه في محاولة لاكتشاف الأنماط ليستخلص منها قوانين وحقائق جديدة. وسوف نعرض للطريقتين الأخيرتين فقط في هذا الفصل، ويمكن للقارئ الرجوع إلى ميخاليسيكي وكاربونيل وميشيل Michalski, Cubonell and Mitchell⁽⁷⁾ للحصول على معلومات عن كافة طرق التعلم المذكورة أعلاه.

نماذج عامة لبرامج التعلم

سنعرض من بين نماذج التعلم-العامة-نعرريخ الساحتين mod-two-space اصح الذي وضعه سايمون ولبي Simon and Lea⁽⁸⁾. وكما يتضح من شكل 19-

ا يتكون هذا النموذج من ساحة للأمثلة وأخرى للقواعد، ومن الملائم استخدام التعبير «قواعد» هنا رغم أنه قد تتخذ الأفكار التي يمكن استنتاجها من الأمثلة شكلاً يختلف عن القواعد المألوفة، فقد تمثل مفهوماً معيناً أو خواص تميز كيان ما.



شكل 19-1 نموذج الساحتين للتعلم من الأمثلة

ومن الأمثلة آلية سيسخدمها كثيراً فيما يلي ذلك الخاص بتعلم مفهوم «الفلوش» flush في لعبة البوكر، والذي يعني أي خمس أوراق من نفس واحد في يد اللاعب.

فمن خلال عدة أمثلة يتعين على البرنامج أن يكتشف أن رتب الأوراق لا تهم، كما أن النقشة نفسها لا تدخل في الاعتبار، فسواء كانت الأوراق من نقشة البستوني spades أو القلوب hearts لا يهم، ولكن الصفة الضرورية هي أن تكون الأوراق الخمسة من نقشة واحدة.

ساحة الأمثلة .The example space

إن من أهم أسس التعلم الناجح استخدام الأمثلة الجيدة الخالية من الأخطاء. ويجب اختيار هذه الأمثلة بحيثتمكن البرنامج من التمييز بين القمح والبن، أي أن يستطيع البرنامج أن يجد العوامل المميزة للمفاهيم التي عليه أن يتعلمها. ورغم أن برنامج التعلم الجيد يجب أن ينجح رغم وجود بعض الأخطاء في الأمثلة المعطاة، إلا أن التقنية المتاحة آلان ليست على درجة من الرقي بحيث تسمح بالتوصل إلى هذا المستوى. وبالنسبة لمعايير التمييز، فإنه ليس من الحكمة استخدام ورقة آس ace مثلاً في كل

مثال للفلوش flush لبرنامج مهمته أن يستنتاج مفهوم الفلوس فإنه قد يلاحظ هذا الاطراد ويتوصل لو كان ماهراً إلى الاستنتاج الخاطئ بأن وجود ورقة الآس ضروري للفلوش.

وهناك متطلب آخر وهو أن الأمثلة يجب أن توضح بترتيب صحيح، فالمدرس الجيد يعطي أمثلة بترتيب يتدرج من السهولة إلى الصعوبة.

ساحة القواعد .The rule space

يعتبر استخلاص المبادئ والقوانين العامة عملية جوهرية في التعلم من الأمثلة. ويكون وصف (أ) أكثر عمومية من وصف آخر (ب) مثلاً، إذا كان (أ) سارياً في جميع المواقف التي يكون فيها (ب) سارياً، بالإضافة إلى مواقف أخرى. فالعميم التالي مثلاً:

1- جميع طلبة قسم الكيمياء لديهم دراجات.
يتضمن في

2- جميع طلبة كلية العلوم لديهم دراجات.
أو في

(2)، جمع الطلبة لديهم دراجات.

قاعدة (2)، يمكن استنتاجها بعد إعطاء أمثلة أخرى، مثلاً

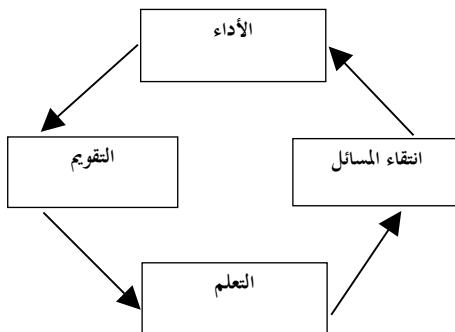
(1)، جميع طلبة قسم الفيزياء لديهم دراجات.

(1)، جميع طلبة الجامعة لديهم دراجات.

وهنا يتضح أنه لم يعد هناك حاجة للجزء الوصفي الذي يحدد الجماعة الجزئية من طلاب الجامعة (طلاب الكيمياء، طلاب العلوم.. الخ) ولهذا يمكن تجاهله.

ويمكن طبعاً أن يكون العميم خطأ، وبالإضافة إلى ذلك فإن هذه صورة مبسطة جداً للتعلم، فنحن قادرون على ممارسة صور أكثر تعقيداً من ذلك بكثير، لأنها لا تساعدنا في استنباط القواعد والقوانين الجديدة فحسب، بل تغير من البنية التي تمثل بها معرفتنا.

وهناك مخطط آخر للتعلم قدمه سميث Smith⁽⁹⁾ وهو يعبر عن الناحية الوظيفية، وموضح بشكل 2-19، وقد استخدمه برنامج LEX لميشيل⁽¹⁰⁾، وبتألف هذا البرنامج من أربعة مكونات: الانتقاء (للمسائل والأمثلة)، الأداء،



شكل 19 - 2 بناء التعلم في LEX (10)

التقويم، والتعلم.

الأداء هو البرنامج الذي نهدف لتحسين أدائه، ويمكن أن يكون برنامجاً للعب إحدى اللعب، أو لتشخيص موقف ما، أو لوضع خطط عمل مهمة ما ذات هدف محدد. والافتراض الأولي أن أداء ليس جيداً، ويحتاج إلى تحسين. التقويم هو المكون الذي يقارن الأداء الفعلي بمستوى الأداء المتوقع، وتعتمد نوعية التعلم طبعاً على دقة هذه المقارنة، وعلى ما إذا كان تم تحديد الأداء المتوقع بدقة ووضوح. ويعتمد التقويم في برنامج للتشخيص الطبي لمرض ما مثلاً على ملاحظات عن فعالية العلاج وتقدم الحالة المرضية الحالات عديدة من المرضى الذين قد عولجوا من هذا المرض.

التعلم هو المكون الذي يستخدم نتائج المقارنة التي قام بها مكون التقويم لتحديد أي مكونات الأداء مسؤولة عن النتائج غير المرضية، ولذلك تحتاج إلى تغيير، ويمكن أن تكون هذه من قاعدة المعرفة أو من مجموعة آليات الاستدلال المنطقي. ومن الطبيعي أن ينتج عن تحسين الأداء في جزء ما من البرنامج أثر في تدهور أداء جزء آخر، ولهذا يتبعن مكون التعلم الجيد أن يستعرض في فترات مختلفة التعديلات التي أدخلها ليتأكد أن الأداء العام للبرنامج ككل يتجه إلى الأفضل.

الانتقاء عادة ما يتم خارج البرنامج، فاختيار الأمثلة يتم يدوياً ثم تدخل إلى البرنامج بترتيب معين لتحقيق النتائج المنشآت للتعلم، ولكن يمكن تصور

صيغة تسمح للبرنامج نفسه أن يقرر الترتيب الذي تعرض فيه الأمثلة لتحقيق الأداء المنشود. وسنتناول الآن قواعد التعميم الشائعة الاستخدام.

القواعد العامة للاستقراء

سنستخدم « \wedge » للتعبير عن العلاقة المنطقية للوصل conjunction و « \Rightarrow »: لعلاقة التضمين للدلالة على العلاقة بين وصف المفهوم واسمها، وبذلك \Rightarrow : ب تعني أم ب هو اسم المفهوم الذي تصفه أ. استبدال الثوابت بالمتغير. توضح القاعدة الأولى تحقيق هدف تعريف مفهوم الفلوش في لعبة البوكر. إذا اعتبرنا 1-5 ترمز لخمس أوراق، وعرفنا النقشة والرتبة كمحمولين في الصياغة التالية:

نقشة (و، ب) تعني أن الورقة وأنهي بستوني (نفس الشيء بالنسبة للقلوب Hearts والماسة Diamond والأسپاتي Clubs). رتبه (و، 5) تعني أن الورقة وأنهي خمسة وكذلك (2-10 ولد، شايب، بنت، آس).

وبإعطاء المثالين الآتيين:

مثال 1 : نقشة(و، ب) & نقشة(و، 2، ب) & نقشة(و، 3، ب) & نقشة(و، 4، ب) & نقشة(و، 5، ب)

:: > فلوش (و، 1، و، 2، و، 3، و، 4، و، 5)

مثال 2 : نقشة (و، 1، س) & نقشة (و، 2، س) & نقشة (و، 3، س) & نقشة (و، 4، س) & نقشة(و، 5، س)

:: > فلوش (و، 1، و، 2، و، 3، و، 4، و، 5)

يمكن للبرنامج أن يستنتج القاعدة التالية:

قاعدة 1 : نقشة(و، 1، x) & نقشة(و، 2، x) & نقشة(و، 3، x) نقشة (و، 4، x) & نقشة(و، 5، x)

:: > فلوش (و، 1، و، 2، و، 3، و، 4، و، 5)

باستبدال الثوابت ب وس بالمتغير x.

التغاضي عن الشروط.

من الطرق الأخرى للاستقراء التغاضي عن أحد الشروط المضمنة في

القاعدة؛ وبذلك تصبح القاعدة الجديدة أكثر عمومية من القاعدة الأصلية لاتساع مجال تطبيقها . ويمكن اتباع هذه الاستراتيجية في المثال التالي بتجاهل كل الشروط الخاصة بترتيب أوراق اللعب . وباستخدام قاعدة استبدال الثوابت بالمتغير أيضا يمكن أن نحصل على الآتي:

مثال-3: نقشة (وأ واؤ ب) & رتبة (وا، 2)

نقشة(و 2، ب)& رتبة(و 5، 2)

نقشة(و 3، ب)& رتبة(و 7، 3)

نقشة(و 4، ب)& رتبة(و 8، 4)

نقشة (و5، ب) & رتبة (وه أه شايب)

:: فلوش (وا، و2، و3، و4، و5)

والتي يمكن أن تعمم لقاعدة-1 أيضا.

التعيم عن طريق الفصل disjunction

والطريقة الثالثة هي إضافة اختيارات إلى القاعدة باستخدام أداة الفصل المنطقية «أو» آو والتي مثل الطريقة السابقة تجعل القاعدة أكثر عمومية . افرض أننا نريد تعليم فكرة HONOR في لعبة البريدج، بإعطاء الأمثلة التالية:

مثال-4: رتبة (x، 10) : < : (x) HONOR

مثال-5: رتبة (x، ولد) : < : (x) HONOR

مثال-6: رتبة(x، بن) : < :

(x) HONOR

مثال-7: رتبة (x، شايب) : < :

(x) HONOR

مثال-8: رتبة (x، آس) :

يعطي التعيم باستخدام الفصل المنطقي القاعدة التالية:

قاعدة 2. رتبة (x، 10) أو رتبة (x، ولد) أو رتبة (x، بنت) أو رتبة (x،

شايب) أو رتبة (x، آس).

(x) (HONOR)

وهذا التعيم في الواقع أقل مجازفة من التعيمات السابقة.

التعيم الكمي:

لنفترض أن لدينا فردين من مجموعة أفراد نقوم بدراستها، ووجدنا

أنهما يشتراكان بخاصية ما بدرجات متفاوتة نرمز لهما بـ α ، β ، فيكون افتراض وجود هذه الخاصية في جميع أفراد المجموعة بدرجات تتراوح بين α و β تعميم منطقي. ومن الواضح أن احتمال الخطأ يتضائل كلما زادت الأمثلة.

التعيم يتبع مسار الشجرة.

تحدد الشجرة في 19-3 هيئة الأشكال المسطحة، فإذا أعطينا المعلومات التالية:

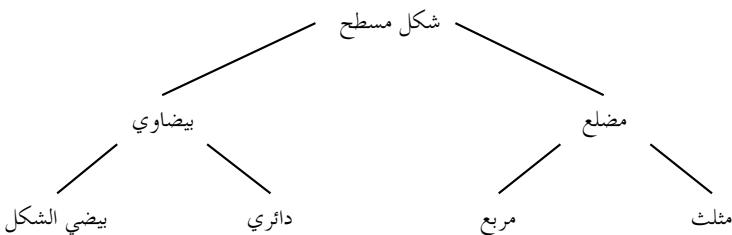
شكل (x) ، مستطيل (x) : \rightarrow أزرق (x)

شكل (x) ، مثلث (x) : \rightarrow أزرق (x)

فبتتبع مسارات الشجرة نتوصل إلى التعيم التالي:

شكل (x) ، مplus (x) : \rightarrow أزرق (x)

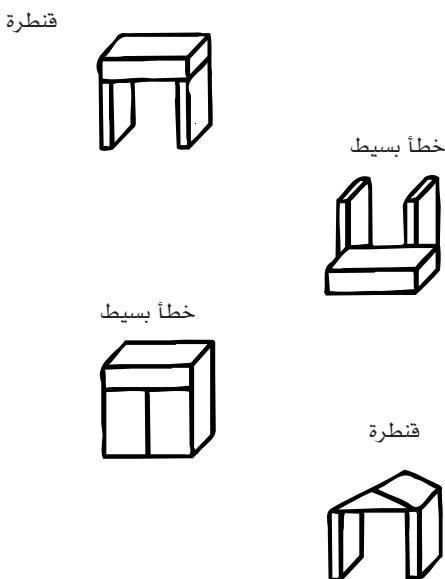
بمعنى أنه إذا عرفنا أن جميع أفراد مجموعة x الذين على شكل مثلث أو مستطيل ذوو لون أزرق. فإننا نستنتج أن كل الأشكال المضلعة من مجموعة x ذوو لون أزرق.



برنامجه وينستون

من أمثلة برامج التعلم المعروفة ذلك البرنامج الذي كتبه باتريك وينستون⁽¹¹⁾ بعهد ماسوشويتس للتكنولوجيا حيث يقوم البرنامج بتعليم مفهوم القنطرة ويوضح شكل 4-19 كيف يمكن أن تقود الأمثلة المتدرجة بعنابة عملية التعلم. فتعطى الصورة الأولى المثال الصحيح للمفهوم المراد تعلمه، بينما تعطى الصورة الثانية مثلاً للخطأ القريب miss، هي فكرة هامة لفينستون لتبين خطأ في شرط واحد فقط من الشروط الأساسية للمفهوم،

وفي هذا المثال هو شرط أنه يجب أن تكون هناك كتلة أفقية ترتكز على الكتلتين الرأسيتين، والخطأ القريب في الصورة الثالثة هو أن الكتلتين الرأسيتين قد لامس كل منهما الآخر، وأخيراً تبين الصورة الرابعة أن المكون الأفقي لا يتحتم أن يكون مستطيلاً، بل يمكن أن يكون في شكل منشور. ويعرف البرنامج كيف ينفع مفهومه الأولى لما يجب أن يجب أن تكون عليه القنطرة وذلك بالاستبعاد التدريجي للملامح غير الأساسية في التعريف.



شكل 19-4 تعلم مفهوم «القنطرة».

تعلم التراكيب المجردة Learning abstract structures

يهدف برنامج ديتريش وميكاليسكي Dietrich and Michalski المعروف باسم INDUCE⁽¹²⁾ لوصف المواقف والمفاهيم التي تميز بأن لها بنية داخلية. ففي بعض الأشكال تدخل المكونات المختلفة في علاقات فيما بينها يمكن أن توصف بكلمتى أعلى أو أسفل، وعلى البرنامج أن يجد أكثر الأوصاف تحديداً والتي يمكن أن تصلح كتعوييم للأمثال التالية:

مثال-ا: O كبير(u)& دائمي(u)
 كبير(v)& دائمي(v) & O
 أعلى(v,u) &

مثال-2: $\exists O \forall (w, x, y) : صغير(w) \& دائری(w)$

- (x) & $كبير(x) \& مربع(x)$ □
- (y) & $كبير(y) \& مربع(y)$ □
- (x, w) & $أعلى(x) \& أعلى(w)$ □

الرمز E معناه «يوجد».

ويولد البرنامج التراكيب التالية:

مثال:-، ا: $E(u, v)$: أعلى (u, v)

كمثال، 2: $E(w, x, y)$. أعلى (u, v) & أعلى (y, x)

ومنه نستنتج الشرط التالي شرط ت أعلى (٧)، الذي يمثل أكثر التعميمات تحديدا بينما لا يتافق مع الأمثلة المعطاة.

ويمكن أن يكون التمثيل بواسطة متجه تركيبی > حجم syntactic vector:

$\langle v \rangle$, شكل (u) , حجم (v)

والتي يمكن في ضوئها إعادة كتابة الأمثلة أعلاه بالشكل التالي:

مثال-، ۱: (کبیر، دائئری، کبیر، دائئری)

مثال-، 2: (صفير، دائري، كبير، مربع)

مثال-,,2: (كبير، مربع، كبير، مربع)

بمقدار مثال ، ١ ومثال ، ٢ بمثالي ، ١ و ، ٢ يجد البرنامج المخصص

لإيجاد التعميم الأدنى الوصف التالي:

(*، دائري، كبير،*) و (كبير، *، كبير، *)

حيث «*» تعني أن الصفة المقابلة لها غير مهمة.

وباستخدام العلاقة البنوية نجد ما يلي:

شرط-1: $E(u, v) : \text{أعلى}(u, v) \& \text{دائرى}(u) \& \text{كبير}(v)$

شرط-2: $\exists (u, v) : \text{أعلى}(u, v) \& \text{كبير}(u) \& \text{كبير}(v)$

ويعني هذا بكلمات أخرى: يوجد شيء أعلى شيء ما كبير أعلى شيء ما كبير آخر ويوجد شيء دائري أعلى شيء كبير. ويمكن أن يعطي هذا إجابة جيدة لسؤال وضع كاختبار للملاحظة.

وهناك أعمال أخرى مشابهة قام بوصفها كودراتوف kodratoff⁽¹³⁾.

برنام AQ 11

نصف في هذا الجزء منهجا بديلا للطرق التقليدية لتكوين القواعد الإنتاجية بإجراء حوار مع الخبرير البشري المتخصص في المجال. فعلى الرغم من اتخاذ الخبرير البشري قرارات صحيحة في معظم الحالات، إلا أنه عادة ما يجد صعوبة في شرح الكيفية التي توصل بها لاتخاذ هذه القرارات، وكثيراً ما ينسى ذكر معايير معينة (التي أخذها في الاعتبار دون أن يعي)، كما أنه لا يعطي تقويمًا دقيقًا لمدى قوة النتائج التي توصل إليها. ويمثل المنهج الجديد الذي نظره هنا في وضع المعلومات المتضمنة في الأمثلة المعروفة في شكل يمكن برامج التعلم من استخدامها. وأبسط طريقة لتحقيق ذلك هي صياغة الأمثلة بنفس الصورة التركيبية لقواعد التي سوف تكتشف.

وقد استحدث برنامج AQ11 بواسطة ريزارد ميكاليسكي RysZard Mi-chalski⁽¹⁴⁾ بجامعةلينوي، وقد استخدم لتطوير قواعد تشخيص الأمراض التي تصيب نبات الصويا⁽¹⁵⁾. وتحتوي الأمثلة المعروفة على وصف 630 مرضًا من أمراض النباتات، يعبر عنها كمجموعات زوجية من المعايير لم القيم/puameter value pairs والتشخيص المعروف، ويبلغ عدد الشخصيات المحتملة خمسة عشر وهناك 35 من المعايير التي يمكن لكل منها أن يتخد قيمة تتراوح بين 2,7 وكان عدد الأعراض الممكنة حوالي عشرة⁽¹⁵⁾.

وهذا هو مثال لقاعدة أعطاهما الخبرير البشري:
إذا كانت أوراق النبات عادية & والساقي غير عادية
& وعنق النبات به آفة
& والساقي بها آفة، ولونهابني

إذن يكون جذر النبات قد تعفن لإصابته بفطر الأرومة وتحول خوارزمية البرنامج مشكلة اكتشاف القواعد التي تميز الحالات إلى مسألة تعلم سلسلة من المفاهيم. وهي في أول الأمر تنظر في جميع الأمثلة المؤيدة لتشخيص معين، ثم تضع وصفاً عاماً بدرجة كافية بحيث يتفق مع جميع الأمثلة دون استثناء. وتقوم بعد ذلك بتحديد هذا الوصف حتى يستبعد جميع الأمثلة

المعاكسة (أي جميع الأمثلة المؤيدة للتشخيصات الأخرى)، وهكذا تكرر العملية لكل تشخيص. ويختار البرنامج الأمثلة التي تختلف فيما بينها كثيراً داخل إطار العينة، لأنها أكثرها أهمية. وقد اختار البرنامج في حالتنا هذه عينة تضم 290 نبات لعملية التعلم، تاركاً باقي النباتات وبلغ عددها 340 لاستخدامهم في اختبار صحة القواعد المستمرة من العينة (295 نبات).

وتؤدي عملية التعلم هذه إلى بناء برنامج خبير؛ فلنسميه PL، ولنسمي البرنامج المماثل الذي يتبع الطريقة التقليدية في الحوار مع الخبرير البشري PD. وفي حالة برنامج AQII اقترح الخبرير البشري بعض الأوصاف التي طلبت تفاصيل أكثر من تلك التي تطلبها صيغة AQ11، مثل بعض القواعد التي تلعب فيها بعض الصفات دوراً أساسياً، بينما تستخدم صفات أخرى لمجرد التأكيد. ورغم هذه المرونة الكبيرة، فقد وجد أن PD أقل كفاءة من PL، فقد كان يعطي PL التشخيص الصحيح في 6, 97٪ من حالات الاختبار مقابل 8, 71٪ لبرنامج PD. وعلاوة على ذلك أعطى PL 100٪ من الحالات التي قدم فيها قائمة قصيرة من التشخيصات المحتملة والتي كان من بينها التشخيص الصحيح مقابل 9, 96٪ لبرنامج PD، في الوقت الذي كانت قائمة PL أقصر، وبالتالي يمكن استخدامه لأن نسبة الخطأ فيها أقل.

وليس لنا الحق في اعتبار نتائج هذه التجربة كبرهان على أن الأنظمة الخبريرة التي تبني بطريقة التعلم هذه تتفوق بانتظام على تلك التي تبني بإجراء الحوار مع الخبرير البشري. فقد كان هناك تطابق في البرنامج الذي نقاشناه بين الأعراض والتشخيص. وستعمل برامج التعلم بكفاءة أقل في الأحيان التي تتطلب استخدام نتائج وسيطة intermediate conclusions أو الاستراتيجيات التي تعتمد على النتائج. كما أن الصور التركيبية التي يولدها البرنامج محدودة المجال، بينما يستخدم الخبرير البشري صوراً أخرى للاستدلال بالإضافة إلى القواعد الإنتاجية، بل يستخدم عدة أشكال في استخدامه للقواعد الإنتاجية؟ بعضها يؤدي إلى التشخيصات المحتملة، وبعضها يساعد في التأكد من التشخيص الصحيح. ومن الصعب تحقيق هذا التمييز بواسطة برنامج التعلم.

وقد حملت بعض القواعد التي يولدها PL بصورة منطقية أكثر من اللازم، ويمكن تبسيطها، إلا إذا كان البرنامج ليس لديه المعرفة البديهية التي تمكّنه من

تبسيطها. ومع هذا، فإن الإنجاز مدهش، ويمكن استخدام التقنية في مجالات أخرى مشابهة. وقد استحسن الخبراء معظم قواعد البرنامج. وبشكل عام يبدو أنه يجب النظر إلى طرق التعلم كأداة تعاون الخبير في وضع قواعده، وكطريقة جديدة للتعاون بين عالم المعلومات والخبير البشري في المجال.

برنامجه AM

كتب هذا البرنامج دوجلاس لينات Douglas Lenat⁽¹⁶⁾ بجامعة ستانفورد، وهو نموذج مدهش لبرنامج قادر على توليد المفاهيم باستخدام الحجة المعرفية المماثلة لتلك المستخدمة في برامج التعلم. وليس AM برنامجاً للتعلم بالمعنى السابق تعريفه لأنّه لا يستخدم المعرفة الجديدة لتحسين أدائه، ولكنه يعدل أنشطته في ضوء اكتشافاته. وقد أضفناه هنا لتوافر جميع إمكانات برامج التعلم فيه.

ويبدأ برنامج AM بقاعدة معرفة تتضمن 115 من مفاهيم نظرية المجموعات في شكل كيانات هيكلية stuctured objects (انظر الفصل الثالث عشر)، بالإضافة إلى عدد من الحجج المعرفية في شكل قواعد إنتاجية، والتي بتطبيقاتها على الكيانات الأولية يمكن أن تولد أخرى جديدة.

الكيانات في AM

يتميز كل كيان بمجموعة قياسية standud من الخصائص ؟ وهي التعريف، الأمثلة والأمثلة المعاكسة، العموميات، والخصوصيات. وهناك أيضا قيمة، وهي رقم يرمز لدرجة الأهمية للمفهوم.

انظر المثال التالي لكيان «الأعداد الأولية» prime numbers:

الاسم: الأعداد الأولية

التعريف:

الأصل: عدد من القواسم $2=(x)$ divisors

حساب المحمول: أولي (x) $y = x \neq y <= (x \mid y) \Rightarrow (y \nmid x)$ أو $x = 1$

أمثلة: $2, 3, 5, 7, 11, 13, 23$

العموميات: أعداد صحيحة

أعداد صحيحة لها رقم زوجي من القواسم
الخصوصيات: أعداد صحيحة زوجية

أعداد صحيحة فردية
أزواج من الأعداد الصحيحة
القيمة: 800 (انظر حم 2 أدناه)

ويستخدم برنامج AM الأربع قواعد من الحجج المعرفية (حم) التالية
كثيرا، وهي تساعدنا على أن نرى بالضبط كيف يسير البرنامج لإيجاد
مفاهيم جديدة.

حم-1: إذا كانت الخصوصيات لمفهوم (م) ما قد تم توليدها، وإذا كانت
المهمة الحالية هي إيجاد أمثلة لكل من هذه الخصوصيات.
إذن قد تكون الأمثلة المعروفة للمفهوم (م) هي أيضاً أمثلة لبعض المفاهيم
الخصوصية الجديدة.

حم-2: إذا وجد أن جمع الأمثلة للمفهوم (م) هي أمثلة لمفهوم آخر (أ)،
وإذا لم يكن معروفاً بعد أن (م) هو تخصص (أ).
إذن افترض أن (م) هو تخصص (أ)، وقم بزيادة قيمة المفهومين.
حم-3. إذا انضوت جميع الأمثلة لمفهوم ما في مجال وظيفة function
نادرة الاستخدام.

إذن احسب صورة هذه العناصر تحت هذه الوظيفة وادرس المجموعة
الناتجة كمفهوم مستقل.

حم-4: إذا وجد أن المفهوم ما أمثلة قليلة جدا.
إذن حاول أن تجد السبب، واعتبر أن المفهوم قليل الأهمية.
وإذا قمنا بتطبيق الحجة المعرفية حم-1 على الأرقام من 1- 1000 وعلى
مفهوم عدد القواسم المحدد، تكون النتيجة كما يلي:
قاسم صفر = أعداد بصفر من القواسم: لا أحد
قاسم 1- أعداد بمقاسم واحد: 1

قاسم 2 = أعداد بعدد 2 من القواسم 13, 11, 7, 5, 3, 2, ...
قاسم 3 = أعداد لها 3 قواسم: 9, 4, ..., 169, 121, 49, 25, ...
وطبقاً لحم 4 فإن المجموعات الصغيرة جداً ليس لها أهمية، وعلى هذا
قاسم صفر وقاسم 1 يمكن أن يستبعداً. ولا تطبق أي حم على قاسم 2.

ولكن قاسم 3 لها جذور تامة، وحم 3 تومي بالنظر في جذورهم التربيعية، والتي هي مجموعة قاسم 2: الأعداد الأولية. وطبقاً لحم 2 يجب زيادة قيمة كل منهما.

وهكذا يولد AM مفاهيم جديدة بتطبيق الحجج المعرفية على المفاهيم الموجودة، ولكنه لا يستطيع بالطبع أن يخلق حججاً معرفية جديدة، الأمر الذي يعتبر نقصاً خطيراً من وجهة نظر برامج التعلم. فالتعليم يتطلب مستوى أعلى من المستوى الإجرائي، وتتطلب القدرة على اكتشاف الحجج المعرفية الجديدة وجود «ميتا حجج معرفية» على دورها تتطلب «ميتا ميتا حجج معرفية».. وهكذا.

برنامج 3 - BACON

يهدف برنامج 3 - BACON إلى (إعادة) اكتشاف القوانين الأمريكية، وعلى الأخص قوانين الطبيعة مثل قوانين الغاز التام perfect gas laws، قانون كولومب coulomb's law ص وقانون أوم Ohm's law وقانون جاليليو، باستخدام الحجج المعرفية لاكتشاف الأساق والانتظام في البيانات المعطاة له، وعلى ضوء ذلك يكون الافتراضات التي يسعى لاختبار صحتها بعد ذلك. ومن الحجج المعرفية المفيدة في اكتشاف العلاقات بين متغيرين عددين التالي:

إذا ازدادت قيمة متغير ما M_1 كلما ازدادت قيمة متغير آخر M_2 .
إذن افترض علاقة اطرادية متزايدة بين M_1 و M_2 حسب درجة الميل.
وبإعطاء البرنامج البيانات في جدول 19-5، يكتشف البرنامج قانون الغاز

$PV=nRT$

يتوصل البرنامج إلى ذلك على مراحل. أولاً يكتشف أن P (الضغط) يزداد كلما ازداد V (الحجم) مما يجعله ينظر في حاصل ضرب الضغط في الحجم PV ؛ إلا أنه يجد أن هذا ليس ثابتاً. ولكنه يحتفظ بنفس القيمة عندما تبقى T (درجة الحرارة) ثابتة. وحيث أنه وجد أن PV تزداد كلما ازدادت الحرارة، ينظر البرنامج في احتمال PV/T ، والتي تظهر قيمتها في جدول 19-6. واللحظة الثانية هي أن هذه الكمية الأخيرة تزداد مع أعداد جزيئات n ، الغاز، مما يدعو للنظر في حاصل قسمة جديدة PV/nT .

البرامج القابلة للتعلم

ويتضح أنها كما هو واضح من جدول 19-7 ثابتة. وأثناء عمل البرنامج يقوم بالنظر في احتمالات أخرى إلا أنه يجد أنها لا تؤدي إلى نتائج هامة.

Moles	Temperature	Pressure	Volume	PV
1	300	300 000	0.008 320 0	2 496.0
1	300	400 000	0.006 240 0	2 496.0
1	300	500 000	0.004 992 0	2 496.0
1	310	300 000	0.008 597 3	2 579.2
1	310	400 000	0.006 448 0	2 579.2
1	310	500 000	0.005 158 4	2 579.2
1	320	300 000	0.008 874 7	2 662.4
1	320	400 000	0.006 656 0	2 662.4
1	320	500 000	0.005 324 8	2 662.4

جدول 19-5 بيانات متوافقة مع قوانين الغاز الثامن

Moles	Temperature	PV	PV/T
1	300	2.496 0	8.32
1	310	2 579.2	8.32
1	320	2 662.4	8.32
2	300	4 992.0	16.64
2	310	5 158.4	16.64
2	320	5 324.8	16.64
3	300	7 488.0	24.96
3	310	7 737.6	24.96
3	320	7 987.2	24.96

جدول 19-6 القيم الناتجة من جدول 19-5 بعد اعتبار أن PV/T يمكن أن تكون كمية مهمة

Moles	PV/T	PV/NT
1	8.32	8.32
2	16.64	8.32
3	24.96	8.32

جدول 19-7 القيم الناتجة من جدول 19-6 بعد اعتبار أن PV/NT

(حيث N عدد moles في الغاز) يمكن أن تكون كمية مهمة

الخاتمة

ما زالت طرق التعلم المستخدمة حتى الآن متخصصة جدا، لأنها إما

مقصورة على مجالات ضيقة، أو لأنها تعتمد على بنية معرفية محددة بأنماط تركيبية جامدة؛ بينما في المقابل تختلف طرق وأساليب التعلم الإنسانية باختلاف الموضوع، ويمكن أن تعمل في ميادين مختلفة تماماً. وقليل جداً من البرامج الموجودة لها قدرات تعليمية حقيقية، فلا تزداد المعرفة المخزنة بها إلا بعد التدخل البشري أثر تقويم أدائها. وسيصبح ذلك أكثر صعوبة في المستقبل، عند تطوير برامج بها ملايين عديدة من القواعد. إن برامج التعلم أمامها في الواقع مستقبل عظيم.

المراجع

- (1) Samuel A. U. (1963), Some studies in machine learning using the game of checkers,in Computers and thought, Feigenbaum and Feld man (eds.), New York, McGrow-Hill, pp. 7 1- 105.
- (2) Waterman D. A. (1970), Generalization learning techniques for au to mating the learning of heuristics,Journal of Artificial Intelligence 1,pp. 121- 170.
- (3) Selfridge O. G., Neisser U. (1963), Pattern recognition by ma chine,in Computers and thought, Feigenbaum and Feldman (eds.), New York, McGrow-Hill, pp. 237- 256.
- (4) Rosenblatt, F. (1958), The perceptron: a theory of statistical sep arability in cognitive systemsTechnical Report VG-1 196- G-2, Cornell aeronautical lab.
- (5) Simon H. (1983), Why should machines learn,in Machine learn ing, an artificial intelligence approach, Michalski, Carbonell (eds.), Palo Alto, California, Tioga Publishing Company.
- (6) Feigenbaum E.A. (1963), The simulation of verbal learning be haviour,in Computers and thought, Feigenbaum and Feldman (eds.), New York, McGrow-Hill,x pp. 228- 284.
- (7) Michalski R. S., Carbonell J. G., Mitchell T. M. (1983) eds., Ma chine learning, an artificial intelligence approach, Palo Alto, Cal ifornia, Tioga Publishing Company.
- (8) Smith H.A., Lea G. (1974), Problem solving and rule induction: a unified view, in L. Gregg (ed.), Knowledge and acquisition, Hillsdale, N.J. Lawrence Erlbaum.
- (9) Simon R.G., Mitchell T. M., Chestek R. A., Buchanan B. G. (1977), A model for learning systems Stanford Heuristic Pro gramming Project Memo HPP-77- 14.
- (10) Mitchell T.M. (1983), Learning and problem solving IJCAI-1983, pp. 1139_ 1151.
- (11) Winston P. H. (1975), Learning structural descriptions from ex amples, in The psychology of computer vision, P. Winston (ed. 0), New York, McGrow-Hill.
- (12) Dietrich T. G., Michalski R.S. (1981), Inductive learning of struc tural descriptions: Evaluation criteria and comparative review of se lected methods,Artificial intelligence 16, pp. 257- 294.
- (13) Kodratoff Y., Sallantin J. (1983) eds., Outils pour lappreissage, Publication du GR 22, Journees dOrsay, January 1983).
- (14) Michalski R.S., and Larson J.B. (1978) Selection of most repre sentative training examples and incremental generation of VU hu potheses: The underlying methodology and the description of pro grams ESEL and AQII, Rep. No. 867, Computer Science Department, University of Illinois, Urbana.
- (15) Michalski R. S., and Chilauski R. L. Learning by being told and learning from examples: An experimental comparison of the two methods of knowledge acquisition in the context of developing an ex pert system for soybean disease diagnostic,International Journal of Policy Analysis and Information System 4, pp. 125- 161.

- (16) Lenat D. B. (1977), The ubiquity of discovery, Artificial Intelligence, Vol. 9, 3.
- (17) Langley P. (1981), Data-driven discovery of physical laws, Cognitive Science 5, pp. 31- 54.

نهدف في هذا الفصل الأخير إلى إعطاء فكرة عما يمكن توقعه من تطبيقات ناجحة للذكاء الاصطناعي في المستقبل القريب، وعن الموضوعات التي من المحتمل أن تظل لسنوات عديدة قادمة مجالاً للبحث. وقد أظهرت محاولات التبؤ المماثلة في معظم الميادين إلى أخطاء فادحة في تقدير ما يمكن توقعه على المدى القصير، ولا شك أن محاولتنا هنا عرضة لنفس الخطأ، إلا أن النتائج تشير إلى اتفاق تقديراتنا بشكل عام مع التقديرات الأخيرة للباحثين الأميركيين⁽¹⁾ والأوروبيين^(3,2) في استجابتهم للإعلان عن المشروع الياباني لحواسيب الجيل الخامس. وقد تأكّدت تقديراتنا بالنسبة إلى موضوعين وضع عليهما التركيز الرئيسي في هذا الكتاب وهما معالجة اللغات الطبيعية والنظم الخبرية. وقد اصطدمت محاولة جعل الحاسوب يفهم فهما تماماً نصوصاً غير محدودة من اللغات الطبيعية بعقبات عنيفة في ظل الحالة الراهنة للتقنية في هذا المجال. ويضطر مصممو برامج معالجة اللغات الطبيعية اليوم إلى أن يقيموا برامجهم على افتراضات مبسطة وذلك لأن هذه البرامج لا تتصل بالعالم الحقيقي الخارجي.. فهـي

لا تستطيع أن ترى المتكلم أو أن تعرف ما يكفي عن البيئة الطبيعية بحيث تميز بين الأصوات اللغوية والضوضاء التي قد تصاحبها. وتشمل مثل هذه الافتراضات أن الكلام الذي يحلله البرنامج مكون من كلمات منفصلة (أي أن المتكلم يتوقف بعد كل كلمة قبل أن يقول الكلمة التالية)، وأن تكون التراكيب والمفردات محدودة، ويكون عدد المتكلمين محدوداً للغاية، وعادة ما يكون شخصاً واحداً.

وتقتصر البرامج التجارية الحالية على متحدث واحد ومئات قليلة من الكلمات، التي يجب إن تصاحبها وقفة قصيرة بعد كل واحدة، وهناك أيضاً برامج للتحكم في الإنسان الآلي عن طريق توجيه الأوامر المنطقية إليه. أما البرامج المتقدمة مثل برنامج شركة الآي بي والذى يستطيع فهم عدة آلاف من الكلمات، لا تستطيع العمل في المواقف العملية لأنها بطيئة جداً، فهي تعتمد على حساب احتمالات تتبع كلمات معينة بعد أخرى معينة، وهذه طريقة لا يستخدمها السامع البشري.

لذلك يبقى فهم الكلام خارج نطاق محدود جداً هدفاً بعيداً الأمد. وسيعتمد التقدم فيه على نتائج أبحاث فهم اللغة المكتوبة (أي اللغة التي أدخلت إلى الحاسوب عن طريق لوحة المفاتيح)، والتي قطعت شوطاً كبيراً لأنها لم تعان، كما يحدث في حالة الكلام، من فقدان المعلومات نتيجة للتفسير غير الكامل للرسالة اللغوية. ويستحيل عادة استرجاع المعلومات التي فقدت بهذه الطريقة، حتى بمساعدة المعرفة على المستوى الدلالي أو المقامي pragmatic. وسيعتمد التقدم على المدى القصير في هذا المجال على استخدام رفاقات Chips متخصصة ل القيام بمهام خاصة، وبها يمكن أن يستمر التحليل على مستويات مختلفة بشكل متوازن في آن واحد، متناولاً مثلاً اختيار الكلمات والتركيب وأوجه المعاني والمقام، ويساهم كل منها في برنامج لحل أي تضارب فيما بينها وللتوصيل إلى التفسير الأكثر احتمالاً.

وسيغمر الأسواق في السنوات القليلة القادمة العديد من البرامج لاستخراج المعلومات من قواعد البيانات بالردد على استفسارات باللغات الطبيعية، وسيستمر البحث بهدف بناء برامج أكثر ذكاءً وأكثر كفاءة في التعاون مع المستخدم، آخذة في الاعتبار القواعد العامة للحوار، ودواجه طبيعة المستخدم. وبهذا تستطيع الآلة أن تتواء طبيعة إجابتها وفقاً لما

تعرفه عن المستخدم. والأكثر من هذا، لن تقتصر الآلة على استخراج المعلومات من قاعدة المعرفة المخزنة بها حول موضوع الاستفسار، بل سيكون لها «الحصافة والبديهة» لتساعدها على التفكير العام جيداً، وبذلك تبني سلوكاً أكثر ذكاءً، ولكن سيكون ذلك على المدى البعيد جداً.

ومازال فهم وتوليد الوثائق في مراحله الأولى، وي يتطلب تمحيص وفحص الوثائق، بطبيعته، عدداً غير محدود من المفردات، ولا تستطيع الطرق الحالية أن تقنع أكثر من التعرف على الكلمات المفتاحية key words. ويجب أن تتمكن الآلة مع إحراز التقدم في فهم اللغات الطبيعية-من إحراز ما يود المستخدم معرفته بالضبط، وأن تجد المراجع المناسبة، بدلاً من إعطائه قائمة طويلة من الاحتمالات والتي عليه أن ينظر فيها ويختار ما يناسبه. ومن المحتمل أن يصبح الإنتاج الآلي أو شبه الآلي للوثائق المتخصصة جداً مثل كتيبات manuals لإصلاح والصيانة ممكناً في السنوات الخمس القادمة.

لقد أثبتت النظم الخبرية بالفعل نجاحها، على كل من المستوى التقني وكوعاء للمعرفة. وسنحل في المستقبل محل كثير من البرامج الإجرائية التقليدية التي أصبحت من الضخامة بحيث يستحيل تجديدها أو تطويرها. ومن المحتمل بناء كثير من النظم الصغيرة التي تحتوي على بعض مئات من القواعد المساعدة في بعض المسائل المتخصصة جداً والتي يوجد لها خبراء بشريون إلا أنهم غير متاحين بسهولة. وفي بعض الأحيان تكون الخبرة الحيوية لبعض الشركات والمؤسسات قاصرة على حفنة صغيرة من الخبراء البشريين، ويسبب وفاة أو رحيل أحدهم عن المؤسسة خسارة فادحة، وهنا يكون من الأهمية على المستوى الاقتصادي والعلمي حفظ مثل هذه الخبرة في شكل برامج متاحة بسهولة وعلى نطاق واسع. وبالإضافة إلى كونها تشكل درع الأمان للمؤسسة، فإنه يمكن دائماً تطويرها وتجديدها كلما استجد جديد وتوافرت معلومات جديدة في مجالها. ويمكن توقع تقدم في الميادين التالية: البنوك لتقدير المخاطرة ومسائل الإفلاس، الاستشارات الاستثمارية، التأمين لتقديم مجموعة الخبرات اللازمة لتقدير أقساط التأمين، المسائل الإدارية والقانونية، لتقديم المشورة والعون في أمور بيع العقارات والميراث. وسيختلف مستوى الخبرة باختلاف المستخدمين فقد

يكونوا من المحترفين الذين يفهمون المصطلحات الفنية أو من الجمهور العام الذين يستخدمون ببساطة حاسباتهم الشخصية من منازلهم. كما سيكون هناك برامج لمساعدة في حالة الكوارث الطبيعية كالفيضانات، وهبوط الأرض، وثورات البراكين، والزلزال والحرائق.. حيث يمكن للنظم الخبرية التحكم في الموقف وإبداء النصيحة بالتعاون فيما بينهم والعمل بشكل متواصل دون كلل لتنظيم إجراءات الإنقاذ.

وسيستمر البحث بهدف بناء برامج تحتوي على عشرات الآلاف من القواعد. وسيتطلب ذلك تطوير أساليب بناء جديدة و خاصة architecture, hardware أو البرامج software. وسيكون لهذه البرامج مستويات عديدة من المعرفة، حيث يمكن للمستويات العليا أن تستخدم المستويات الدنيا بذكاء، فإذا سئل برنامج عن رقم تليفون شخص ما متوفى. فإنه ليس من الضروري أن يبحث في قاعدة البيانات لديه لمعرفة ما إذا كان لديه الرقم.

وسترتبط نظم خبرية مختلفة تتعلق بنفس الموضوع بشبكة اتصال واسعة بحيث تسمح لأي منها بتحويل الاستفسار الموجه إليها إلى إحدى النظم الأخرى إذا اعتبرت الثانية أقدر على الإجابة على هذا السؤال بالذات، ويكون الأثر هكذا في الاستفسارات الطبية مثلاً، وبالنسبة للزراعة يمكن بناء برامج متخصصة على أساس إقليمي.

وستجعل النظم الخبرية نقل المعرفة بين الميادين المختلفة أكثر سهولة، كما تسهل عملية التحقق من مواد المعرفة وطرق الاستدلال التي يستخدمونها، كما تستخدم كأساس للنقاش بين الخبراء من نفس المجال أو من مجالات مختلفة الذين قد لا يتبعون نفس الطريق في حل المسائل. وتستطيع هذه النظم توضيح خطوات حل المسائل للطالب بدلاً من مجرد عرض النص على الشاشة كما هو متبع في برامج التعلم بمساعدة الحاسوب الحالية. وفي الحقيقة إذا لم نستخدم إمكانات الحاسب في الاستدلال والتفاعل، فإنه قد يكون من الأفضل لنا استخدام وسيلة التعلم التقليدية وهي الكتاب. وما تزال الطرق المستخدمة اليوم لتمثيل المعرفة مقصورة على أنواع معينة من المهام، وأكثر ما فهمنا من المشاكل هي تلك المتعلقة بالتشخيص الطبي، وتطوّي عادة على إيجاد افتراض (الذي يسمى تشخيص) بحيث

يفسر بطريقة منتظمة وثابتة مجموعة من البيانات. ولازال أمامنا شوط طويل قبل التوصل لحلول مرضية لسائل التكهنات prognosis أو بناء كيانات هيكلية معقدة، خاصة عندما لا يمكن التعبير عن المعايير المميزة بالأسلوب التقني مثل المعايير الجمالية أو الفنية، وفي بعض المسائل تعطى أنواع من المعلومات كالمتعلقة بالزمن والمكان بطريقة عشوائية ولا يمكن التعامل بها بسهولة. ويجب أن نمثل المعرفة المكانية في الآلة في حدود إمكاناتها الحالية- بصورة واضحة تعيّض الآلة عن إدراكها الفيزيقي بالمكان. ولا تتوقع أن نتمكن في السنوات الخمس القادمة من ربط إدراكنا السمعي أو المرئي بالنظم الخبيرة على مستوى عال.

وسيستمر الباحثون في تطوير أدوات بناء النظم الخبيرة وستساعد هذه في معالجة أنواع جديدة من المسائل، وعلى الاستفادة من معرفة ومعلومات في مجالات عديدة على أن تكون المعرفة في كل ميدان مصاغة بتركيب syntax مماثل، وأن تكون أهداف المعرفة واحدة.

وتؤدي العلاقة الرمزية مع أبحاث فهم اللغات الطبيعية إلى نظم سهلة الاستعمال ومتاحة لغير علماء المعلومات، وستسجّل برامج متخصصة للقيام بالمهام المتخصصة وهي استخلاص المعرفة الأساسية-من بين المواد المحيطة-ويستخدم هذه البرامج عالم المعرفة لتسهيل مهمتها لمساعدة الخبر البشري في استخراج كامل معرفته وخبرته وأن يبيّنها بالصورة التي تمكّن آليات الاستدلال من الاستفادة منها.

ويستمر علماء المعلومات اليوم في تطوير قواعد المعرفة في برامجهم باليد لعدم وجود طريقة أفضل، ويسمح بذلك صغر حجم البرامج الحالية، ولكن ماذا سيحدث عندما يصل حجم القواعد في برامجهم إلى أكثر من مليون قاعدة ومفهوم؟ على البرامج التي على هذه الدرجة من الصخامة أن تتعلم من الخبرة، وأن تطور نفسها باستخدام قواعد بسيطة يضيفها الخبر الإنساني لتقويم أدائها. فهي أولاً ستتصبح قادرة على تحسين قواعد معرفتها، ثم تتطور بعد ذلك آليات استخدام هذه القواعد أي استراتيجياتها العليا. وسيفقد النقد الشائع القائل بأن الحاسوبات لا تستطيع أن تتعلّم إلا ما يأمرها به الإنسان مشروعية أكثر فأكثر.

المراجع

- (1) Feigenbaum, E.A., A., McCorduck, P. (1983). The Fifth Generation, Reading, Mass. addison-Wesley (London, Pan Books 1984).
- (2) Project ESPRIT (1983), Report of the EEC, Brussels.
- (3) English, M. (1983). The European IT-Industry, Report of the EEC, Brussels.

المترجم في سطور:

د. علي صبري فرغلي

- * ولد في الإسكندرية بجمهورية مصر العربية عام 1938 .
- * حصل على دكتوراه الفلسفة في علم اللغة من جامعة تكساس بأوستن بالولايات المتحدة عام 1981 .

* عمل في جامعة الإسكندرية من 1981 حتى 1983 .

- * عمل في مؤسسة أومنيترانس للترجمة الآلية بكاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية من 1983 حتى نهاية 1984 .

- * شغل منصب مدير مساعد للشئون الأكademية بمركز اللغات بجامعة الكويت ثم عمل مدرساً لعلم اللغة بقسم اللغة الإنجليزية بكلية الآداب بجامعة الكويت حتى عام 1989 .

- * يشغل منذ سبتمبر 1989 وظيفة أستاذ مشارك لعلم اللغة بالجامعة الأمريكية بالقاهرة.

* له أبحاث عديدة منشورة باللغتين الإنجليزية والعربية في الذكاء الاصطناعي، الترجمة الآلية وتدريس اللغات باستخدام الحاسوب.



المعتقدات الدينية بين شعوب العالم

أشرف على التحرير: جوفري بارندر
ترجمة: أ. د/ إمام عبد الفتاح إمام
مراجعة: أ. د/ عبد الغفار مكاوي

هذا الكتاب

يقدم هذا الكتاب للقارئ العربي علم الذكاء الاصطناعي، وهو علم حديث اكتسب أهمية بالغة في السنوات الأخيرة لتطبيقاته العديدة في مجالات حيوية كالدفاع والاستخبارات والحواسوب والترجمة الآلية وغيرها. ويتميز علم الذكاء الاصطناعي بأنه علم تعددي، يشارك فيه علماء الحاسوب الآلي والرياضيات وعلم النفس وعالم اللغة والفلسفة. ويعطي هذا الكتاب فكرة علمية دقيقة عن تقنية الذكاء الاصطناعي وإمكاناته وإشكالياته، وهو ينجز نهجا علميا موضوعيا بعيدا عن المبالغات والانبهار. وهو أول كتاب عن هذا العلم في المكتبة العربية. ويركز الكتاب على عدة محاور رئيسية من محاور الذكاء الاصطناعي وهي معالجة اللغات الطبيعية، والنظم الخبريرة وتمثيل المعرفة كما يفرد فصلا كاملا عن استخدام تقنية الذكاء الاصطناعي في البرامج التعليمية التي يستخدمها الحاسوب الآلي. وتعتبر هذه المحاور من أهم جوانب البحث في الذكاء الاصطناعي إلا أنه يجب الإشارة إلى أن هناك محاور أخرى لم يتناولها الكتاب مثل تحليل وتحليل الكلام وتحليل الأشكال المرئية وغيرها، إلا أن الكتاب يغطي الجوانب الأساسية لهذا العلم الجديد ويتميز بالعرض العلمي السليم، ورغم توجهه للقارئ العادي إلا أنه لا يلجم للتيسير المدخل، ونأمل أن يكون هذا الكتاب باكورة أعمال عديدة باللغة العربية في مجالات البحث الهامة للذكاء الاصطناعي.