بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السودان المفتوحة

برنامج الحاسوب

الذكاء الاصطناعي

رمز المقرر ورقمه: حسب 2037

تأليف

د. محمد عثمان علي حجازي

بسم الله الرحمن الرحيم

التحكيم العلمي : د.سيف الدين فتوح عثمان

التصميم التعليمي : أ. عبد الباسط محمد شريف

التدقيق اللغوى : أ. الهدي عبد الله محمد

التصميم الفني : عوضية ميرغني عبدالرحمن

منشورات جامعة السودان المفتوحة، الطبعة الأولى 2007م جميع الحقوق محفوظة لجامعة السودان المفتوحة، لا يجوز إعادة إنتاج أيّ جزء من هذا الكتاب، وبأيّ وجه من الوجوه، إلاّ بعد الموافقة المكتوبة من

مقدمة المقرر

الحمد لله الذي بفضله تتم الصالحات ثم الصلاة والسلام على نبي الهدى المبعوث رحمة للعالمين وعلى آله وصحبه أجمعين.

عزيزي الدارس،

بين يديك كتاب " الذكاء الاصطناعي مفاهيمه ولغاته وتطبيقاته "

يقدم هذا الكتاب شرحا مفصلا للمفاهيم الأساسية والجوانب الحديثة التي يرتكز عليها علم الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته، كما يقدم توضيحاً نظرياً وتطبيقياً لجوانب وأساسيات تمثيل المعرفة وطرق تمثيلها المختلفة. ويتناول الكتاب المنطق الغامض (fuzzy logic) وتطبيقاته. كما يحتوي على مقدمة للغة البرمجة برلوج (prolog)، ويتناول الكتاب أيضا مفاهيم وتقنيات واستراتيجيات البحث في الذكاء الاصطناعي، ويعرض الكتاب بعض جوانب وتطبيقات الذكاء الاصطناعي مثل الشبكات العصبية (Neural Network)، و النظم الخبيرة (expert systems)، و تمييز الأنماط ومعالجة الصور (Pattern Recognition and Image Processing)، و معالجة اللغات الطبيعية (NLP)، و أنظمة التعرف على الكلام (Speech systems Recognition).

يحتوي هذا الكتاب على العديد من الأمثلة المحلولة والتمارين المتنوعة، كما تم وضع مواضيع هذا الكتاب في تسلسلٍ سلس ولغةٍ ميسرة مما يجعله يناسب طلاب الحاسوب في مختلف التخصصات، كما يمكن اعتباره مدخلاً مهماً لكل من يرغب في الدخول لعالم الذكاء الاصطناعي.

يحتوي هذا الكتاب على **خمس وحدات على النحو التالي:**

الوحدة الأولى: تقدم المفاهيم العامة للذكاء الاصطناعي وتعرض علاقته ببقية العلوم ومجالات عمله والأهداف التي يحققها.

الوحدة الثانية: تتناول تمثيل المعرفة موضحة ما المقصود بتمثيل المعرفة وكيفية تمثيلها وطرق تمثيلها المختلفة مثل المنطق الرياضي والشبكات اللفظية (semantics network)

والمنطق الغامض (fuzzy logic) وخلاف ذلك من أدوات وطرق تمثيل المعرفة، وقد احتوت هذه الوحدة على الأمثلة والتطبيقات المختلفة.

الوحدة الثالثة: تتناول لغة البرمجة برلوج (prolog)، كمثال لواحدة من لغات برمجة الذكاء الاصطناعي، بجانب استخدامها كوسيلة لتوضيح جوانب ومفاهيم الذكاء الاصطناعي، وذلك من خلال الأمثلة المختلفة التي اشتملت عليها هذه الوحدة.

الوحدة الرابعة: تتناول تقنيات البحث المختلفة في الذكاء الاصطناعي، موضحة المفاهيم والتقنيات الخاصة بالبحث في الذكاء الاصطناعي وخوارزميات البحث المختلفة (البحث الأعمى والبحث التجريبي وخوارزمياتهما). كل ذلك مدعوماً بالأمثلة والتطبيقات.

الوحدة الخامسة: تتناول أهم جوانب وتطبيقات الذكاء الاصطناعي مثل: الشبكات العصبية (Neural Network)، و النظم الخبيرة (expert systems)، و تمييز الأنماط ومعالجة الصور (Pattern Recognition and Image Processing)، و معالجة اللغات الطبيعية (NLP)، و أنظمة التعرف على الكلام (Speech Recognition systems)، والبحث الذكي على الانترنت.

يحتوي هذا الكتاب على الأمثلة والتطبيقات والأشكال الموضحة مع التمارين المتنوعة، مما يجعل هذا الكتاب يغطي الجانب التطبيقي العملي، بالإضافة للجوانب المعرفية التي يقدمها الكتاب في صورة معلومات مستخلصة من أهم المراجع والدوريات العلمية.

نأمل أن تقدم هذه الوحدات صورة واضحة عن " الذكاء الاصطناعي مفاهيمه ولغاته وتطبيقاته " ، وأن تتيح لك عزيزي الدارس الفرصة لاكتساب المفاهيم والمهارات مما يمكن لك مستقبلاً فهم بقية المقررات التي تعتمد على هذا المنهج.

الأهداف العامة لهذا المقرر



بعد فراغك من دراسة هذا المقرر ينبغي أن تكون القدرة على :

- تعريف الذكاء الاصطناعي.
- تحديد الهدف من الذكاء الاصطناعي.
- المقارنة بين الذكاء البشري والذكاء الاصطناعي.
- تعداد أهم طرق تمثيل المعرفة.
- شرح كيفية البرمجة وفق لغة Turbo Prolog.
- المقارنة بين استراتيجيات البحث المختلفة.
- استخدم شجرة البحث لإيجاد الطرق بين المدن.
- تعداد أصناف وأدوات البحث وطرق عملها.
- تعريف الشبكة العصبية.
- تعريف النظم الخبيرة.
- تمييز الأنماط ومعالجة الصور.
- معرفة معالجة اللغات الطبيعية.
- تعريف نظام التعرف على الكلام.
- تعريف البحث الذكي على شبكة الانترنت.

محتويات المقرر

رقم الوحدة	اسم الوحدة	الصفحة
1	مفاهيم أساسية في الذكاء الاصطناعي	1
2	تمثيل المعرفة	31
3	مقدمة للغة البرمجة برولوج (prolog)	79
4	تقنيات البحث	113
5	أمثلة لبعض جوانب وتطبيقات الذكاء الاصطناعي	153


الوحدة الأولى
مفاهيم أساسية في
الذكاء الاصطناعي

محتويات الوحدة

الموضوع	رقم الصفحة
مقدمة	**3**
تمهيد	**3**
أهداف الوحدة	**4**
1. الذكاء الاصطناعي (AI)؟	**5**
2. الهدف من الذكاء الاصطناعي (AI)	**7**
3. مفاهيم الذكاء الاصطناعي (AI) وعلاقته ببقية فروع علوم الحاسوب	**7**
1.3أجيال الحاسوب	8
2.3 الذكاء الاصطناعي مقارنة بالعقل البشري	10
3.3 المفاهيم العامة للذكاء الاصطناعي	14
4. تطبيقات الذكاء الاصطناعي	**16**
5. مجالات الذكاء الاصطناعي	**18**
6. مميزات لغات وتطبيقات الذكاء الاصطناعي مقارنة ببقيـــة اللغات	**21**
7. مستقبل الذكاء الاصطناعي	**22**
الخلاصة	**24**
لمحة مسبقة عن الوحدة التالية	**25**
إجابات التدريبات	**26**
مسرد المصطلحات	**27**
المصادر والمراجع	**29**

مقدمة

تمهيد

مرحباً بك عزيزي الدارس، في الوحدة الأولى من مقرر "الذكاء الاصـــطناعي"، وفيها نقدم لك المفاهيم العامة للذكاء الاصطناعي ، وستتعرف كذلك على كيفيـــة تمثيـــل الذكاء الاصطناعي داخل أنظمة الحاسوب ، وأيضاً المجالات التي يستخدم فيها تقنيـــات الذكاء الاصطناعي ، والفرق بين تطبيقات الذكاء الاصطناعي وبقية التطبيقـــات ، كمـــا سنتعرف على البرامج والأجهزة الخاصة لإنشاء تطبيقات الذكاء الاصطناعي ، ويســـبق هذا استعراض للتطور التاريخي للحاسوب وذلك باستعراض أجيال الحاسوب ، ثم نقـــوم بعمل مقارنة بين الذكاء الاصطناعي والعقل البشري ، نقدم بعد ذلك إجابـــة للســـؤال : كيف يمكننا أن نمثل الذكاء الاصطناعي في الحاسوب؟ ،ثم ننتقل إلى تطبيقـــات الـــذكاء الاصطناعي ، ثم مجالاته ثم ننتقل بك إلى مميزات لغات وتطبيقات الذكاء الاصـــطناعي مقارنة ببقية اللغات ، نختم الوحدة بمستقبل الذكاء الاصطناعي ومـــا يمكـــن أن يقدمـــه الذكاء الاصطناعي في المدى القريب.

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس، بعد دراسة هذه الوحدة ينبغي أن تكون قادراً على أن:

- **تعرف** الذكاء الاصطناعي.
- **تحدد** الهدف من الذكاء الاصطناعي.
- **تعدد** أجيال الحاسوب.
- **تقارن** بين الذكاء البشري والذكاء الاصطناعي.
- **تعدد** تطبيقات الذكاء الاصطناعي.
- **تحدد** مجالات الذكاء الاصطناعي.
- **تقارن** بين مميزات لغات وتطبيقات الـــذكاء الاصـــطناعي وبقية اللغات.

توطئة

بدأ ظهور مفهوم الذكاء الاصطناعي منذ 1956 أي بعد نهاية الحرب العالمية الثانية. وقد تطور هذا المفهوم حتى صار علما متخصصا من علوم الحاسوب وبدأ يدخل في شتى المجالات والتخصصات المختلفة ابتداء من ألعاب الحاسوب إلى علم الجينات. فما الذكاء الاصطناعي؟.

1. الذكاء الاصطناعي (AI)

عزيزي الدارس،

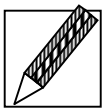
ليس هناك تعريف محدد للذكاء الاصطناعي، فهناك العديد من التعريفات التـــي أطلقت على الذكاء الاصطناعي (الجدول رقم 1-1).

جدول رقم (1-1): يعرض التعريفات التي أطلقت على علم الذكاء الاصطناعي مصنفة على 4 تصنيفات

أنظمة تفكر مثل البشر	أنظمة تعمل مثل البشر	أنظمة تفكر بعقلانية	أنظمة تعمل بعقلانية
هو العمل الذي يجعل الحاسبات تفكر... أي آلة لها عقل (Haugeland 1985)	هو العلم الذي يمكن الآلة من القيام بتنفيذ أعمال لو نفذت من قبل البشر لتطلبت ذكاء (Kurzweil 1990)	هو العلم الذي يقوم بتنفيذ مهام العقل البشري عبر الحوسبة (Charniak and McDermpptt 1985)	دراسة وتصميم وظائف ذكية عن طريق حوسبة الذكاء (Poole et al. 1998)
المعالجة	هو العلم الذي	هو الدراسة أو	هو تصنيع

الآلية للأنشطة التي تطلب تفكير بشري مثل اتخاذ القرارات و حل المشاكل و التعلم... إلخ (Bellman 1978)	يبحث في جعل الحاسوب يقوم بتنفيذ المهام كما يقوم بتنفيذها البشر (Rich and Knight 1991)	العلم الذي يجعل الحوسبة قادرة على الاستنتاج والتصرف (Winston 1992)	التصرفات الذكية (Nilsson 1998)

تدريب (1)



من التعريفات الموضحة على الجدول السابق ضع تعريفاً يلخص التعريفات التي وضعت بالجدول.

أسئلة تقويم ذاتي



1. بعض التعريفات تصف الذكاء الاصطناعي بأنه أنظمة تفكر بعقلانية. قدم مثالاً لأحد هذه التعريفات .
2. بعض التعريفات تصف الذكاء الاصطناعي بأنه أنظمة تعمل بعقلانية . قدم مثالاً لأحد هذه التعريفات.
3. ما الجوانب التي يتفوق فيها الحاسب على العقل البشري؟
4. متى بدأ ظهور مفهوم الذكاء الاصطناعي؟

2. الهدف من الذكاء الاصطناعي (AI)

الهدف البعيد

يهدف علم الذكاء الاصطناعي إلى تطوير أنظمة تحقق مستوى من الـذكاء شـبيه بذكاء البشر أو أفضل منه. (وهذا الهدف لم يتحقق حتى الآن ويتوقع أن يتحقـق خـلال 20 أو 30 سنة قادمة).

الهدف القريب

الهدف المنال من علم الذكاء الاصطناعي هو تطوير أنظمـة لـبعض المجـالات تحقق درجة من مستوى الذكاء شبيه بذكاء البشر أو أفضل منه. (وهذا الهـدف تحقـق حاليا في العديد من المجالات).

أسئلة تقويم ذاتي



ما الهدف من الذكاء الاصطناعي؟ وما الفرق بـين الهـدف البعيـد والهدف القريب؟

3.مفاهيم الذكاء الاصطناعي (AI) وعلاقته ببقية فروع علوم الحاسوب

مما ذكرنا أعلاه من مفاهيم وتعريفات للذكاء الصناعي يتضح لنا أن علم الـذكاء الاصطناعي هو العلم الذي يسعى لنقل الذكاء البشري للأجهزة والبرمجيات. ومن هـذا المنطلق تتولد لدينا الأسئلة الآتية:

كيف يمكن أن نمثل هذا الذكاء داخل أنظمة الحاسوب ا؟

ما المجالات التي تستخدم فيها تقنيات الذكاء الإصطناعي؟

ما الفرق بين تطبيقات الذكاء الاصطناعي وبقية التطبيقات؟

وهل هناك برامج خاصة لإنشاء تطبيقات الذكاء الإصطناعي؟ أو أجهزة خاصة؟

سنحاول من خلال هذا الجزء أن نقدم إجابة لهذه التساؤلات، ولكن قبل أن نقدم الإجابات نحاول أن نعرض التطور التاريخي للحاسب الآلي حتى نقف على موقع الذكاء الاصطناعي ضمن منظومة الحاسوب.

1.3أجيال الحاسوب

إذا نظرنا للتطور التاريخي لتقنيات الحاسوب نجد إن الذكاء الاصطناعي يأتي ضمن الجيل الخامس لتقنيات الحاسوب كما يوضح ذلك الجدول رقم (1–2). فنجد حتى الجيل الرابع إن الحاسوب دخل في جميع المجالات الحياتية والعلمية، حيث صارت تطبيقات الحاسوب تعالج المشاكل الرياضية العلمية المعقدة، وتقدم حلولاً لمسائل يعجز العقل البشري من حلها، كما شملت تطبيقات الحاسوب معالجة الجوانب التي تتعلق بقواعد البيانات وتطبيقات الأعمال، مثل: البنوك وحجوزات الطيران، وغيرها من التطبيقات التي كانت تمثل مشاكل معقدة قبل ظهور الجيل الرابع من الحاسوب . ورغم هذه الحلول التي يقدمها الحاسوب إلا أنه ظل عاجزا من أن يقوم بمهام تطلب الذكاء البشري مثل المسائل التي تتعلق باتخاذ القرارات أو الاستنتاجات أو بقية مسائل التفكير البشري، لذا كانت تقنيات الجيل الخامس هي التقنيات التي تقدم هذه الحلول.

فظهرت في هذا الجيل لغات برمجة الذكاء الاصطناعي وظهرت أجهزة الربورتات[1] ودخلت تطبيقات الحاسوب مجالات مختلفة، مثل: قيادة الطائرات، وتوجيه الصواريخ، ومعالجة اللغات الطبيعية.... إلخ.

---

(1)– تقوم الآن الولايات المتحدة بمشروع لإنشاء جيش من الروبرتات خصصت له ميزانية تبلغ 70 مليون دولار. "المصدر وكالات الأنباء".

جدول رقم (1-2): أجيال الحاسوب

أجيال الحاسوب	الأجهزة H.W	البرمجيات S.W
الجيل الأول (1945-1954)	الأنابيب الزجاجية الفارغة Vacuums Tube	لغة الآلة – (البرمجة بالأنظمة الثنائية)
الجيل الثاني (1955-1964)	تقنية الترانسستر Transistors مع استخدام الكروت المثقبة للمدخلات والمخرجات	لغة التجميع – لغة تعتمد على الرموز بدلا من الأرقام
الجيل الثالث (1965-1974)	الدوائر المتكاملة Integrated Circuits ظهور الشاشات ولوحات المفاتيح	بداية ظهور المترجمات ومن ثم ظهور لغات المستوى الأعلى مثل COBOL, FORTRAN
الجيل الرابع (1975-1984)	الماكروبروسسر Microprocessor	تطور لغات المستوى الأعلى وظهور اللغات الهيكلية واللغات الشيئية OOP واللغات المتخصصة مثل لغات قواعد البيانات وظهور لغات الدوال Functional ولغات المنطق كبداية للغات الذكاء الاصطناعي مثل لغة prolog
الجيل الخامس (1985-حتى	تطوير في استخدامات الماكروبروسسر	تطور لغات الذكاء الاصطناعي وتطبيقات

الآن)	(Microprocessor)عبر شبكات الحاسوب والحاسبات المتوازية والريبورتات وظهور الشبكات العصبية	الذكاء الاصطناعي فشملت مطابقة الأصوات ومعالجة اللغات الطبيعية.

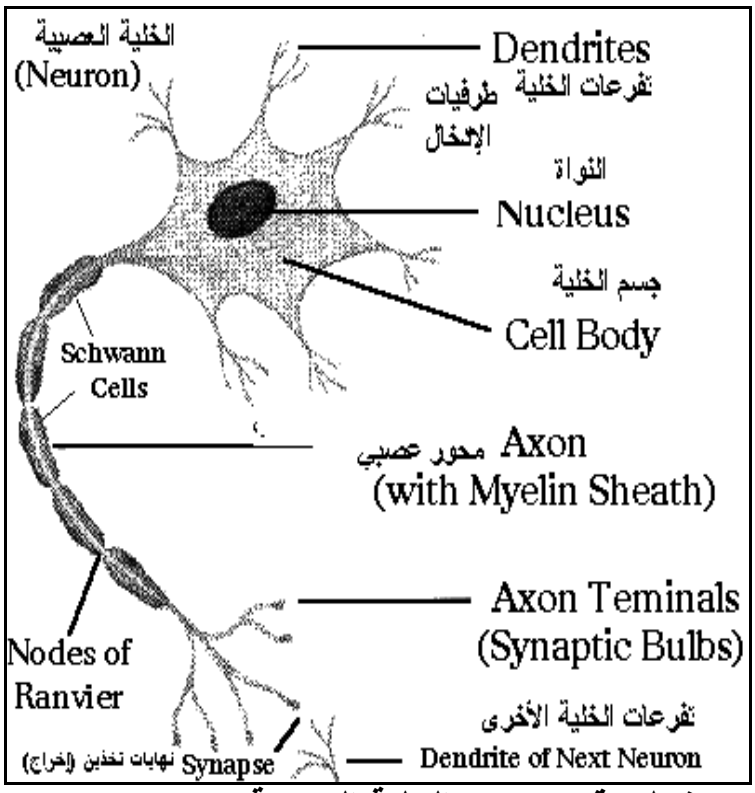
2.3 الذكاء الاصطناعي مقارنة بالعقل البشري

صممت تطبيقات الذكاء الاصطناعي لكي يكون تقليدا لتصرفات العقل البشـــري، وحتى يتم ذلك فقد حددت جوانب تفوق الذكاء البشري، على برامج الحاسوب التقليديـــة في طريقة الاستنتاج والتفكير لدى العقل البشري وإن هذه الطريقة لو تم تمكينها لأنظمـــة الحاسوب لأنتجت نتائج ذكية شبيهه بالنتائج البشرية.

وقد حددت طريقة التفكير البشري في خمسة نقاط أو خطوات يمر بهـــا التصـــرف العقلي هي:

- التصنيف Categorization
- تحديد القوانين Specific Rules
- التجارب Heuristics
- الخبرة السابقة Past Experience
- التوقعات Expectations

لذا تسعى تطبيقات الذكاء الاصطناعي لتطبيق هذه المفاهيم آليا حتى تحقق نتائج ذكية. ولكن يأتي سؤال في هذا الإطار ألا وهو : إذا تمكنا فعلا من برمجة هذه النقـــاط فهل يمكن للحاسب الآلي ومكوناته من تنفيذ العمليات بمستوى ما يقوم به العقل البشـــري الذي يتكون من بلايين (10^{11}) الخلايا العصبية (neurons) التي ترتبط فيه كل خليـــة عصبية بآلاف الخلايا العصبية (شكل رقم 1-1) ؟



شكل رقم (1-1): الخلية العصبية (Neuron)

إجابة هذا التساؤل تتلخص في الجدول رقم (3–1) الذي يقدم مقارنة بين العقل البشـــري والحاسوب.

جدول رقم (3–1) مقارنة بين الحاسوب والعقل البشري

وجه المقارنة	الحاسوب	العقل البشري
وحدات المعالجة computational units	1 CPU 10^8 GATES	10^{11} خلية عصبية (neuron)
الوحدات التخزينية Storage units	10^{10} Bits RAM 10^{11} Bits Disk	10^{11} خلية عصبية (neuron) 10^{14} نهايات عصبية(Synapse)
دورات زمنية Cycle	10^{-9} sec	10^{-3} sec

		Time
10^{14} Bit/sec	10^{10} Bit/sec	عرض الموجة Bandwidth
10^{14}	10^{9}	تحديث الذاكرة في الثانية Memory updates/sec
توافقي مع إمكانية استخلاص معلومات عن المجهول (مثال مشاهدة شخص تذكر أخيه)	تعامل مباشر مع عنوان الذاكرة	كيفية التعامل مع الذاكرة
التنفيذ مع التعلم مع خاصية إدارة المعلومات المتوفر لديه	تنفيذ تعليمات البرنامج	كيفية تنفيذ المهام

تطبيقات ومفاهيم الذكاء الاصطناعي تتعامل مع المعطيات المبينة على جدول رقم 3-1 وتحاول أن تقدم نتائج وبرمجيات تعالج مشاكل تتطلب ذكاء مثل الذكاء البشري. فكيف يكون ذلك؟ هذا هو السؤال الذي سوف نحاول أن نقدم إجابة له في الجزء التالي.

أسئلة تقويم ذاتي

1- اذكر النقاط أو الخطوات التي يمر بها التصرف العقلـــي أثنـــاء التفكير؟

2-أكمل جدول المقارنة بين الحاسوب والعقل البشري

وجه المقارنة	الحاسوب	العقل البشري
وحدات المعالجة computational units	1 CPU 10^8 GATES	
الوحدات التخزينية Storage units		10^{11} خلية عصبية (neuron) 10^{14} نهايات عصبية(Synapse)
دورات زمنية Cycle Time	10^{-9} sec	
عرض الموجة Bandwidth		
تحديث الذاكرة في الثانية Memory updates/sec	10^9	
كيفية التعامل مع الذاكرة		
كيفية تنفيذ المهام		

3.3 المفاهيم العامة للذكاء الاصطناعي

في هذا الجزء نحاول أن نقدم إجابة للتساؤل الأول وهو كيف يمكننا أن نمثل الذكاء في الحاسوب ؟

مر الذكاء الاصطناعي بمراحل وتطورات عديدة، وتم تناوله بمفاهيم متعددة ولكن أكثر هذه المفاهيم هي التي يتم فيها وضع الذكاء الاصطناعي داخل الحاسوب بصورة يتم فيها محاكاة للعقل البشري، وذلك بوضع مجموعة المعرفة داخل الحاسوب في ما يعرف بقواعد المعرفة (Knowledge Base) ومن ثم تكون هناك أدوات برمجية تقوم بالبحث واستخلاص النتائج من هذه القاعدة في صورة شبيه بالاستنتاج الذي يقوم به الإنسان. وتعرف هذه الأدوات محرك الاستنتاج (Inference engine).

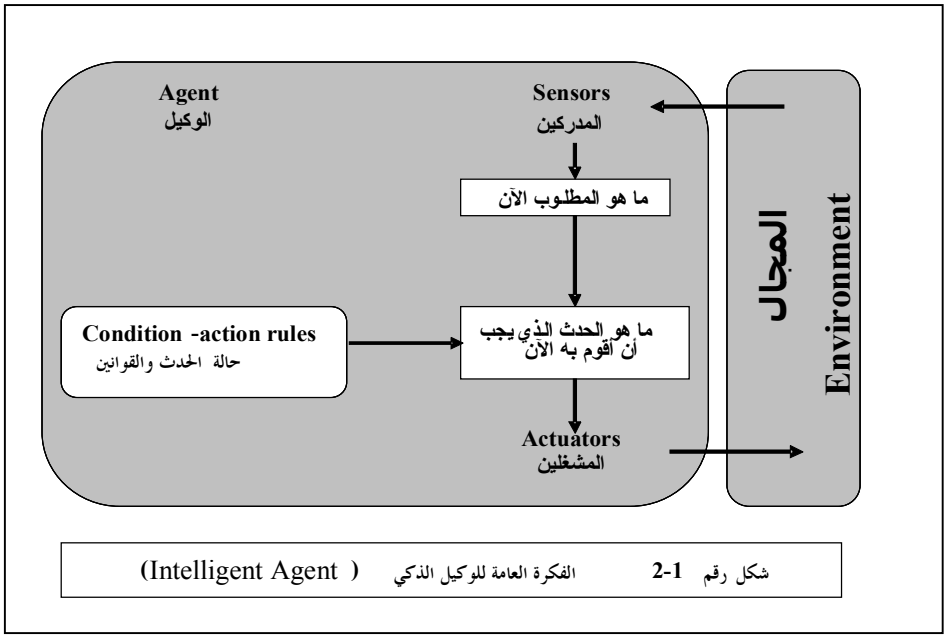
يعتبر هذا المفهوم هو الأكثر تناولا في تطبيقات الذكاء الاصطناعي وخاصة في تطبيقات النظم الخبيرة، كما يعتبر هو المفهوم التطبيقي لعلم الذكاء الاصطناعي.

يتم بناء قواعد المعرفة (Knowledge Base) عن طريق تحويل المعرفة إلى حقائق وقواعد أو معالجات منطقية و يتم تمثيلها عبر لغات برمجة خاصة للذكاء الاصطناعي مثل Prolog, Lisp أو اللغات المتعددة الإمكانيات مثل C++, Java.

أما محرك الاستنتاج فعبارة عن طرق البحث المختلفة التي تستعمل لاستخراج نتائج أو لتوليد معارف جديدة.

ومن المفاهيم الحديثة للذكاء الاصطناعي تناول الذكاء الاصطناعي كعلم يختص بتصميم وبرمجة المعين أو الوكيل الذكي (Intelligent Agent) بما يعرف ببرمجيات الوكيل الذكي (agent software) . ويعرف الوكيل (Agent) على أنه أي شيء يعمل في مجال محدد لعلاج مشاكل محددة باستخدام مقاييس وأدوات بحث خاصة به. وتأخذ هذه المفاهيم الصورة الموضحة على شكل رقم (1-2). ووفق هذا المفهوم يصمم لكل مشكلة وكيلاً خاصاً بهذه المشكلة يكون عبارة عن برنامج يتبع النهج الموضح في الشكل رقم (1-2).

وإذا لاحظنا لمنهجين نجد إن المفهوم الذي يتم فيه نقل الذكاء للحاسب يتم عبر تحويل المعرفة للحاسب من خلال قوانين وحقائق، ومن ثم معالجة المعرفة عن طريق البحث لاستنتاج النتائج. لذا سوف نتناول شرح الذكاء الاصطناعي من خلال توضيح الأدوات المختلفة لتمثيل المعرفة داخل الحاسوب، ومن ثم الأدوات المختلفة لاستنتاج نتائج من هذه المعرفة.



شكل رقم 2-1 الفكرة العامة للوكيل الذكي (Intelligent Agent)

أسئلة تقويم ذاتي



1. ما الجوانب التي يتفوق فيها العقل البشري على الحاسوب؟
2. ما الجوانب التي يتميز بها التفكير البشري ويسعى الذكاء الاصطناعي لتطبيقها؟
3. كيف يمثل الذكاء في الحاسوب؟
4. مر الذكاء الاصطناعي بمراحل وتطورات عديدة وتم تناوله بمفاهيم متعددة، اذكر أهم هذه المفاهيم؟

4.تطبيقات الذكاء الاصطناعي

عزيز الدارس،

شملت تطبيقات الذكاء الاصطناعي مجالات عديدة منها الحديث ومنها القديم. ومـــن أكثر هذه التطبيقات تميزا ما يلي:

1-تطبيقات الألعابGame Playing

تعتبر ألعاب الحاسوب واحدة من أكثر المجالات التي انتشر فيها استخدام الذكاء الاصطناعي. وقد قدم الذكاء الاصطناعي في هذا المجال العديد من الألعاب.

2-الأنظمة الخبيرة (Expert Systems)

هي برامج تقوم بنقل الخبرة البشرية للحاسب حتى يتمكن الحاسوب من تنفيذ مهام لا يستطيع تنفيذها إلا أصحاب الخبرة في هذا المجال. وتتلخص فكرة هذه البرامج في تغذية الحاسوب بأكبر كمية ممكنة من المعرفة التي يمتلكها الخبير ومن ثم يتم التعامل مع هذه المعرفة عبر أدوات للبحث والاستنتاج لتعطي نتائج تماثل نتائج الخبير البشري. ومن أمثلة تلك النظم برمجيات التشخيص الطبي.

3-معالجة اللغات الطبيعية (Natural Language Processing)

هي برمجيات تسعى إلى فهم اللغات الطبيعية بهدف تلقين الحاسوب الأوامر مباشرة بهذه اللغة، وبالتالي تمكين الحاسوب من المحادثة مع الناس عن طريق الإجابة عن أسئلة معينة، كما هنالك برامج تفهم اللغة المكتوبة يدويا وبرامج تعالج الأخطاء النحوية والإملائية.

4- تمييز الكلام (Speech Recognition)

هي برامج تستطيع تحويل الأصوات إلى كلمات (text).

5-صناعة الكلام (Speech Synthesis)

هي برامج تستطيع تحويل الكلمات (text) إلى أصوات .

6-تمييز وقراءة الحروف (Character Recognition)

هي برامج تستطيع قراءة الحروف المكتوبة باليد أو المطبوعة وتحويلها إلى حروف وكلمات وجمل على الحاسوب (text). وبعد ذلك نستطيع استخدام هذا النص كما لو كنا أدخلناه من لوحة المفاتيح.

7-النظر (Vision)

تزويد الحاسوب بأجهزة استشعار ضوئية تمكنه من التعرف على الأشخاص أو الأشكال الموجودة.

8-تمييز النماذج والأشكال ومقارنتها والتعرف عليها (Pattern Recognition)

هي برامج تستطيع أن تتعرف على النماذج والصور والأشكال مثل البصمة وغيرها.

9-الروبوت (Robotics)

وهو آلة كهروميكانيكية تتلقى الأوامر من حاسب تابع لها فيقوم بأعمال معينة ،والذكاء الاصطناعي في هذا المجال يشتمل على إعطاء الروبوت القدرة على الحركة وفهمه لمحيطه والاستجابة لعدد من العوامل الخارجية . ويمكن للربورتات أن تكون أذرع آلية مثل الأذرع التي تعمل في المصانع.

10- التعلم (Learning)

أهمها التعليم المعزز آليا وهو محاولة الاستفادة من طاقات الحاسوب في مجالات التربية والتعليم عبر برامج تتفاعل مع المستخدم . كما توجد برامج تقوم بجعل الحاسوب مثل الإنسان له قابلية للتعلم وذلك من خلال جعل البرنامج يستفيد من الإدخال المتعدد للبيانات ومن ثم يستنتج النهج العام للمستخدمين، كمثال لذلك برامج التشخيص الطبي التي من خلال كثرة استخدامها تأخذ قوتها وتعطي نتائج عن الوبائيات أو الأمراض المنتشرة.

11- دعم القرارات (Decision Support)

هي برمجيات تقدم حلولاً تطلب اتخاذ قرار من عدة بدائل.

12- تلخيص الأخبار (News Summarization)

هي برمجيات تقوم بتقديم تلخيص آلي للأخبار المكتوبة والمسموعة والمرئية.

5. مجالات الذكاء الاصطناعي

عزيزي الدارس،

رغم أن الذكاء الاصطناعي يصنف على إنه فرع من فروع علوم الحاسوب إلا أنه قد تعدى هذه الحدود وصار علماً متشعباً له تداخلات مع جميع فروع العلوم الأخرى.

(1) **المجال الهندسي Engineering**

يعتبر إنتاج آلات ذكية واحداً من الجوانب التي لقيت اهتماماً بالغاً وخصص لها مراكز وكليات جامعية متخصصة. ومن التطبيقات الهندسية للذكاء الاصطناعي **(كما عرضنا في القسم السابق) ما يلي:**

- الربورتات (robotics)
- أجهزة الرؤيا بالحاسوب (vision).
- أجهزة التحكم في النظم الخبيرة الآلية (control-expert systems)
- أجهزة القياس الحيوية (Biometrics).

(2) **مجال علوم الحاسوب Computer Science**

- يعتبر الذكاء الاصطناعي أحد العلوم المتفرعة من علوم الحاسوب. وقد قدم الذكاء الصناعي جوانب ومفاهيم جديدة لعلوم الحاسوب منها:
- لغات برمجة الذكاء الاصطناعي (AI-languages)
- تمثيل المعرفة (knowledge representation) وقواعد المعرفة (Knowledge base).
- خوارزميات الذكاء الاصطناعي(algorithms).
- تقنيات البحث الخاصة بالذكاء الاصطناعي.

- برمجيات الوكيل الذكي (Intelligent Software Agents).

(3) **مجال العلوم البحتة Pure Sciences**

- من الإضافات التي ساهم فيها الذكاء الاصطناعي للعلوم البحتة الجوانب التالية:
- المنطق الغامض (fuzzy logic)، والفئات الغامضة (fuzzy sets).
- الشبكات العصبية (neural network).
- المعالجات الإحصائية (statistics approaches).

(4) **اللغويات Linguistics**

- كما لاحظنا فإن تطبيقات الذكاء الاصطناعي قد تناولت العديد من الجوانب المتعلقة باللغات، مما يفيد أن للذكاء الاصطناعي إسهامات خاصة في مجال اللغويات (وهذه المساهمات هي التي أنتجت هذه التطبيقات)، ومن هذه الإسهامات ما يلي:
- حساب اللغات (computational linguistics).
- الحديث والصوتيات(phonetics speech).
- الترجمة (Language Translation).

(5) **علم النفس Psychology**

- للذكاء الاصطناعي مساهمات في علم النفس مثل :
- نماذج المعرفة (cognitive models) كواحدة من العلوم التي قدمها الذكاء الاصطناعي لعلم النفس، وتمت بها معالجات مختلفة في مجالات المعرفة.
- تطوير وتزويد المعرفة من الخبراء (knowledge-extraction from experts).

(6) **الطب Medicine**

من مساهمات الذكاء الاصطناعي في مجال الطب نجد:

- نماذج الخلايا العصبية (human neural models).
- علم الخلايا الدقيق (neuro-science).
- خوارزميات الجينات (Genetic Algorithms).

أسئلة تقويم ذاتي



أكمل الجدول التالي:

المجال	واحدة من إسهامات الذكاء الاصطناعي في هذا المجال	مثال لأحد تطبيقات الذكاء الاصطناعي في هذا المجال
المجال الهندسي		
علوم الحاسوب		
العلوم البحتة		
اللغويات		
علم النفس		
الطب		

6.مميزات لغات وتطبيقات الذكاء الاصطناعي مقارنة ببقية اللغات

تتميز حقول الذكاء الاصطناعي بسمات وخصائص خاص لا يمكن أن تتحقق عن طريق لغات البرمجة العادية، كما لا يمكن أن توجد في جميع التطبيقات. ومن هذه السمات **ما يلي**:

(1) **القابلية على تمثيل المعرفة (Knowledge Representation)**: ويقصد بها استخدام قواعد خاصة لوصف المعرفة (حقائقFacts، علاقات Relations، قواعد RulesأطرFrames..). إن مجموعة الهياكل المعرفية المستخدمة في الوصف تشكل ما يسمى بقاعدة المعرفة (Knowledge-Base).

(2) **معالجة الرموز والأشكال (Symbolic Processing)**: يجب أن تكون لغات الذكاء الاصطناعي قادرة على معالجة الرموز والأشكال حتى تتمكن من التعامل مع جميع أشكال المعرفة كما هي موجودة في الطبيعة.

(3) **القابلية على الاستنتاج (Inference Making)**: هو إمكانية استنباط حلول بديلة وممكنة. ويتم برمجة مثل هذه القابلية عن طريق تخزين الحلول الممكنة كمعارف ومن ثم تستخدم أساليب بحث خاصة لاستنتاج النتائج الممكنة.

(4) **التركيز على الحلول المقبولة (Sufficient Solution)**: واحدة من جوانب الذكاء الاصطناعي قدرته على التعامل مع الحلول المقبولة. وعليه يجب أن تكون لغات برمجة الذكاء الاصطناعي قادرة على برمجة مثل هذه الحالات.

(5) **الاعتماد على المعرفة الفوقية (Meta-Knowledge)**: هي المعرفة التي تقوم بالسيطرة على استراتيجيات الاستنتاج.

(6) **استخدام اللغات الواصفة للمعرفة(Declarative Languages)**.

(7) **استخدام تقنيات التعلم (Learning Mechanisms) أو اكتساب المعرف (Adaptive)**: ويكون بإدخال إجراءات تمكن النظام من التعلم. وتقوم هذه الإجراءات بالتعرف على التصرفات المتكررة أو بفرز الاختلافات أو بتسجيل حالات يمكن تعميمها.

(8) **القدرة على البحث والتخطيط للوصول للأهداف (Knowledge Searching)**.

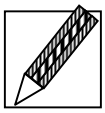
(9) **القدرة في التعامل مع المعرفة الديناميكية (Dynamic Knowledge)**: وهي القدرة على التعامل مع المعرفة المتجددة.

(10) **التفاعل مع المستخدم مثل التفاعل البشري (Human-Based Interfacing)**: يجب على تطبيقات الذكاء الاصطناعي أن تتفاعل مع مستخدميها بصورة شبيهة بالتفاعل البشري كأن يكون عبر المخاطبة الصوتية بين الحاسوب والمستخدم، أو أن تكون واجهات البرامج لها قدرة تفاعل مع المستخدم في صورة سلسلة من الأسئلة وتقديم الردود عليها وتشخيصها.

7. مستقبل الذكاء الاصطناعي

عزيزي الدارس، لقد شهد الذكاء الاصطناعي تطورا ملحوظا في الآونة الأخيرة فصارت بعض المنتجات الذكية تأخذ حيزا في الحياة البشرية، مثل: أنظمة المحادثات، وأنظمة التحكم في الفواتير، ومحركات البحث، والإنسان الآلي ، وخلافها من التطبيقات التي أو شكت أن تكون بديلاً للعقل البشري في بعض الجوانب، مما يؤكد تحقق الهدف القريب من الذكاء الاصطناعي. وهذا يشير إلى أن الخطى لتحقيق الهدف البعيد من الذكاء الاصطناعي تسير وفق المتوقع لها.

تدريب (2)



وضح جانباً من الجوانب التي ترى فيها مستقبلاً للذكاء الاصطناعي مع توضيح وجهة نظرك في ما ترى.

يتوقع الباحثون تطورا مستقبليا في علوم دراسة معمارية مخ الإنسان، مثل: جوانب التفكير الآلي عبر آلات ذكية، أو الرقائق الحياتية (Bio Chips)، أو الجينات، أو يحدث تطور وشمولية أكثر في مجال التطبيقات والأجهزة الطبية الذكية، مثل: نماذج الخلايا العصبية (human neural models)، وعلم الخلايا الدقيق (neuro-science)، وخوارزميات الجينات (Genetic Algorithms).

الخلاصة

عزيزي الدارس تناولنا في هذه الوحدة المفاهيم الأساسية في الذكاء الاصطناعي. بدأت الوحدة بتعريفات الذكاء الاصطناعي والتي نلخصها في أن الذكاء الاصطناعي هو العلم الذي يسعى نحو إنتاج آلة أو أنظمة ذكية لها قدرات شبيهة بقدرات العقل البشري. في التطور التاريخي لتقنيات الحاسب نجد أن الذكاء الاصطناعي يأتي من الجيل الخامس حسب تطبيقات الذكاء الاصطناعي لتطبيق بعض هذه المفاهيم، وهي: التصنيفات ، تحديد القوانين ، التجارب ، الخبرة السابقة ، التوقعات. وضع الذكاء الاصطناعي داخل الحاسوب بصورة يتم فيها محاكاة العقل البشري وهو من المفاهيم الأكثر تناولا في تطبيقات الذكاء الاصطناعي. شملت تطبيقات الذكاء الاصطناعي مجالات عديدة منها :

تطبيقات الألعاب ، الأنظمة الخبيرة ، معالجة اللغات الطبيعية ، تمييز الكلام ، صناعة الكلام ، تمييز وقراءة الحروف ،النظر، تمييز النماذج والأشكال ومقارنتها والتعرف عليها ، الروبوت ، التعلم ، دعم القرارات ، تلخيص الأخبار .

صار الذكاء الاصطناعي علما متشعبا له تدخلات مع جميع فروع العلوم الأخرى منها ، المجال الهندسي ، مجال علوم الحاسوب ، مجال العلوم البحتة ، اللغويات ، علم النفس ، الطب.

تتميز حقول الذكاء الاصطناعي بسمات منها: القابلية على تمثيل المعرفة ، معالجة الرموز والأشكال ، القابلية على الاستنتاج ، التركيز على الحلول المقبولة ، الاعتماد على المعرفة الفوقية ، استخدام اللغات الواصفة للمعرفة، استخدام تقنيات التعليم ، القدرة على البحث والتخطيط للوصول للأهداف ، القدرة في التعامل مع المعرفة الديناميكية ، التفاعل مع المستخدم مثل التفاعل البشري.

صارت بعض المنتجات الذكية تأخذ حيزاً في الحياة البشرية حتى أنها أوشكت أن تكون بديلاً للعقل البشري، مما يؤكد تحقق الهدف القريب من الذكاء الاصطناعي وهذا يشير إلى أن الخطى لتحقيق الهدف البعيد من الذكاء الاصطناعي تسير وفق المتوقع لها.

لمحة مسبقة عن الوحدة التالية

تتناول الوحدة التالية بناء المعرفة داخل نظام الحاسوب ، وذلك بعدة طرق منها ما هو مرتبط بطبيعة المشكلة التي يراد حلها ، ومنها ما هو مرتبط بمكونات بيئة المعرفة. وسوف تتناول الوحدة الطرق والكيفية التي يتم بها تمثيل المعرفة وبشي من التفصيل.

إجابات التدريبات

تدريب 1

الذكاء الاصطناعي هو العلم الذي يسعى نحو إنتاج آلة أو أنظمة ذكية لها قــدرات شبيهه بقدرات العقل البشري.

تدريب 2

في المدى القريب نتوقع أن يقدم الذكاء الاصطناعي إسهامات متعددة في جوانب عديدة مثل بعض جوانب حقول البحث العلمي حيث يتوقع أن يتم تسخير تقنيات تمثيل المعرفة والاستنتاج في تطوير جوانب البحث العلمي لتحل محل بعض الجوانب التقليدية في هذا المجال.

مع ظهور الرقائق عالية التكامل (VLSI,ULSI) ودمج الأنظمة في الرقائق (Embedded-Intelligent Systems). والتي تم تطبيقها في توجيه الصواريخ بعيدة المدى وأنظمة مراقبة المفاعلات والسيطرة عليها والتحكم في المركبات الفضائية والطائرات وغيرها من الجوانب الذكية، فنتوقع أن تشمل هذه التطبيقات مجالات تتعلق بالحياة اليومية للبشر بجانب التوسع المتوقع في المجالات الموجودة حاليا.

كما نالت الشبكات والاتصالات عبر الحاسوب حيزا ملحوظا فإنه يتوقع أن تحظى الشبكات العصبية بفرص تطبيقية أفضل. وربما تدخل في تطبيقات تمس المجتمعات وتقدم خدمات شاملة.

مسرد المصطلحات

- **الوكيل (Agent)**

أي شيء يعمل في مجال محدد لعلاج مشاكل محددة باستخدام مقاييس وأدوات بحث خاصة به.

- **الأنظمة الخبيرة (Expert Systems)**

هي برامج تقوم بنقل الخبرة البشرية للحاسوب حتى يتمكن الحاسوب من تنفيذ مهام لا يستطيع تنفيذها إلا أصحاب الخبرة في هذا المجال.

- **معالجة اللغات الطبيعية (Natural Language Processing)**

هي برمجيات تسعى إلى فهم اللغات الطبيعية بهدف تلقين الحاسوب الأوامر مباشرة بهذه اللغة وبالتالي تمكين الحاسوب من المحادثة مع الناس عن طريق الإجابة عن أسئلة معينة، كما هنالك برامج تفهم اللغة المكتوبة يدويا وبرامج تعالج الأخطاء النحوية والإملائية.

- **تمييز الكلام (Speech Recognition)**

برامج تستطيع تحويل الأصوات إلى كلمات (text).

- **صناعة الكلام (Speech Synthesis)**

برامج تستطيع تحويل الكلمات (text) إلى أصوات .

- **تمييز وقراءة الحروف (Character Recognition)**

برامج تستطيع قراءة الحروف المكتوبة باليد أو المطبوعة وتحويلها إلى حروف وكلمات وجمل على الحاسب (text). وبعد ذلك نستطيع استخدام هذا النص كما لو كنا أدخلناه من لوحة المفاتيح.

- **النظر (Vision)**

تزويد الحاسب بأجهزة استشعار ضوئية تمكنه من التعرف على الأشخاص أو الأشكال الموجودة.

❖ **تمييز النماذج والإشكال ومقارنتها والتعرف عليها (Recognition Pattern)**

برامج تستطيع أن تتعرف على النماذج والصور والأشكال مثل البصمة وغيرها.

❖ **الروبوت (Robotics)**

آلة كهروميكانيكية تتلقى الأوامر من حاسب تابع لها فيقوم بأعمال معينة ،والذكاء الاصطناعي في هذا المجال يشتمل على إعطاء الروبوت القدرة على الحركة وفهمه لمحيطه والاستجابة لعدد من العوامل الخارجية . ويمكن للربورتات أن تكون أذرع آلية مثل الأذرع التي تعمل في المصانع.

❖ **دعم القرارات (Decision Support)**

برمجيات تقدم حلولاً تتطلب اتخاذ قرار من عدة بدائل.

❖ **تلخيص الأخبار (News Summarization)**

برمجيات تقوم بتقديم تلخيص آلي للأخبار المكتوبة والمسموعة والمرئية.

❖ **محرك الاستنتاج (Inference engine)**

محرك الاستنتاج عبارة عن طرق البحث المختلفة التي تستعمل لاستخراج نتـــائج أو لتوليد معارف جديدة.

المراجـــــع

المراجع العربية

1- المهندس أسامة الحسيني، 1989، **الذكاء الاصطناعي ومـــدخل إلـــى لغـــة ليسب** ، دار الراتب الجامعية بيروت 1989

2- آلان بونيه، ترجمة د. علي صبري فرغلي ،1993م، **الـــذكاء الاصـــطناعي واقعه ومستقبله**. عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافـــة والفنـــون والآداب، الكويت.

3- دكتور مهندس خالد ناصر السيد ، 2004م ، **أصول الذكاء الاصطناعي**. مكتبة الرشد 2004م.

4- د. صباح محمد أمين الخيـــاط و د. جنـــان عبـــدالوهاب فيضـــي ،1998م، **الذكاء الاصطناعي مفاهيمه تقنياته أســـاليبه برمجتـــه** . دار حنـــين للنشـــر والتوزيع. عمان، الأردن. 1998م.

5- بروفسير شمبول عدلان ، **الذكاء الاصطناعي والنظم الخبيرة**. مذكرة، جامعة الخرطوم 1993م.

6- د. المختار بن هندة،2001م ، **البحـــث الـــذكي وخـــدمات القيمـــة المضـــافة للمعلومات على شبكة الإنترنت**" المعهد الأعلى للتوثيـــق. جامعـــة منوبـــة. الجمهورية التونسية

7- ترجمة وإعداد المهندسة زينب الزرقاء والمهندس أيمن عودة، 2005م ،**الذكاء الصنعي في لغة PROLOG ومواضيع في النظم الخبيرة**. شـــعاع للنشـــر والعلوم، 2005م.

Reference:

1- Allen, J. F. ,1995, "Natural Language Understanding", Benjamin/Cumming, Redwood City, California. 1995.
2- Anthony, M. and Bartlett, P. ,1999, " Neural Network Learning: Theoretical Foundations". Cambridge University Press, Cambridge, UK. 1999
3- Bishop, C. M. ,1995, "Neural Networks for Pattern Recognition". Oxford University Press, Oxford, UK. 1995.
4- Bratko, I. ,2001, "Prolog Programming for Artificial Intelligence". Third edition, Addison-Wesley. 2001.
5- Russell, Stuart and Peter Norvig,2003, "Artificial Intelligence A Modern Approach". Second edition, Prentice Hall, 2003.
6- Sowa, J. ,1999, "Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations". Blackwell, Oxford, UK. 1999.
7- Dr. Ziad Algadi & Dr. Rashad Rasras 2003 " Artificial Intelligence ", مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع, الأردن عمان, 2003.
8- Zimmermann, H. J., 2001," Fuzzy Set Theory and its Application". Forth edition. Kluwer, Dordrecht, Netherlands. 2001

مواقع الانترنت

1- http://perso.wanadoo.fr/colin.barker/tpro1/tpro.htm
2- http://www.jfsowa.com/krbook/
3- http://www.wtec.org/loyola/kb/
4- http://www.c4arab.com/showsection.php?secid=16


الوحدة الثانية
تمثيل المعرفة

محتويات الوحدة

الموضوع	رقم الصفحة
مقدمة	33
تمهيد	33
أهداف الوحدة	34
1. طرق تمثيل المعرفة المرتبطة بطبيعة المشكلة	36
2. تمثيل المعرفة بالمنطق الرياضي	39
3.الاستنتاج في المنطق الرياضي	49
4. تمثيل المعرفة بالشبكات اللفظية	53
5. طرق تمثيل المعرفة غير الدقيقة	57
الخلاصة	68
لمحة مسبقة عن الوحدة التالية	69
إجابات التدريبات	70
مسرد المصطلحات	76
المصادر والمراجع	77

مقدمة

تمهيد

مرحباً بك عزيزي الدارس، في الوحدة الثانية من مقرر "الـذكاء الاصـطناعي" والتي تتناول بناء المعرفة داخل نظام الحاسوب وفق أكثر الطرق استخداماً في: تمثيـل المعرفة، المنطق الرياضي ، الشبكة اللفظية، الوراثة ، طرق تمثيـل المعـارف غيـر الدقيقة.

في القسم الأول من الوحدة نتناول طرق تمثيل المعرفة المرتبطة بطبيعة المشـكلة مع الأخذ في الاعتبار أنه ليست هناك طريقة محددة لتمثيل المعرفة المتعلقـة بمشـكلة خاصة .

وفي القسم الثاني نتناول تمثيل المعرفة بالمنطق الرياضي وهنا يـتم بنـاء قواعـد المعرفة عبر تخزين مجموعة من جمل أو عبارات لغوية مصاغة صياغة سليمة، ثم يتم معالجة الجمل بطريقة تجعلها قابلة لأن تمثل داخل الحاسوب ، والجمل هنا أما أن تقـدم أخباراً (حقائق) أو قواعد. وهذه الحقائق أو القواعد أما أن تكون صـحيحة أو خاطئـة ، ويتناول هذا القسم أيضاً الاستنتاج في المنطق الرياضي وتتلخص فكرته في تتبع القاعدة المنطقية وتطبيقها على معطيات محددة للحصول على نتائج.

في القسم الثالث نتناول تمثيل المعرفة بالشبكات اللفظية والأطر الجدولية وهي تقدم تمثيلاً جيداً لكل من: أجزاء الكائنات، و التصنيفات الموجـودة فـي هـذه الكائنـات، و العلاقات بين الكائنات.

في القسم الرابع من الوحدة نتناول طرق تمثيل المعرفة غير الدقيقة. وهنا سـنتناول طرقاً خاصة لتمثيل هذا النوع من المعارف.

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس، بعد دراسة هذه الوحدة ينبغي أن تكون قادراً على أن:

- **تعرف** تمثيل المعرفة.
- **تعدد** تصنيفات المعرفة وفق مكونات أو خصائص بيئاتها.
- **تعدد** أهم طرق تمثيل المعرفة.
- **تركب** العديد من الجمل البسيطة.
- **تستخدم** المساواة لتثبيت الحقائق.
- **تستخدم** الاستنتاج لاستخراج النتائج من قواعد المعرفة الممثلـــة بالمنطق الرياضي.

توطئة

عزيزي الدارس،

تمثيل المعرفة تعني بناء المعرفة داخل نظام الحاسوب. ويتم ذلك بعدة طرق منها ما هو مرتبط بطبيعة المشكلة التي يراد حلها، ومنها ما هو مرتبط بمكونات بيئة المعرفة(Environment).

المعارف التي تصنف وفق نوع المشكلة يتطلب تمثيلها خطوات ومنهجية خاصة بهذه المشكلة، مما قد يستوجب طرق خاصة لتمثيل كل نوع من أنواع المشاكل، فمثلا نجد جوانب خاصة بتمثيل المعارف المتعلقة بمعالجة اللغات الطبيعية تختلف عن تلك التي تعالج نوعاً من أنواع النظم الخبيرة... وهكذا.

والمعارف التي تصنف وفق مكونات أو خصائص بيئاتها أو مجالها يتم تمثيلها وفق متطلبات هذه المكونات، والتي عادة ما تنحصر في التالي:

- بنية الكائنات (structure objects) الخاصة ببيئة المعرفة.
- الزمن والمساحة (time and space). في بعض المجالات يكون الزمن والمسافة ذات تأثير على المعرفة محل الدراسة.
- التغير (change).
- المعالجات (processes).
- المواد الجوهرية (substances) التي تكون بيئة المعرفة.
- الاعتقادات (beliefs).

هذه التصنيفات تعتبر المؤشرات التي من خلالها يتم تحديد طريقة تمثيل المعرفة.

مما سبق نستطيع أن نقول إنه ليست هناك طرق محددة لعلاج مشاكل الذكاء الاصطناعي، حيث تعالج مشاكل الذكاء الاصطناعي بصورة مفتوحة دون اتباع أساليب مقيدة، وهذا ما يراه البعض أحد مميزات الذكاء الاصطناعي. ولكن هناك بعض طرق تمثيل المعرفة أخذت اهتماماً خاصاً ويمكن أن تكون أكثر الطرق استخداما في تمثيل المعرفة .

ومن هذه الطرق ما يلي:

1- المنطق الرياضي.

2- الشبكة اللفظية (Semantic Network) والأطر الجدولية.

3- الوراثة (Inheritance).

4- طرق تمثيل المعارف غير الدقيقة.

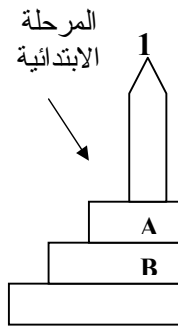
هذه الطرق يضاف إليها بالطبع الطرق الخاصة بتمثيل المعرفة المرتبطة بطبيعة المشكلة، وتعتبر أكثر الطرق استخداما في تمثيل المعرفة.

في هذه الوحدة سنتناول الطرق والكيفية التي يتم بها تمثيل المعرفة بشيء من التفصيل.

1. طرق تمثيل المعرفة المرتبطة بطبيعة المشكلة

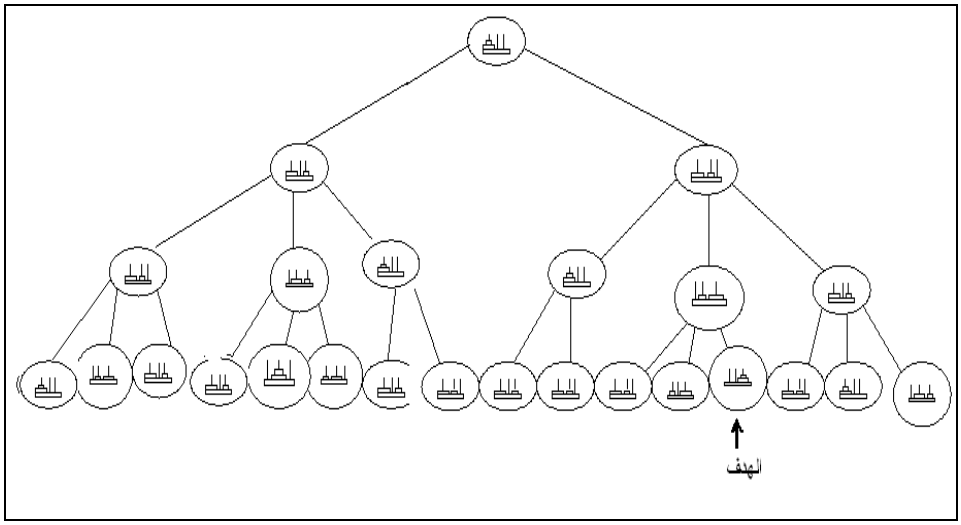
كما ذكرنا سابقا فإن ليست هناك طريقة محددة لتمثيل المعرفة المتعلقة بمشكلة خاصة، فمثلا عند معالجة لعبة تتطلب ذكاء داخل الحاسوب تختلف طريقة تطبيق المعارف الخاصة بهذه اللعبة عن بقية الألعاب الأخرى. ولكن تتفق كلها في الهدف الذي تنشده كل طريقة، وهو حصر جميع الفرص الممكنة للحركات المتوقعة أثناء اللعب وتمثيل هذه الفرص داخل الحاسب. ونفس المثال ينطبق على بقية التطبيقات الأخرى. ولتوضيح هذا الجانب نقدم المثال المتعلق بترتيب الأقراص على الأعمدة والذي فكرته تتلخص في الشكل رقم (2-1).

وتتلخص فكرة ترتيب هذه الأقراص في نقل هذه الأقراص من العمود رقم (1) إلى عمود رقم (3) بشرط عدم إجراء أكثر من نقلة في كل مرة وألا يوضع قرص كبير فوق قرص صغير.



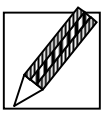
على الأعمدة

وإذا حصرنا الفرص المحتملة لإجراء هذه النقلات نجدها تصل إلـــى 24 فرصـــة ممكنة منها واحدة فقط تؤدي للهدف كما يتضح من الشكل رقم (2–2).



شكل رقم (2-2): الاحتمالات الممكنة لترتيب قرصين بوجود ثلاثة أعمدة

تدريب (1)



لنأخذ مشكلة الإعراب للجملة abaabab. ولنفترض أن إجراءات

الإعراب تتم بقواعد محددة للوصول إلى هدف محدد نرمز له بـــالرمز S . فإذا كانت هذه القواعد **على النحو التالي**:

1. $ab \Rightarrow S$
2. $aS \Rightarrow S$
3. $Sb \Rightarrow S$
4. $SS \Rightarrow S$

بين كيف يمكن الصول للهدف ببناء هيكل شبكي ؟

أسئلة تقويم ذاتي



ما أكثر الطرق استخداماً في تمثيل المعرفة؟

2.تمثيل المعرفة بالمنطق الرياضي

(Mathematical Logical Representation)

عزيزي الدارس،

انطلاقا من الاعتقاد السايد بأن المعرفة لدى البشر تتمثل من خلال تقويم للغات الطبيعية للبشر، حيث كل عبارة من عبارات لغات البشر تعطي نتائج عن حقائق أو قواعد يخزنها العقل البشري مكونا منها معرفته، انطلاقا من هذا المفهوم فقد تم تطبيق المعرفة داخل الحاسب الآلي من خلال اللغات الطبيعية ومعالجة هذه اللغات. ومن هنا فإن بناء قواعد المعرفة يتم عبر تخزين مجموعة من جمل أو عبارات لغوية مصاغة صياغة سليمة ثم يتم معالجة الجمل بطريقة تجعلها قابلة لأن تمثل داخل الحاسب.

والجمل أو العبارات في اللغات الطبيعية تكون وفق منطق متعارف عليه في تركيب الجمل (الإعراب) (Syntax) ومعانيها (Semantics). والجملة التي تكون صحيحة في تركيبها ومعانيها تعتبر مصاغة صياغة جيدة (Well-Formed Formula) ويرمز لها ب WFF .

تمثيل المعرفة وبناء قواعدها يتطلب تحويل هذه الجمل إلى صيغ يسهل تمثيلها داخل أنظمة الحاسب. وواحدة من الطرق المستخدمة لتحويل هذه الجمل إلى صيغ يتم عبرها بناء المعرفة داخل الحاسب هو استخدام المنطق الرياضي، لما يوفره المنطق الرياضي من إمكانيات تعبر عن منطق هذه الجمل.

والجمل (WFF) وفق المنطق الافتراضي (propositional logic) إما أن تكون جمل بسيطة أو جمل مركبة كما يتضح ذلك من خلال رموز باكيوس المعروفة بالرمز BNF (Backus-Naur Form)(شكل رقم 2-4).

Sentence (جملة) → AtomicSentence (جملة غير مركبة) | ComplexSentence (جملة مركبة)
AtomicSentence (جملة غير مركبة) → True | False | Symbol (رموز)
Symbol → P|Q| R| …
ComplexSentence(جملة مركبة) → ¬ Sentence (جملة)
| (Sentence ∧ Sentence)
| (Sentence ∨ Sentence)
| (Sentence ⇒ Sentence)
| (Sentence ⇔Sentence)

حيث:
¬ : تعني النفي NOT
∧ : و AND
∨ : أو OR
⇒: تؤدي إلى أو تحقق implies
⇔: إذا فقط إذا (بشرط) if and only if

شكل رقم (2-4) رموز BNF

وإذا أخذنا المعاني التي نستخلصها من هذه الجمل نجدها إما أن تقدم أخباراً (حقائق) أو قواعد، وهذه الحقائق أو القواعد إما أن تكون صحيحة أو خاطئة (True or False).

1- الحقائق (Facts)

وهي الجمل التي تصف شيئاً ما أو تخبر عن شيء ما سواء أكانت هذه الجملة جملة اسمية أو فعلية أو شبه جملة. على سبيل المثال:

الذكاء الاصطناعي مقرر حاسب

Artificial intelligence is a computer course.

القط حيوان

Cat is an animal

وقد تكون الحقيقة مركبة مثال:

أم جون متزوجة من والد جون

John's mother is married to John's father

وهذه الحقائق كلها حقائق صحيحة (true)

أما إذا أخذنا الجملة Cat is a human فهذه حقيقة خاطئة (false)

2-القواعد (Rules):

وهي الجمل التي يمكن تعميمها أو تطبيقها على مجموعة من الأشياء ويلزم تطبيقها توفر شرط أو مجموعة شروط. على سبيل المثال:

ما يكسب بسهولة يضيع بسهولة

Easy come easy go

صحبة السوء مفسدة للأخلاق

Evil communications corrupt good manners

لكل سؤال جواب

Every why has an answer

وقد تكون القاعدة في صورة جملة If على سبيل المثال:

إذا كان الحيوان يعطي حليباً إذا الحيوان من ذوات الثدي

If animal gives milk it is a mammal

وإذا لاحظنا لتلك العبارات نجد أن الكلمات التي تكون هذه الجمل إما أن تكون أسماء أو أفعالاً أو صفات أو حروف ربط، وهذه التصنيفات للكلمات من منظور رياضي يمكن تصنيفها في 6 فئات **هي:**

1. الكلمات التي تصف العلاقات وتسمى المسند (predicate) مثل animal, computer course.
2. الكلمات التي تمثل الثوابت (constant) مثل جميع الأسماء ويرمز لها عادة بحروف الكبيرة مثل A, X.
3. الدوال (functions) مثل mother, father, why, gives.
4. المتغيرات (variable) وهي التي يرمز لها بالحروف الصغيرة.
5. الروابط (connective) ويرمز لها بـ $\Rightarrow | \Leftrightarrow | \wedge | \vee |$

6. محددات للكميات (quantifier) ويرمز لها بـــ $\exists | \forall$

والشكل العام لتركيب الجمل وفق المنطق الرياضي هو:

Predicate_name(Argument 1 , …. , Argument n)

حيث: العناصر التي بين القوسين (Argument) تمثل بقية الكلمات خلاف المســند.

وبناء على هذه القاعدة فإن الجمل أعلاه يمكن إعادة كتابتها على النحو التالي:

1- COMPUTER_COURSE(ARTIFICIAL INTELLIGENCE)
2- ANIMAL(CAT)
3- MARRIED (mother,(JOHN), father, (JOHN))
4- COME(EASY), GO(EASY)
5- COMMUNICATION(EVIL),CORRUPT(GOODMANNAERS)
6- EVERY (WHY), HAS (ANSWER)
7- ANIMAL(give (MILK)), MAMMAL (ANIMAL)

من الصيغ أعلاه نلاحظ الآتي:

1- إن تحويل الجمل للصيغة أعلاه يأخذ إحدى صورتين، الأولى صورة غيــر مركبــة وتتمثل في رقم 1 و 2 والثانية صورة مركبة وتتمثل في الجمل من رقم 3 إلى رقــم 7. وذلك لأن أصل الجمل التي أتت منها هذه الصيغ إما جمل غير قابلــة للتجزئــة (Atomic WFF)والتي كان نتاجهــا العبــارات فــي 1 و2 ، أو جمــل مركبــة (Compound WFF) والتي أتت منها بقية العبارات.

2- إن هناك كلمات كتبت بالحروف الكبيرة (أو يمكن فقط كتابــة حرفهــا الأول فقــط بالحروف الكبيرة) وأخرى كتبت بالحروف الصغيرة. وذلك لأن هنــاك قاعــدة تــم التعارف عليها في صياغة تلك الجمل وهي:

(أ) المسند (Predicate) يكتب أو يبدأ بالحروف الكبيرة.

(ب) العناصر (Argument) إذا لم تكن أسماء تكتب بالحروف الصغيرة أما إذا كانــت أسماء فتكتب بالحروف الكبيرة.

وحتى يتم تمثيل هذه الجمل وفق المنطق الرياضي فلابد من تحويلها إلى رموز مــع استخدام الرموز الرياضية المعروفة (جدول رقم 2-1).

جدول رقم (2-1) الرموز المستخدمة في التمثيل الرياضي المنطقي

Symbol الرمز	Meaning المعنى
∀	For All :لكل
∃	Exist : يوجد
¬	NOT: النفي (لا)
∧	AND: و
∨	OR : أو
→	Then : إذا
gt	greater than > أكبر من
lt	less than < أقل من
ge	greater than or equal >= أكبر من أو يساوي
le	less than or equal <= أقل من أو يساوي
=	equal = يساوي

والآن لنرى كيف يمكن وضع الجمل في صيغ المنطق الرياضي. إذا أخذنا مثلا الجملة:

If animal gives milk it is a mammal

ANIMAL(give (MILK)), MAMMAL (ANIMAL)

وإذا رمزنا ل animal ب x ول Milk ب y و ل MAMAL ب z تكـــون الجملـــة على النحو التالي:

1- $\forall x \{ANMIAL(x)\text{^}give(x,y) \Rightarrow MAMMAL(x)\}$

2- $(x \wedge y) \Rightarrow (z \wedge x)$ نحول الجملة إلى علاقة منطقية ينتج لنا:

وإذا كونا جدول المنطق الرياضي لهذه الجملة يكون على النحو التالي:

x	y	z	$x \wedge y$	$z \wedge x$	$x \wedge y \Rightarrow z \wedge x$
T	T	T	T	T	T
T	T	F	T	F	F
T	F	T	F	T	F
T	F	F	F	F	F

ولنأخذ مثالاً أكثر تعقيدا. الجملة المركبة التالية:

كل مدينة لديها صيادو كلاب تخافهم وتكرههم كل كلاب المدينة

Every city has a dogcatcher who has been bitten by every dog in that city.

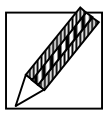
وإذا رمزنا للمدن ب(x) ولصيادي الكلاب ب(y) ولكلاب ب(z) تكون الجملة علـــى النحو التالي:

$(\forall x)\{[\ CITY\ (x) \rightarrow (\exists y)(DOGCATCHER(y) \wedge LIVES\text{-}IN\ (x,y)] \wedge (\forall z)[DOG(z) \wedge LIVES\text{-}IN(z,x) \rightarrow BIT(z,y)]\}$

قد نلاحظ إن تحويل الجمل الطبيعية، وإن كان يتبع قاعدة معينة، إلا أنه قد يعتمد على الخبرة وقد يختلف اثنين في صياغة الجمل منطقيا. ولكـــن عنـــد تصـــميم جـــدول المنطق تتفق الحلول جميعها في النتيجة.

نلاحظ إننا يمكننا تحويل أي جملة إلى صياغة وفق المنطق الرياضـــي ومفهـــوم المسند، كما يمكننا أن نولد مجموعة حقائق من حقيقة معطاة، أو من خلال الـــدمج بـــين مجموعة جمل

تدريب (2)



Cat is an animal

Dog is an animal

Dogcatcher is a human

Animal has 4 legs

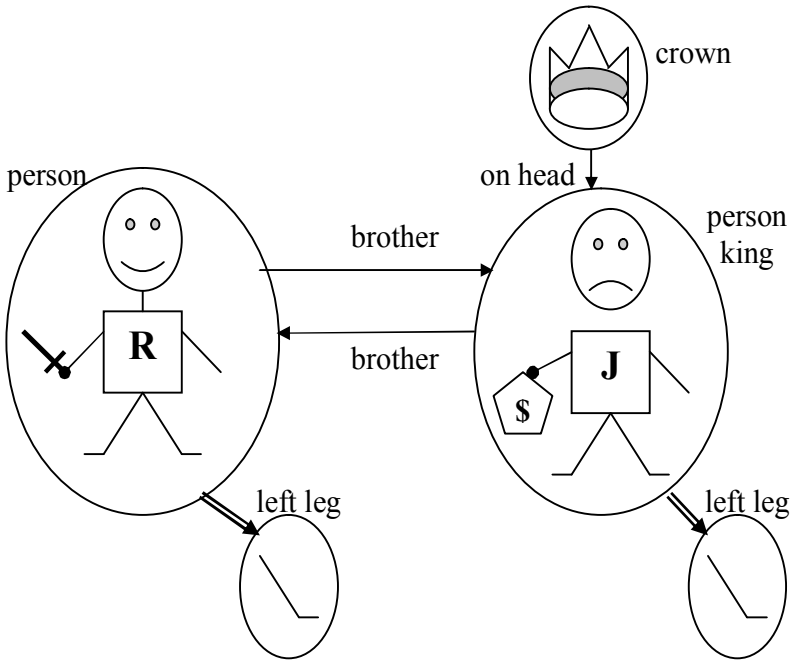
Person is human

استخلص مجوعة من القواعد لهذه الجمل.

مثال (شامل)

لنأخذ الآن مثالاً شاملاً نتدرج به حتى نصل إلى الصورة النهائية. والمثال يتعلـــق بملك بريطانيا ريتشارد (قلب الأسد) الذي حكم لفترة 10 أعوام من 1189م إلـــى عـــام

1199 وشقيقه الأصغر جون الشرير الذي حكم لفترة 16 عام من 1199 م إلـــى عـــام 1215م. هذه القصة يمثلها النموذج الموضح على الشكل رقم (2-5).



شكل رقم (2-5) : نموذج يحتوي على خمسة كائنات (شخصين وتاج ورجلين يسار)

النموذج الموضح في الشكل (2-5) يقدم تصـــوير لقصـــة رتشـــارد قلـــب الأســـد (Richard the Lionheard) وشقيقه الأصغر الملك جون (King John). من الشكل يوجد بالإضافة للكائنين اللذين يمثلان الأشقاء يوجد كائن يمثل التاج والعلاقة هنـــا هـــي على رأس الملك (on head) (أي أن التاج على رأس الملك الذي هو جون لأن رتشارد قد مات في ذلك والوقت)، أما الكائنين الآخرين فهما (left leg) لتوضيح علاقـــة تمثـــل دالة (function). ومن هذه المفاهيم نستطيع أن نستنتج عدة قواعد ونتتبعهـــا لنوضـــح كيف يمكن أن نستخلص قواعد معرفية وفق طريقة المنطق الرياضي.

1- الجمل المنطقية البسيطة (Atomic sentences):

يمكن تركيب العديد من الجمل البسيطة مثل:

Brother(Richard, John)

Married (Father(Richard), Mother (John))

2- الجمل المركبة (Complex sentences):

إذا استخدمنا أي من الروابط التي تربط بين جملتين تتكون معنا جمل مركبة (انظـــر شكل رقم 2−4 BNF) كمثال:

$\neg$ Brother(LeftLeg(Richard), John)

Brother(Richard, John) $\wedge$ Brother(John, Richard)

King (Richard) $\vee$ King (John)

$\neg$ King(Richard) $\Rightarrow$ King(John)

3- استخدام محددات للكميات (Quantifiers):

المحدد الإجمالي $\forall$:

في هذه الحالة يمكننا أن نأخذ المسالة بصورة شاملة كان نقول كل ملك إنسان (All kings are person).

$$\forall x \ \ King(x) \Rightarrow Person(x)$$

نلاحظ إننا استخدمنا في هذه الحالة المتغيرات (x) والعبارة تعني لكل x إذا كـــان x هو ملك إذا x هو شخص (For all x, if x is a king, then x is a person).

المحدد الجزئي ∃ :

في هذه الحالة يمكننا أن نعبر عن شي خاص كان نقول للملك جون تاج على رأسه (King John has a crown on his head)).

$$\exists x \ \text{Crown}(x) \ \wedge \ \text{OnHead}(x, \text{John})$$

نلاحظ إننا استخدمنا أيضا المتغيرات (x) والعبارة تعني أن هناك x حيث x هذه تاج وهو على رأس جون (There exist an x such that x is crown on Jon head).

الجمع بين محددات الكميات (nested quantifiers):

كمثال إذا رغبنا أن نقول كل الأشقاء أخوان (brothers are sibling).

$$\forall x \ \forall y \ \text{Brother}(x,y) \ \Rightarrow \ \text{Sibling}(x, y)$$

وهذه الجملة يمكن أن تكتب: $\forall x, y \ \ \text{Brother}(x,y) \ \Rightarrow \text{Sibling}(x, y)$

كما يمكن أن نجمع بين نوعي المحددات كمثال لكل شخص شخص يحبه (Everybody loves somebody)

$$\forall x \ \exists y \ \ \text{Loves}(x,y)$$

وتعني هذه الجملة: لك شخص x هنالك شخص ما y يحبه هذا الشخص

4- المساواة (Equality):

كأن نقول مثلا Father (John) = Henry

كما يمكن أن تستخدم المساواة لتثبيت حقائق مثل:

$\exists x, y \quad Brother(x, Richard) \wedge Brother(y, Richard) \wedge \neg (x = y)$

وهذا يعني أن لرتشرد شقيقين وذلك يستنتج من العلاقة $\neg (x = y)$.

ومن هذه المفاهيم يمكن تمثيل أي مجموعة معارف وتحويلها إلى صيغ يسهل تطبيقها وتمثيلها داخل أنظمة الحاسب. حيث تبنى قواعد المعرفة بتحويل العبارات المنطقية إلى جمل برمجية بإحدى لغات برمجة الذكاء الاصطناعي المعروفة مثل Prolog و Lisp أو اللغات المتعددة الإمكانيات مثل Java, C++. وسوف نتناول كيفية برمجة هذه الجمل المنطقية وبناء قواعد المعرفة في جزء قادم من هذا الكتاب. ولكن يمكننا أن نعرض صورة من صور التعامل مع قواعد المعرفة المنطقية كمثال مبسط.

مثال لإدخال قواعد على قاعدة المعرفة (KB) وفق منهج المنطق من الرتبة الأولى (first-order logic):

TELL(KB, King (John))

وتعني أخبر قاعدة المعرفة بأن جون ملك

TELL(KB, $\forall x$ King(x) $\Rightarrow$ Person(x)).

مثال للاستفسار عن شي في قاعدة المعرفة (KB) وفق منهج المنطق من الرتبة الأولى (first-order logic) وتكون النتيجة إما True or False:

ASK(KB, King (John)) وتعني أسأل قاعدة المعرفة هل جون ملك

أسئلة تقويم ذاتي



1- اكتب أمام كل رمز المعنى الدال عليه:

الرمز Symbol	المعنى Meaning
$\forall$	
$\exists$	
$\neg$	
$\wedge$	
$\vee$	
$\rightarrow$	
gt	
lt	
ge	
le	
=	

أكمل جدول المنطق الرياضي التالي:

x	y	z	$x \wedge y$	$z \wedge x$	$x \wedge y \Rightarrow z \wedge x$
T	T	T			
T	T	F			
T	F	T			
T	F	F			

3. الاستنتاج في المنطق الرياضي

(Inference in Mathematical Logical)

الاستنتاج في المنطق الرياضي، أو استخراج نتائج من قاعدة المعرفة الممثلة بالمنطق الرياضي، يتبع نفس المفهوم الذي يتبعه المنطق الرياضي وتتلخص فكرته في تتبع القاعدة المنطقية وتطبيقها على معطيات محددة للحصول على نتائج.

1- الاستنتاج الخاص بمحددات الكميات (Inference rules for quantifiers)

أ- قاعدة المحدد الكلي UI(Universal Instantiation)

الاستنتاج من القواعد العامة يتم عبر التعويض عن المتغيرات التي توجد في القاعدة العامة بقيم (ground term) لاستحداث جمل لا تحتوي على متغيرات وفق **القانون التالي**:

$$\frac{\forall v \alpha}{SUBSET(\{v/g\},\alpha)}$$

القانون يقول إذا كان لدينا جملة α تحتوي على متغير v مع محدد كلي فإننا بالتعويض عن قيم المتغير v بقيم g (ground term) سوف نحصل على نتائج تمثل استنتاجاً معرفياً. كمثال إذا كان عندنا قاعدة تقول" إن كل ملك طماع شرير" أي:

$$\forall x \ \ King(x) \wedge Greedy(x) \Rightarrow Evil(x)$$

ومن هذه القاعدة العامة يمكننا أن نستنتج نتائج خاصة على النحو التالي:

$$King(John) \wedge Greedy(John) \Rightarrow Evil(John)$$

$$King(Father(John)) \wedge Greedy(Father(John)) \Rightarrow Evil(Father(John))$$

ب- قاعدة المحدد الجزئي EI(Existential Instantiation)

الاستنتاج من قواعد المحدد الجزئي يعتبر أكثر تعقيدا من الاستنتاج من المحدد الكلي، حيث يتم عبر تعويض في كل جملة α عن قيمة المتغير v بقيمة ثابتة وحيدة k لا تتكرر مرة أخرى في قاعدة المعرفة .

$$\frac{\exists v \alpha}{SUBSET(\{v/k\}, \alpha)}$$

$$\exists x \ \text{Crown}(x) \ \wedge \ \text{OnHead}(x, \text{John})$$

ويمكن أن نستنتج منها:

$$\text{Crown}(C_1) \ \wedge \ \text{OnHead}(C_1, \text{John})$$

حيث تدل هذه النتيجة على أن القيمة C_1 هي ثابت تم تخصيصه لهذه الجملة، ولا يستخدم مرة أخرى في قاعدة المعرفة.

2- الاستنتاج عن طريق الاختزال (reduction to propositional inference)

تتلخص فكرة الاختزال في التعويض أو استبدال القاعدة بعدة جمل بسيطة كمثال:

$$\forall x \ \text{King}(x) \wedge \text{Greedy}(x) \Rightarrow \text{Evil}(x)$$

وباستخدام قاعدة المعرفة التالية (الجمل البسيطة):

King(John)
Greedy(John)
Brother(Richard, John)

يمكننا أن نصل للنتائج التالية:

$\text{King}(\text{John}) \wedge \text{Greedy}(\text{John}) \Rightarrow \text{Evil}(\text{John})$
$\text{King}(\text{Richard}) \wedge \text{Greedy}(\text{Richard}) \Rightarrow \text{Evil}(\text{Richard})$

3. الاستنتاج عن طريق ربط القواعـــد مـــع الحقـــائق (Matching rules against Known facts)والتوســـع بها:

تتلخص فكرة هذه الطريقة في أنها تأخذ القاعدة ثم تستخلص جميع الحقائق المتعلقة بالكائنات المرتبطة بهذه القاعدة وتطبق عليها القاعدة لتخرج بنتائج متعددة، كمثال:

إذا كان لدينا القاعدة التالية: if x is missile then x is weapon

$$Missile(x) \Rightarrow Weapon(x)$$

ومن ثم نقوم بتحقيق كل الحقائق (الصـــفات والخصـــائص) المتعلقـــة ب القـــذائف (Missile) والأسلحة (Weapon). ثم نطبق هذه القاعدة على كل الحقائق أو التوسعات التي يمكن أن ننشئها من هذه الحقائق فينتج معنا نتائج متعـــددة، كمثـــال نفتـــرض إننـــا توسعنا مع هذه الحقائق ثم طبقنا القاعدة **ووصلنا لهذه النتيجة :**

$$American(x) \wedge Weapon(y) \wedge Sells(x,y,z) \wedge Hostile(z) \Rightarrow Criminal(x)$$

أسئلة تقويم ذاتي

؟ كيف يمكن الاستدلال (الاستنتاج) بطريقة محدد الكميات وطريقة الاختزال؟

4. تمثيل المعرفة بالشبكات اللفظية

(Semantic Network) والأطر الجدولية (Frames)

في عام 1909 م قدم جارلس بيرسي (Charies Peirce) رموز شكلية تتكون من نقاط وخطوط تقدم خلطة بين المنطق والشبكات، عرفت في ما بعد بالشبكات اللفظية.

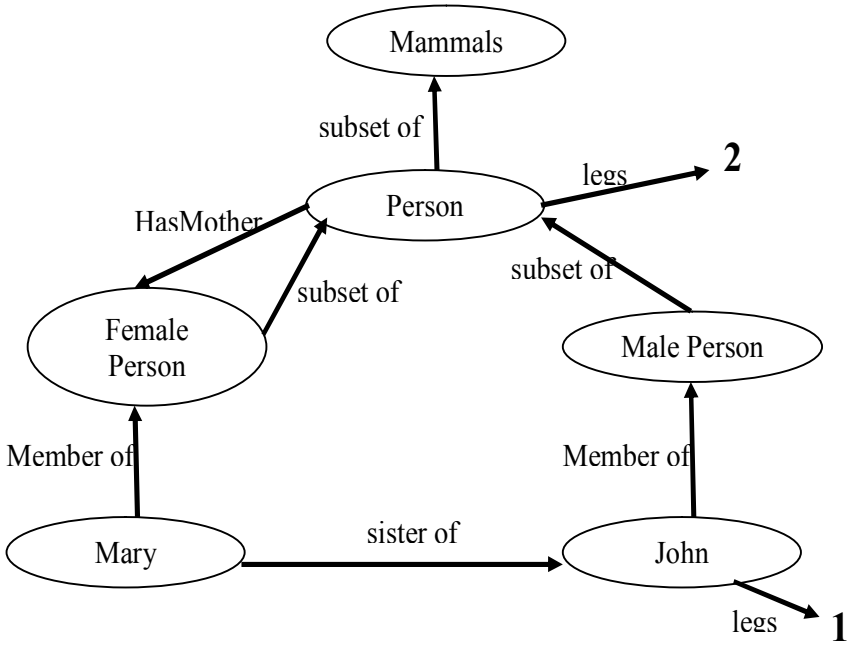
غالبا ما يتم تحديد معاني الكلمات من واقع موضعها في الجملة وعلاقتها ببقية الكلمات المكونة للجملة. الشبكات اللفظية وسيلة للتعبير عن معاني هذه الكلمات وعلاقتها ببقية الكلمات (الكائنات) المشتركة معها في الجملة. وتقدم الشبكات اللفظية هذه المفاهيم من خلال وضع الكائنات في شكل نقاط، وتوصل هذه النقاط بموصلات تعبر عن العلاقة الرابطة بين هذه الكائنات، لذا فإن الشبكات اللفظية تقدم تمثيلاً جيداً لكل من:

1. أجزاء الكائنات (الأجزاء التي يتكون منها الكائن).
2. التصنيفات الموجودة في هذه الكائنات.
3. العلاقة بين الكائنات.

مثال:

الشكل رقم (2–6) يعبر عن شبكة لفظية لعلاقة أسرية. يمكننا من خلال هذا الشكل أن نعبر عن هذه العلاقات في صورتين:

1- جمل وفق المنطق الرياضي.
2- أطر جدولية.



شكل رقم (2-6): شبكة لفظية توضح علاقة أسرية

الحل:

1- التعبير عن العلاقات بالمنطق الرياضي:

Sister_of(Mary,John) : or : $\forall s, p$ Sister_of (s,p)

Legs(John)=1

Member_of(Mary, Female_Person)

HasMother(Person,FemalePerson) : in general:

$\forall x\ x \in Person, \Rightarrow \{\forall y\ HasMother(x,y) \Rightarrow y \in FemalePerson\}$

وهكذا نستطيع التعبير عن جميع العلاقات.

كما تتميز الشبكات اللفظية بخاصية عكس العلاقة كمثال يمكن أن نقول:

$\forall p, s\ HasSister(p,s) \Leftrightarrow Sister_of\ (s,p)$

في هذه العبارة نرى كيف يمكن عكس العلاقة بين الأخ وأختــه (لــه أخــت Has Sister للتعبير عن الأخ وعلاقته بالأخت كعلاقة عكسية للعلاقة أختSister of).

2- الأطر الجدولية (Frames):

تعتبر الأطر الجدولية واحدة من الجوانب التي تستخدم للتعبير عن المعارف وغالبــا ما تأتي مرتبطة بالشبكات اللفظية.

من خلال هذا المثال تكون الأطر الجدولية على النحو التالي:

الإطار الخاص ب Person	الإطار الخاص ب John
Person: Subset of : Mammal Legs : 2 Has Mother: Female Person	John: Member of : Male Person Legs : 1 Has Sister: Mary (علاقة عكسية)

وهكذا يمكن أن تحدد الأطر الخاصة ببقية الكائنات.

الأطر الجدولية كما هو واضح تقدم تعبيراً عن كل كائن والعلاقات التي تخــرج منه، لذا فهي وسيلة مناسبة للتعبير عن الوراثة، كما يسهل برمجتها في صورة أصــناف (Class) مما يدفع البعض إلى استخدام لغات البرمجــة الشــيئية مثــل C++ لبرمجــة تطبيقات الذكاء الاصطناعي.

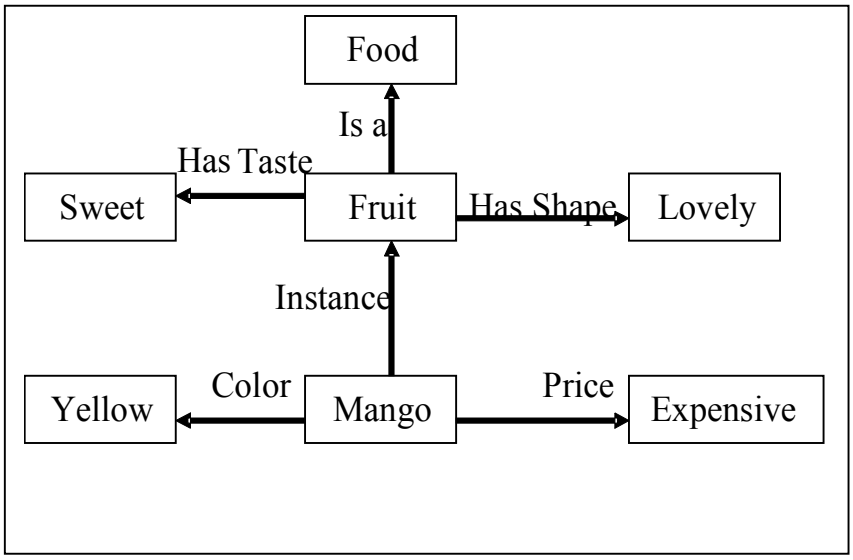
من خلال المثال أعلاه تتضح لنا مزايا الشبكات اللفظية والتي يمكن أن **نلخصها في جانبين هما:**

1. نستطيع بواسطة الشبكات اللفظية التعبير عن العلاقات الاستثنائية كما نلاحظ في حالة أن لجون رجلاً واحدة بينما لكل البشر رجلان.
2. تتميز الشبكات اللفظية بإمكانية عكس العلاقة ومن ثم إنتــاج علاقــات جديــدة (معارف جديدة).

تدريب (3)

الشكل التالي يعبر عن شبكة لفظية لعلاقة المانجو مع الطعام. عبر عــن هذه العلاقات في صورتين:

1. جمل وفق المنطق الرياضي.
2. أطر جدولية.



أسئلة تقويم ذاتى

ما أهم مزايا الشبكات اللفظية ؟

الاستنتاج في الشبكات اللفظية

طرق الاستنتاج المستخدمة في الشبكات اللفظية عديدة وتتفق في بعضها مع الطرق المستخدمة في المعارف الممثلة بالمنطق الرياضي وذلك لأن الشبكات اللفظية تبنى على منطق مثل معارف المنطق الرياضي.

تختص الشبكات اللفظية بجانبين في الاستنتاج **هما:**

1- الجانب الأول هو الاستنتاج عن طريق الكلمات المفتوحة والكلمات المغلقة. وهذا الجانب يقصد به إن في الشكل المعبر للشبكة اللفظية نجد بعض الكائنات (الكلمات) يمكن أن نمتد بها فنولد منها علاقات جديدة وكلمات جديدة وهذا التوليد يعتبر استنتاجاً لمعرفة من المعارف الموجودة، أما الكلمات المغلقة فهي التي لا يمكن تمديدها، وبالتالي لا يمكن أن نستنتج منها معارف جديدة.

2- الجانب الثاني هو الاستنتاج عن طريق عكس العلاقة كما رأينا في المثال الأول.

5. طرق تمثيل المعرفة غير الدقيقة (Uncertainty)

غالبا ما يكون الواقع المعرفي غير محدد تحديداً دقيقاً مما يتطلب طرقاً خاصة لتمثيل هذا النوع من المعارف.

أ. الفئات الغامضة (fuzzy sets) والمنطق الغامض (fuzzy logic)

تعتبر الفئات الغامضة والمنطق الغامض واحداً من الجوانب العلمية التي أدخلها الذكاء الاصطناعي في مجالات العلوم البحتة. وتلعب الفئات والمنطق الغامض دورا مميزا في تمثيل المعرفة غير الدقيقة والاستنتاج غير الدقيق.

ب. الفئات الغامضة (fuzzy set)

تختلف الفئات الغامضة عن الفئات العادية في إن الفئات الغامضة تتعامل بجزئية العنصر مقارنة بمجتمعه بدلا من عضوية العنصر في المجتمع كما في الفئات العادية. كمثال إذا حاولنا تحديد عناصر فئة الطوال في الفصل فإننا باستخدام طريقة الفئات

العادية سنقوم بحصر كل الطوال من الطلاب ونضمنهم في هذه الفئة والتي قد نعبر عنها إما بسرد جميع عناصرها كأن نقول:

$$\text{set} \quad T=\{\text{Ahmed, Ali,…}\}$$

أو يمكن التعبير عنها بطريقة الدالة المعبرة (بعد تحديد حد الطول) كأن نقول:

$$\text{set} \quad T=\{x: x \text{ is the students that their tall} > 6 \text{ feet }\}$$

وهنا قد نجد أنفسنا محتارين في تصنيف الطلاب الذين يقلون في طولهم عن 6 أقدام ببسيط كما تكون هناك مشكلة إذا أردنا معرفة مثلا درجة طول Ahmed مقارنة ببقية زملائه. في هذه الحالة نلجأ للفئات الغامضة (fuzzy sets) التي تعتمد على التعبير عن الجزئية بدلا عن الانتماء. ففي هذا المثال نستطيع أن نعبر عن الطول كدالة حيث نضع لكل طالب نسبة مقارنة ببقية زملائه وتكون هذه النسب في شكل قيم تنحصر بين 0 و 1 **كما يلي:**

Set T (Tall) in our class

Ahmed	0.6
Ali	0.8
Omer	0.5
……	…..
Badr	0.58

من هذا المثال نستطيع أن نُعرف الفئات الغامضة بأنها تعريف دالي لكل العناصر في صورة قيم تنحصر بين [0,1] ويصف هذا التعريف علاقة العنصر بمجتمعه، هذا بجانب إمكانية التعبير العادية التي نجدها في الفئات العادية. ومن هذا التعريف **نستنتج الآتي:**

1- إن الفئات العادية هي حالة خاصة من الفئات الغامضة (الفئات الغامضة هي الأشمل).

2- إن الفئات الغامضة تُمكن من التعبير عن العلاقة الجزئية. حيث تضـــيف للتعبيـــر عن الانتماء المجرد للمجموعة الانتماء النسبي للمجموعة. (نسبة انتماء العنصـــر لمجموعته بدلا عن فقط ينتمي أو لا ينتمي).

3- التعبير عن الفئات بصورة دالة function كما في الفئات الغامضة يحقق إمكانيـــة أفضل عند معالجة هذه الخصائص عبر الحاسب.

علما بأن التعبير عن العناصر في الفئات الغامضة يأخذ نفس الصورة التي نعبر بهـــا في الفئات العادية. كمثال إذا رغبنا في التعبير عن الفئة أعلاه يمكننا كتابتها على النحـــو التالي:

$$\text{set T}=\{0.6/\text{Ahmed}, 0.8/\text{Ali},\ldots\}$$

أسئلة تقويم ذاتي



ما أوجه الخلاف بين الفئات الغامضة والفئات العادية؟

ج. المنطق الغامض (fuzzy logic)

عادة ما نعبر عن القواعد منطقيا على النحو التالي:

$$\text{if A then B} \qquad \text{or } A \Rightarrow B$$

ولكن في حالة عدم الدقة يأتي التعبير عن هذه القاعدة على **النحو التالي:**

$$\text{if A (to some degree x) then B (to some degree)}$$

في هذه الحالة تكون القيمة الناتجة من العبـــارة (to some degree) وفـــق تقـــدير يكون عادة غير دقيق وعادة ما يمثل التصرف البشري حيث يكون وفق التقدير البشري، وهذا ما تسعى الفئات الغامضة إلى التعبير عنه كوسيلة لتمثيل مثـــل هـــذا النـــوع مـــن المعرفة، حيث الشرط ودرجته والحدث ودرجته يمكن التعبير عنهم جميعا فـــي صـــورة فئات غامضة. وحتى يتضح ذلك نرجع للمثال السابق ونطبق عليه القاعدة:

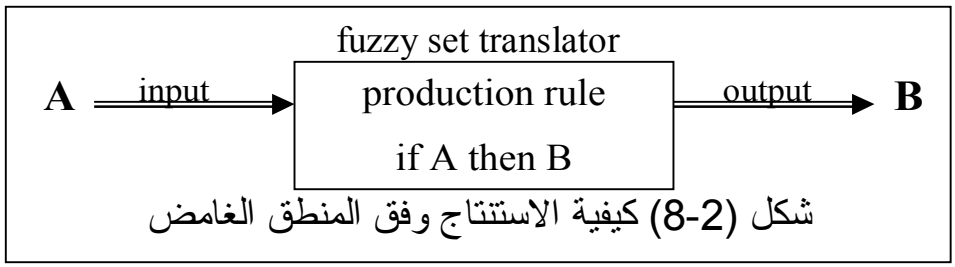
if tall (to some degree x) then big (to some degree)

"إذا كان طويلا لدرجة معينة فإنه ضخم لدرجة معينة"

وعليها نستطيع أن نقول:

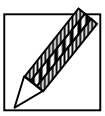
if Ahmed tall to level 0.8 then he is big to some level

إذا نظرنا للمثال أعلاه فإننا نستطيع أن نعوض عن جميع القواعـــد والحقـــائق فـــي صورة فئات وفق منهج الفئات الغامضة الموضح في الفقرة السابقة، ومن ثم نستطيع أن نستنتج نتائج وفق المنهج الموضح في الشكل رقم (2-8).



شكل (2-8) كيفية الاستنتاج وفق المنطق الغامض

تدريب (4)

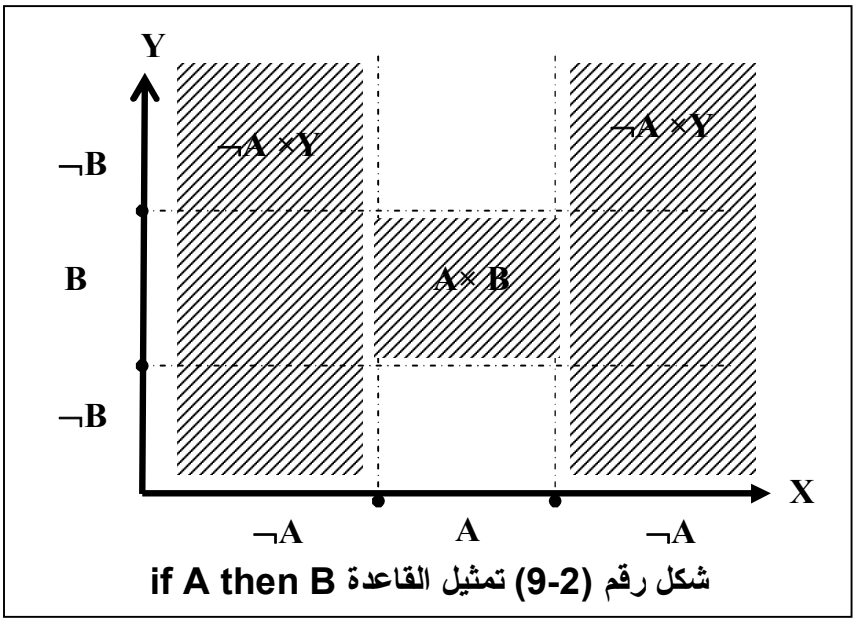


ماذا تستنتج من الشكل (2-8)؟

ومن هنا يكون التساؤل عن كيف تمثل هذه القواعد؟ وكيف يكون الاستنتاج؟ وهـذا ما نحاول أن نوضحه في الجوانب التالية.

د. بناء القواعد المنتجة (constructing fuzzy production rules):

إذا نظرنا للقاعدة if A then B فإن A هي عنصر من مجموعـة مـا لنفـرض إنها X ، و B هي أيضا عنصر من مجموعة أخرى لنفرض إنها Y ، أي (A in X and B in Y) ويمكن أن نعبر عن ذلك في محوري X و Y كما في الشكل رقـم (2-9).



شكل رقم (2-9) تمثيل القاعدة if A then B

نلاحظ من الشكل (2-9) إن القاعدة "if A then B" تتمثل في الجزء المظلـل حيث إن الجزء الذي يكون فيها A صحيحة، و B يمثل تقاطع A×B . وهذا ليس فقـط هو الجزء الوحيد الذي تعبر عنه القاعدة فإن القاعدة تدل أيضا على إنه إذا لـم تكـن A فهذا يعني بقية المجتمع الخاص ب B سيكون محققاً أي كل Y . وعليه فإن

$$\text{if A then B} = (A \times B) \cup (\neg A \times Y)$$

وهذه القاعدة تحقق من خلال الفئات الغامضة مع الاستعاضة بعلامة الضرب × بالعلامة o التي تدل على الضرب في الفئات الغامضة، وعليه تكتب هذه العلاقة على النحو التالي:

$$\text{if A then B or } A \Rightarrow B = (A \circ B) \cup (\neg A \circ Y)$$

والآن لنأخذ مثالين شاملين:

مثال (1):

نفترض أن لدينا مجمعاً سكنياً يتكون من خمسة مساكن هي:

$$U = \{1,2,3,4,5\}$$

وإذا تناولنا ظاهرتين في هذه الفئة هي الصغر small و الكبر large وكانت النسب لهذه المساكن كما في الجدول التالي:

العنصر (المساكن)	الصغر (small)	الكبر (large)
1	1	0
2	0.5	0
3	0	0
4	0	0.5
5	0	1

من الجدول نلاحظ إن المنزل رقم 3 لا يعتبر صغيرا ولا كبيرا (نستطيع أن نقول وسط).

ونعبر عن هذه الظواهر في الفئات الغامضة على النحو التالي:

$S=(1/1 + 0.5/2 + 0/3 + 0/4 + 0/5)$ in listing form

or $S= (1, 0.5 , 0, 0, 0)$ in vector form

$L= (0/1 + 0/2 + 0/3 + 0.5/4 + 1/5)$ in listing form

or $L= (0, 0, 0, 0.5, 1)$ in vector form

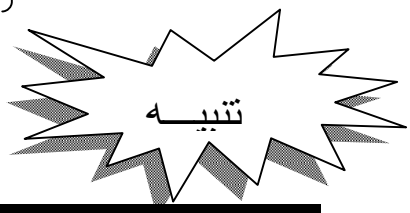
والآن لو أخذنا قاعدة تقول:

if Large(x) then Small(y)

or $\text{Large}(x) \Rightarrow \text{Small}(y)$ or $(L \Rightarrow S) = (L \circ S) \cup (\neg L \circ Y)$

ثم نطبق هذه القاعدة على الفئات أعلاه (الموجهات vector) على النحو التالي:

$$= \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0.5 \\ 1 \end{Bmatrix} \circ (1 \;\; 0.5 \;\; 0 \;\; 0 \;\; 0) \cup \begin{matrix} 1 \\ 1 \\ \begin{Bmatrix} 1 \\ 0.5 \\ 0 \end{Bmatrix} \end{matrix} \circ (1 \;\; 1 \;\; 1 \;\; 1 \;\; 1)$$



1- الضرب في الفئات الغامضة منطقي أي أنه يعني AND.

2- الجمع أو الاتحاد في الفئات الغامضة منطقي أي أنه يعني OR.

$$= \left\{ \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \right\} \cup \left\{ \begin{matrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \right\}$$

$$= \left\{ \begin{matrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 \\ 1 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \right\}$$

وتمثل هذه المصفوفة قاعدة المعرفة الخاصة العلاقة وتعرف بالمحول (fuzzy set translator)

ومن هذه القاعدة يمكننا أن نجري عمليات الاستنتاج والتي توضحها الجوانب التالية.

هـ. الاستنتاج في القواعد الغامضة (reasoning with fuzzy rules):

الاستدلال وفق المنهج الغامض يتبع الطريقة الموضحة في الشكل رقم (2-8) والذي يكون تطبيقه على النحو التالي:

rule: $A \Rightarrow B$ (fuzzy set translator) المحول

input: $\neg A$.

output: $\neg B$ (?)

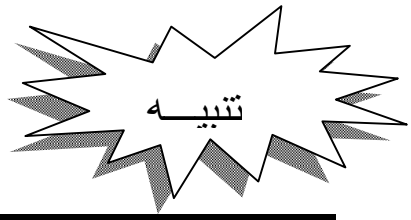
وهذا يعني: $(A \Rightarrow B) \circ \neg A = \neg B$

وإذا رجعنا للمثال السابق فإن المحول (المصفوفة النهائية) للعلاقة

$Large(x) \Rightarrow Small(y)$ or $(L \Rightarrow S)$

فإذا أردنا أن ندخل علاقة جديدة مثلا Little Large والتي تحسب برفع قيم الفئة Large للقوة نصف على النحو التالي:

$$L= (0^{1/2}, 0^{1/2}, 0^{1/2}, 0.5^{1/2}, 1^{1/2}) = \text{Little Large}=(0 , 0, 0 , 0.7, 1)$$



في الفئات الغامضة يمكننا أن نعطي لكل عنصر داخل الفئة وزناً (Qualify) لنحصل على مضاعفات الفئة. ففي الفئة أعلاه عندما رفعنا عناصر الفئة Large للقوة 1/2 حصلنا على فئة تعني Little Large .وإذا كانت القوة هي 2 فإننا سوف نحصل على العلاقة Very Large. وهذه تعتبر علاقة خاصة بالفئات الغامضة.

$$(L \Rightarrow S) \text{ o } (\text{Little Large}) = \text{Small}'$$

$$= \begin{Bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 \\ 1 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \end{Bmatrix} \text{o} \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0.7 \\ 1 \end{Bmatrix}$$

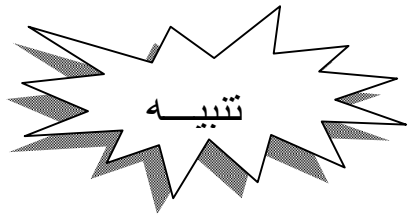
$$= (1 \quad 1 \quad 1 \quad 0.5 \quad 0) \qquad \text{Small}'$$

لمعرفة معنى هذا الناتج نقارنه مع بقية الخصائص في الجدول التالي:

العنصر (المنازل)	الصغر (small)	الكبر (large)	Little Large	Small′

1	1	0	0	1
2	0.5	0	0	1
3	0	0	0	1
4	0	0.5	0.7	0.5
5	0	1	1	0

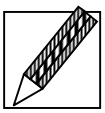
والناتج من هذه العلاقة (Small′) هو أيضا فئة غامضة يمكننا أن نستخدمها كنتيجة نهائية أو كمدخل جديد لقاعدة أخرى أو لتوليد قاعدة جديدة.



1- الضرب في الفئات الغامضة منطقي أي أنه يعني AND.

2- الجمع أو الاتحاد في الفئات الغامضة منطقي أي أنه يعني OR.

تدريب (5)



إذا كانت أطوال وأوزان الطلاب في الفصل على النحو التالي:

الطلاب		
ال	الطول بالسنتمتر	الوزن بالكيلوجرام
	Ahmed	180
	Ali	160
	Omer	175
	Badr	150

80	180	Ahmed
80	160	Ali
60	175	Omer
50	150	Badr

فإذا كان:

1- الطلاب الطوال هم الذين يفوق طولهم 160 (160<).

2- الطلاب الثقال وزنا هم الذين يزيد وزنهم عن 60 (60<).

المطلوب:

1- عبر عن فئة الأطوال في صورة فئة غامضة.

2- عبر عن فئة الأوزان في صورة فئة غامضة.

3- إيجاد فئة الطلاب الطوال (عبر عنها في صورة فئة غامضة).

4- إيجاد فئة الثقال وزنا (عبر عنها في صورة فئة غامضة).

5- إيجاد فئة الطلاب الطوال والثقال وزنا (عبر عنها في صورة فئة غامضة).

6- إذا كانت هناك قاعدة تقول "كلما كان الطالب طويلاً كلما كان ثقيلاً في الوزن " فوضح كيف يمكن ترجمة هذه القاعدة إلى production rule ومن ثم وضح كيف يمكن لنا استخدامها ك fuzzy set translator لإيجاد استنتاج مقبول **لما يلي:**

- عندما يكون لدينا طلاب أكثر طولا .
- عندما يكون لدينا طلاب أقل وزنا.

الخلاصة

عزيزي الدارس، بعد الفراغ من دراسة هذه الوحدة نخلص إلى أن:

بناء المعرفة داخل نظام الحاسوب يتم بعدة طرق، منها ما هو مرتبط بطبيعة المشكلة التي يراد حلها، ومنها ما هو مرتبط بمكونات البيئة .

تمثيل المعرفة بالمنطق الرياضي واحدة من الطرق المستخدمة لتحويل الجمل إلى صيغ يتم عبرها بناء المعرفة داخل النظام .

الاستنتاج في المنطق الرياضي تتلخص فكرته في تتبع القاعدة المنطقية وتطبيقها على معطيات محدودة للحصول على نتائج .

الاستنتاج عن طريق ربط القواعد مع الحقائق والتوسع بها تتلخص فكرة هذه الطريقة في أنها تأخذ القاعدة ثم تستخلص جميع الحقائق المتعلقة بالكائنات المرتبطة بهذه القاعدة وتطبق عليها القاعدة لتخرج بنتائج متعددة.

تمثيل المعرفة بالشبكات اللفظية والأطر الجدولية ، في الشبكات اللفظية يتم تحديد معاني الكلمات من واقع موضعها في الجملة وعلاقتها ببقية الكلمات المكونة للجملة ، أما الأطر الجدولية فتقدم تعبيراً عن كل كائن والعلاقات التي تخرج منه.

الاستنتاج في الشبكات اللفظية يختص بجانبين: استنتاج عن طريق الكلمات المفتوحة والكلمات المغلقة، و الاستنتاج عن طريق عكس العلاقة.

طريقة تمثيل المعرفة غير الدقيقة تشمل الفئات الغامضة والمنطق الغامض والتي تعتبر واحدة من الجوانب العلمية التي أدخلها الذكاء الاصطناعي في مجالات العلوم البحتة.

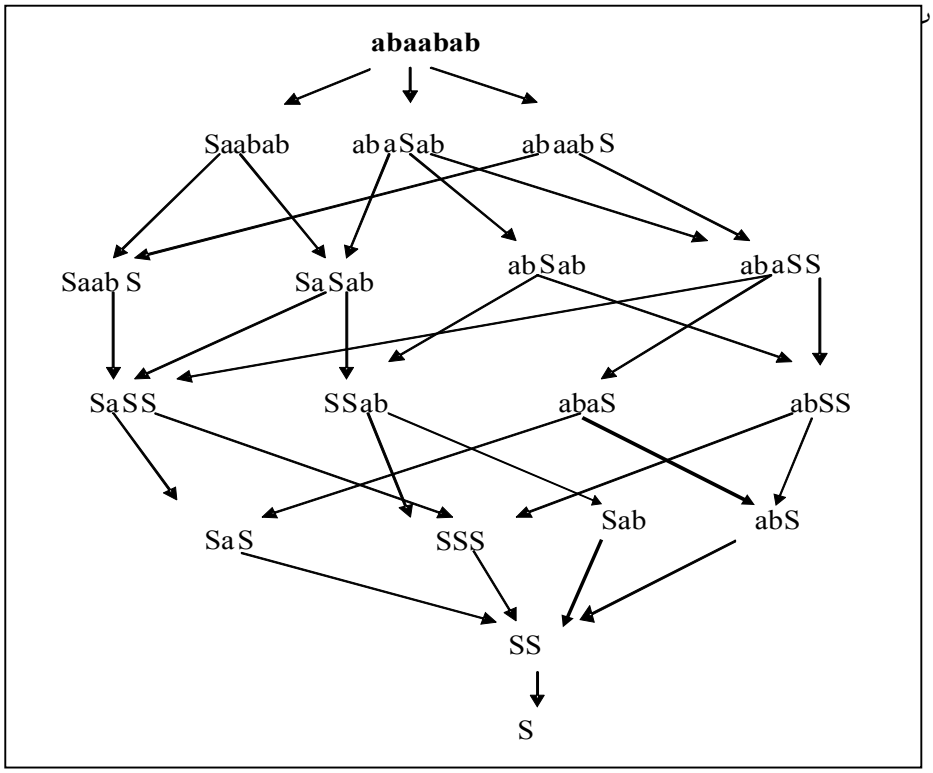
لمحة مسبقة عن الوحدة التالية

تتناول الوحدة التالية واحدة من أشهر لغات برمجة الذكاء الاصطناعي وهي لغة Prolog ، وهي لغة تحقق الجوانب العلمية لشرح مفاهيم الذكاء الاصطناعي خاصة تمثيل المعرفة.

وسنتعرف على خصائص هذه اللغة والكلمات المحجوزة فيها وكيف يتم تمثيل المعرفة في هذه اللغة.

إجابات التدريبات

تدريب 1



تدريب 2

Animal(cat)

Animal(dog)

Cat(has(4 legs)

Person(Dogcatcher)

¬ Animal(dogcatcher)

وهكذا

تدريب 3

1-التعبيرعن العلاقات بالمنطق الرياضي:

Isa (Fruit,Food)
instance(Mango,Fruit)
In general: $\forall x\ x\in Fruit \Rightarrow \{\forall y\ Mango(y),\ instance(x,y) \Rightarrow y\in Fruit\}$

وهكذا نستطيع التعبير عن جميع العلاقات.

2- الأطر الجدولية (Frames):

الإطار الخاص ب Mango
Mango:
Instance: Fruit
Price : Expensive
Color : Yellow

الإطار الخاص ب Fruit
Fruit:
Is a : Food
Has Taste : Sweet
Has Shape : Lovely

وهكذا يمكن تحديد الأطر الخاصة ببقية الكائنات.

تدريب 4

1- إن قاعدة المعرفة في الفئات الغامضة تتمثل في القواعد المنتجة للمعرفة الغامضة والتي تأخذ شكل if A then B ، ثم تحول هذه القواعد لصيغة فئات غامضة.

2- يتم الاستنتاج بإدخال قيم input ،ويتم معالجتها داخل القاعدة المعرفة لتنتج مخرجات output.

تدريب 5

1- التعبير عن الطول في صورة فئة غامضة:

هذا يعني أن نجعل القيم الخاص، بالطول تنحصر بين (1,0)، ويكون ذلك بجعل أعلى قيمة تأخذ 1 ، ثم تأخذ القيم الأخرى درجة حسب نسبتها من أعلى قيمة على النحو التالي:

$$\frac{180}{180}=1,\frac{160}{180}=0.89,\frac{175}{180}=0.97,\frac{150}{180}=0.83$$

وعليه تكون الفئة الغامضة للأطوال هي : (1 , 0.89 , 0.97, 0.83)

2- التعبير عن الوزن في صورة فئة غامضة يكون بنفس الطريقة أعلاه:

$$\frac{80}{80}=1,\frac{80}{80}=1,\frac{60}{80}=0.75,\frac{50}{80}=0.63$$

وعليه تكون الفئة الغامضة للأوزان هي : (1 , 1 , 0.75, 0.63)

3- التعبير عن فئة الطلاب الطوال في صورة فئة غامضة يكون **كما يلي:**

يأخذ كل طالب يساوي أو يقل طوله عن 160 القيمة صفر ، أما الطلاب الذين يزيد طولهم عن 160 فيأخذ أعلى طالب منهم القيمة 1 ، ونعطي البقية نسبة من هذه القيمة **كما يلي:**

$\frac{180-160}{180-160}=\frac{20}{20}=1,\frac{175-160}{180-160}=\frac{15}{20}=0.75,$. وعليه تكون الفئة الغامضة للطلاب الطوال هي: L= (1 , 0 , 0.75, 0)

4- التعبير عن فئة الطلاب أصحاب الأوزان الثقيلة في صورة فئة غامضة يكون كما **يلي:**

يأخذ كل طالب يساوي أو يقل وزنه عن 60 القيمة صفر، أما الطلاب الذين يزيد وزنهم عن 60 فيأخذ أعلى طالب منهم القيمة 1 ، ونعطي البقية نسبة من هذه القيمة كما يلي: $\frac{80-60}{80-60}=\frac{20}{20}=1,\frac{80-60}{80-60}=\frac{20}{20}=1,$. وعليه تكون الفئة الغامضة للطلاب أصحاب الأوزان الثقيلة هي : H= (1 , 1, 0, 0)

5- التعبير عن فئة الطلاب الطوال و أصحاب الأوزان الثقيلة: في هذه الحالة نربط بين هاتين الفئتين بالعلاقة (AND) وتكون النتيجة كما **يلي:**

$$(1\ ,\ 0\ ,\ 0.75,\ 0)\ o\ (1\ ,\ 1,\ 0,\ 0) = (1\ ,\ 0,\ 0,\ 0)$$

6- توليد القاعدة المنتجة: كلما كان الطالب طويلاً كان ثقيلاً وزنا

$$\text{if Long(x) then Heavy(y)}$$

$$\text{or}\quad L(x) \Rightarrow H(y) \quad \text{or}\ (L \Rightarrow H) = (L\ o\ H) \cup (\neg L\ o\ Y)$$

ثم نطبق هذه القاعدة على الفئات أعلاه (الموجهات vector) على النحو التالي:

$$= \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0.75 \\ 0 \end{Bmatrix} o\ (1\ 1\ 0\ 0\ ) \quad \cup \quad \begin{Bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0.25 \\ 1 \end{Bmatrix} o \quad (1\ 1\ 1\ 1\ )$$

$$= \begin{Bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.75 & 0.75 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{Bmatrix} \cup \begin{Bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0.25 & 0.25 & 0.25 & 0.25 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{Bmatrix}$$

$$= \begin{Bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0.75 & 0.75 & 0.25 & 0.25 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{Bmatrix}$$

وتمثل هذه المصفوفة قاعدة المعرفة الخاصة للعلاقة وتعرف بالمحول (fuzzy set translator)

والآن لتكملة الحل نحتاج أن نتحصل على فئتين جديتين هما فئة الطلاب الأكثر طولا وفئة الطلاب الأقل طولا ويكون ذلك كما يلي:

- فئة الطلاب الأكثر طولا نتحصل عليها برفع قيم فئة الطلاب الطوال للقوة 2 كما يلي:

$L = (1, 0, 0.75, 0)$ $\quad L' = (1^2, 0^2, 0.75^2, 0^2) = (1, 0, 0.56, 0)$

- فئة الطلاب الأقل طولا نتحصل عليها برفع قيم فئة الطلاب الأكثر طولا للقوة 1/2 كما يلي:

$L = (1, 0, 0.75, 0)$ $L'' = (1^{1/2}, 0^{1/2}, 0.75^{1/2}, 0^{1/2}) = (1, 0, 0.87, 0)$

والخطوة الأخير ندخل هاتين الفئتين على المصفوفة التي تمثل قاعدة الإنتاج (المحول) ومنها نتحصل على النتيجة المطلوبة والتي تكون فئتين جديدتين، كما يلي:

$$= \begin{Bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0.75 & 0.75 & 0.25 & 0.25 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{Bmatrix} o \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0.56 \\ 0 \end{Bmatrix} = (1 \quad 1 \; 0.75 \; 1)\ H'$$

ويكون الناتج هو فئة جديدة من فئات الأوزان (يمكن أن نرمز لها ب الحـــرف H') وذلك لأن القاعدة تقول: L' (x)⇒ H'(y) وبنفس الفكرة نستخرج الفئة التي تقابل الفئة L"

$$= \begin{Bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0.75 & 0.75 & 0.25 & 0.25 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{Bmatrix} o \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0.87 \\ 0 \end{Bmatrix} = (1\ 1\ 0.87\ 1) = H''$$

مسرد المصطلحات

❖ **تمثيل المعرفة (Knowledge Representation)**

بناء المعرفة داخل نظام الحاسوب. ويتم ذلك بعدة طرق منها ما هو مرتبط بطبيعة المشكلة التي يراد حلها، ومنها ما هو مرتبط بمكونات بيئة المعرفة(Environment).

❖ **الحقائق (Facts)**

الجمل التي تصف شيئاً ما أو تخبر عن شيء ما سواء أكانت الجملة جملة اسمية أو فعلية أو شبه جملة.

❖ **القواعد (Rules)**

الجمل التي يمكن تعميمها أو تطبيقها على مجموعة من الأشياء ويلزم تطبيقها توفر شرط أو مجموعة شروط.

❖ **الفئات الغامضة (fuzzy set)**

تعريف دالي لكل العناصر في صورة قيم تنحصر بين [0,1] ويصف هذا التعريف علاقة العنصر بمجتمعه، هذا بجانب إمكانية التعبير العادية التي نجدها في الفئات العادية.

❖ **الاستنتاج في المنطق الرياضي (Inference in Mathematical Logical):**

استخراج نتائج من قاعدة المعرفة الممثلة بالمنطق الرياضي، وهو يتبع نفس المفهوم الذي يتبعه المنطق الرياضي، وتتلخص فكرته في تتبع القاعدة المنطقية وتطبيقها على معطيات محددة للحصول على نتائج.

المراجـــــع

المراجع العربية

1- المهندس أسامة الحسيني، 1989م، **الذكاء الاصطناعي ومدخل إلى لغة ليسب.** دار الراتب الجامعية بيروت 1989م.

2- آلان بونيه، ترجمة د. علي صبري فرغلي ،1993م، **الذكاء الاصطناعي واقعه ومستقبله.** عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت.

3- دكتور مهندس خالد ناصر السيد ، 2004م، **أصول الذكاء الاصطناعي.** مكتبة الرشد 2004م.

4- د. صباح محمد أمين الخياط و د. جنان عبدالوهاب فيضي ،1998م، **الذكاء الاصطناعي مفاهيمه تقنياته أساليبه برمجته.** دار حنين للنشر والتوزيع. عمان، الأردن. 1998م.

5- بروفسير شمبول عدلان، **الذكاء الاصطناعي والنظم الخبيرة.** مذكرة، جامعة الخرطوم 1993م.

6- د. المختار بن هندة،2001، ، **البحث الذكي وخدمات القيمة المضافة للمعلومات على شبكة الإنترنت** المعهد الأعلى للتوثيق. جامعة منوبة. الجمهورية التونسية

7- ترجمة وإعداد المهندسة زينب الزرقاء والمهندس أيمن عودة، 2005م، **الذكاء الصنعي في لغة PROLOG ومواضيع في النظم الخبيرة.** شعاع للنشر والعلوم، 2005م.

Reference :

1- Allen, J. F. ,1995, "Natural Language Understanding", Benjamin/Cumming, Redwood City, California. 1995.
2- Anthony, M. and Bartlett, P. ,1999, " Neural Network Learning: Theoretical Foundations". Cambridge University Press, Cambridge, UK. 1999
3- Bishop, C. M. ,1995, "Neural Networks for Pattern Recognition". Oxford University Press, Oxford, UK. 1995.
4- Bratko, I. ,2001, "Prolog Programming for Artificial Intelligence". Third edition, Addison-Wesley. 2001.
5- Russell, Stuart and Peter Norvig,2003, "Artificial Intelligence A Modern Approach". Second edition, Prentice Hall, 2003.
6- Sowa, J. ,1999, "Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations". Blackwell, Oxford, UK. 1999.
7- Dr. Ziad Algadi & Dr. Rashad Rasras 2003 " Artificial Intelligence ", الأردن عمان, مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع, 2003.
8- Zimmermann, H. J., 2001," Fuzzy Set Theory and its Application". Forth edition. Kluwer, Dordrecht, Netherlands. 2001

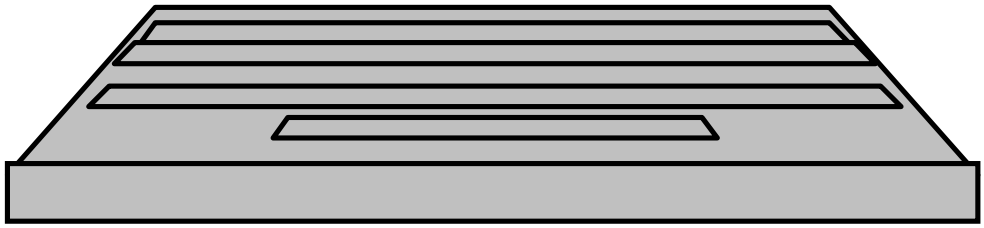
مواقع الانترنت

1- http://perso.wanadoo.fr/colin.barker/tpro1/tpro.htm
2- http://www.jfsowa.com/krbook/
3- http://www.wtec.org/loyola/kb/
4- http://www.c4arab.com/showsection.php?secid=16

الوحدة الثالثة

مقدمة للغة البرمجة برولوج

(prolog)



محتويات الوحدة

الموضوع	رقم الصفحة
مقدمة	**81**
تمهيد	**81**
أهداف الوحدة	**82**
1. لغات برمجة الذكاء الاصطناعي	**83**
2. لغة Turbo Prolog	**84**
1.2 جمل الوصف المعرفي	91
2.2 تنفيذ البرنامج	92
3.2 الكلمات المحجوزة في لغة	94
3. تمثيل المعرفة بلغة	**95**
الخلاصة	**102**
لمحة مسبقة عن الوحدة التالية	**102**
إجابات التدريبات	**103**
مسرد المصطلحات	**109**
المصادر والمراجع	**110**

مقدمة

تمهيد

مرحباً بك عزيـــزي الـــدارس، فـــي الوحـــدة الثالثـــة مـــن مقـــرر "الـــذكاء الاصطناعي"،والتي نتناول فيها واحدة من أشهر لغات البرمجة في الذكاء الاصـــطناعي، وهي لغة البرمجة Prolog.

في القسم الأول من هذه الوحـــدة ســـنتعرف علـــى لغـــات البرمجـــة فـــي الـــذكاء الاصطناعي، وقد اشتهرت لغتان هما: لغة Lisp ،ولغة Prolog .وتمتاز جميـــع لغـــات البرمجة بخصائص تناسب طبيعة أنظمة الذكاء الاصطناعي .

أما في القسم الثاني فسوف نستعرض إصدارات لغـــة Turbo Prolog، والتطـــورات التي مرت بها. كما سنستعرض الأجزاء التي يتكون منها البرنامج ، ثم نقوم باستعراض جمل الوصف المعرفي التي يتم فيها إدراج كل الحقائق والقواعد التي تصف المشـــكلة ، ثم نقم بعد ذلك بتنفيذ البرنامج ، وفي نهاية القسم نستعرض الكلمات المحجوزة في لغـــة Turbo Prolog.

في القسم الثالث والأخير من الوحدة نقدم أمثلة توضح كيفية تمثيل المعرفة باستخدام لغة Turbo Prolog.

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس، بعد دراسة هذه الوحدة ينبغي أن تكون قادراً على أن:

- **تعدد** خصائص لغات برمجة الذكاء الاصطناعي.
- **تصف** أجزاء البرنامج في لغة Turbo Prolog.
- **تشرح** بالمثال كيفية البرمجة وفق لغة Turbo Prolog.
- **تكتب** الاستفسارات الواردة عند تنفيذ البرنامج في لغة Turbo Prolog.

1. لغات برمجة الذكاء الاصطناعي

عزيزي الدارس،

في مجال لغات الذكاء الاصطناعي اشتهرت لغتان هما: لغة Lisp التي صممت في 1958م ولغة Prolog ،التي صممت في عام 1970م. لغة Lisp تعتمد على استخدام الدوال (Function). لغة Prolog تعتمد على المنطق. وقد اُشتق اسمها من ذلك (**Pro**gramming in **Log**ic) وهي تقوم بتمثيل المنطق من خلال معالجة الحقائق (Facts) والقواعد (Rules).

لغة Prolog وجميع لغات الذكاء الاصطناعي تمتاز بخصائص تناسب الطبيعة الخاصة لأنظمة الذكاء الاصطناعي، من هذه الخصائص **ما يلي:**

(1) **قابلية تمثيل المعرفة (Knowledge Representation):** ويقصد بها استخدام قواعد خاصة لوصف المعرفة (حقائق Facts ، علاقات Relations قواعد Rules ، أطرFrames..). وتمتاز لغة Prolog بإمكانية تمثيل هذه الحقائق والقواعد في مجموعة هياكل معرفية مكونة بذلك قاعدة المعرفة (Knowledge-Base).

(2) **معالجة الرموز والأشكال (Symbolic Processing):** تمتاز لغات الذكاء الاصطناعي بإمكانية معالجة الرموز والأشكال.

(3) **مرونة في التحكم (Flexibility of control):** بما أن اللغات الطبيعية تقوم بمعالجة المشكلة من خلال تتبع تسلسلي لتعليمات البرنامج، فهي دائما ما تكون عاجزة عن علاج مشاكل الذكاء الاصطناعي، لذا أتت لغات الذكاء الاصطناعي بإمكانية تحكم أكثر مرونة.

انتشرت لغة Prolog بسرعة كبيرة في أوروبا وأصبح لها شعبيتها، وجاء اليابانيون واعتبروها اللغة الرئيسية لجيل الحاسبات الخامس في عام 1981م. أما بالنسبة لأمريكا فلم تجد الرواج الكبير لها هناك. وذكر بعضهم سبب عدم انتشارها

لسببين: الأول هو صعوبة اتصالها باللغات التقليدية مثل لغة فورترون(FORTRAN). والثاني هو بطء برامج Prolog في طور الإنتاج.

2.لغة Turbo Prolog

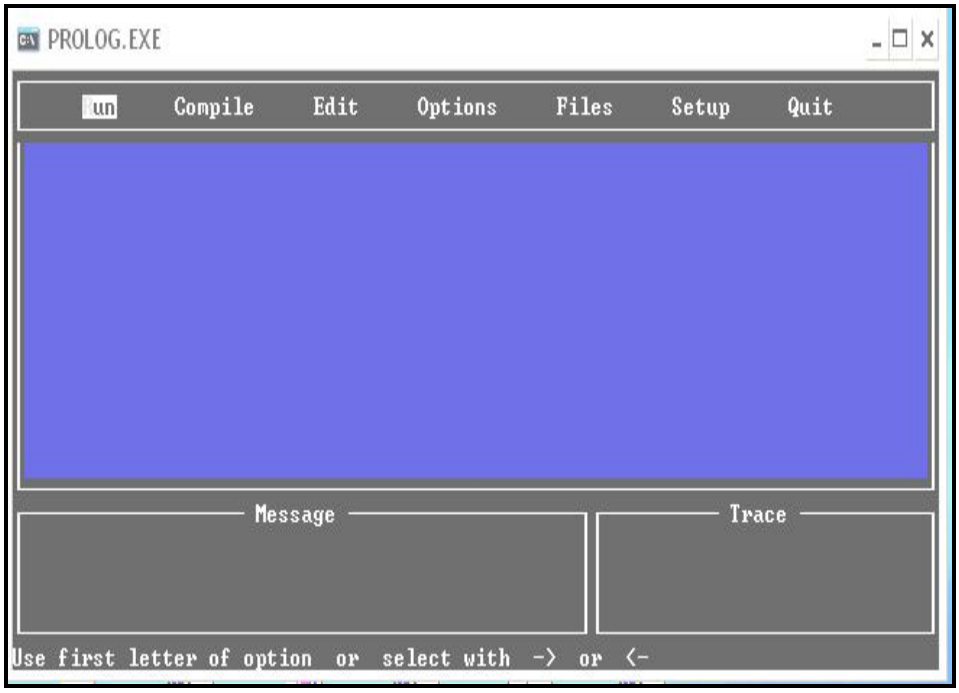
لقد مرت لغة Prolog بتطور وإصدارات متعددة منها على سبيل الإصدار C-Prolog ، و Sega- Prolog ، و SWI- Prolog ، و فيجـــوال Visual Prolog بإصداراته المختلفة.

رغم إن Turbo Prolog قد لا تعتبر هي أحدث الإصدارات إلا إننا ســنتناول مــدخلنا للغة Prolog من خلال Turbo Prolog وذلك لعدة أسباب هي:

- تعتبر لغة Turbo Prolog هي الأنسب للشرح العلمي للذكاء الاصطناعي (لغة تحقق الجوانب العلمية لشرح مفاهيم الذكاء الاصطناعي خاصة تمثيل المعرفة).
- تمتاز بسرعة البرنامج في طور الإنتاج.
- يمكن اعتبارها لغة قياسية حيث يمكن من خلالها تفهم بقية الإصدارات.

إن لغة Turbo Prolog تعتبر لغة متكاملة تحتوي على العديــد مــن الإجــراءات المساعدة في عملية البرمجة كما يظهر ذلك في الشكل رقم (3-1) حيث نلاحــظ مــن الشكل أن الشاشة الرئيسية للبرنامج تحتوي سبع قوائم وثلاث نوافذ فرعية هي:

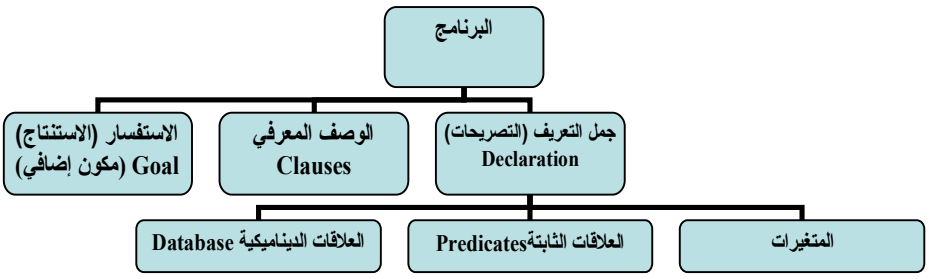
- النافذة الخاصة بكتابة البرنامج Editor Windows.
- ونافذة لرسائل النظام Messages Windows.
- ونافذة لتدقيق البرنامج Trace Windows.
- وعند تشغيل البرنامج تظهر نافذة رابعة للاستفسار Dialog Windows.



شكل رقم (3-1) الشاشة الرئيسية للبرنامج Turbo Prolog

ويكتب البرنامج بعد استدعاء المحرر (Edit) من قائمة التحرير وبعد كتابة البرنامج يتم حفظه من قائمة (Files) ومن ثم تشغيله من قائمة (Run).

أما البرنامج في لغة Turbo Prolog فيكون وفق الهيكل الموضح في الشكل (3-2).



شكل رقم (3-2): هيكل البرنامج وفق لغة Turbo Prolog

كما هو واضح في المخطط على شكل رقم (3-2) فإن البرنامج في لغة Turbo Prolog يتكون من **جزئين رئيسين والثالث إضافي هما**:

1- جمل التعريف (Declaration): وفي هذا الجزء يقوم المبرمج بتوصيف المتغيرات والعلاقات.

2- جمل الوصف المعرفي (Clauses): وفي هذا الجزء تتم معالجة المشكلة عن طريق وصفها وتمثيل المعرفة الخاصة بها. حيث تكتب في هذا الجزء الحقائق والقواعد الخاصة بالمشكلة.

3- الاستفسار أو الاستنتاج (goal): هو الجزء الخاص بالنتائج حيث يتم فيه الاستنتاج أو الاستفسار عن النتائج المتوقعة من البرنامج، وعادة ما يكون الاستفسار عند تشغيل البرنامج (في مرحلة Run)، ولكن يمكن كتابة جمل استفسارية داخل جزء خاص في البرامج يأخذ عنوان goal.

وحتى نقدم توضيحاً لكل جزء وكيف نكتبه داخل البرنامج نقدم المثال التالي:

```
domains
        child = symbol
        age = integer
```

```
predicates
        pupil(child,age)
clauses
        pupil(khalid,9).
        pupil(omer,10).
        pupil(ali,9).
        pupil(rashid,9).
```

من هذا المثال نستطيع أن نشرح كيفية البرمجة وفق لغة Turbo Prolog ، حيث يتناول هذا المثال كل جزء من الأجزاء التي يتكون منها البرنامج وكيف يمكن كتابتها:

التعريفات (Declaration):

نلاحظ في المثال إن هناك جزئيين للتعريفات **هما:**

1- Domains

في هذا الجزء يتم تعريف المتغيرات كما يتضح من المثال حيث عرفنا متغيرين الأول هو child وعرفناه بأنه من النوع symbol (رمز أو شكل) والمتغير الثاني هو age وعرفناه بأنه من النوع integer (عدد صحيح). وهذا يشير إلى أن هناك أنواع متعددة للمتغيرات في لغة Turbo Prolog. فما هذه المتغيرات وكيف يمكن تعريفها؟

في لغة Turbo prolog هناك ثلاثة أنواع من المتغيرات **هي:**

(أ) المتغيرات البسيطة (Atomic Variable):

تعريف المتغيرات البسيطة يأخذ الشكل التالي:

نوع المتغير =<اسم المتغير variable name>

حيث يكون نوع المتغير البسيط واحداً **مما يلي:**

- عدد صحيح integer.
- عدد حقيقي real.
- حرف char.
- سلسلة حروف string.
- رموز symbol.

(ب) المتغير من نوع ملف(file)

وقد يكون المتغير من نوع ملف، وفي هذه الحالة يأتي تعريف المتغير بصورة عكسية (أي النوع يكتب في ناحية اليمين) وفق القاعدة التالية:

File =<file name اسم الملف>

(ج) المتغير من النوع المركب

وفي هذه الحالة يأخذ المتغير الواحد أكثر من نوع، وهنا نجد لدينا نوعين من أنواع المتغيرات المركبة هي:

(ج-1) المركب الأولي (Primitive Compound): مثل القائمة list التي تكون عناصرها من النوع البسيط أو المركب، ويتم تصريحها (تعريفها) **وفق القاعدة التالية:**

* المتغيرات =<اسم القائمة list name>

كمثال:

```
domains
      namelist = name*
      name = symbol
```

(ج-2) المركب المتداخل (Nested Compound): في هذه الحالة يتم تصريح (تعريف) المتغير بدلالة علاقة معينة وفق القاعدة التالية:

< name اسم المتغير >=< relation name اسم العلاقة> (P1,P2,.. ,Pn)

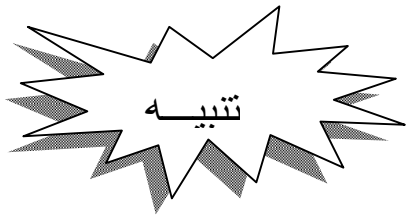
وتمثل P المعاملات التي تؤثر عليها العلاقة. كمثال:

```
domains
   title, author = symbol
   pages  = integer
   publication = book(title, pages)
```

ففي المثال يمثل المنشور (publication) المتغير. وقد عرف على إنه من نوع كتاب (book) ، وهو في الأصل علاقة (أي الكتاب)، وله معاملان هما: العنوان (title) الذي من نوع symbol ، والصفحات (pages) والتي من النوع integer.

2- predicates:

في هذا الجزء يتم تعريف العلاقات، ففي المثال عرفنا العلاقة pupil (تلميـــذ) وخصصنا لها معاملين هما child (طفل) و age (عمر).



نرجو أن نشير إلى أن التصريحات أو التعريفات عموما تأخذ خمسة أشـــكال هي:

(1) تعريفات خاصة أو منفردة للمتغيرات domains كما في المثال أعلاه.

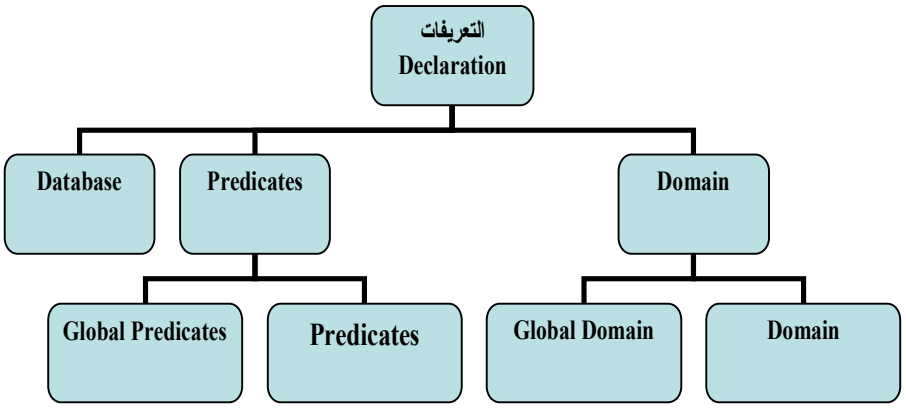
(2) تعريفات شاملة أو عامة للمتغيرات global domains.

(3) تعريفات خاصة أو منفردة للعلاقات الثابتة predicates كمـــا فـــي المثـــال أعلاه.

(4) تعريفات شاملة أو عامة للعلاقات الثابتة global predicates .

(5) تعريفات للعلاقات الديناميكية (البيانات) database.

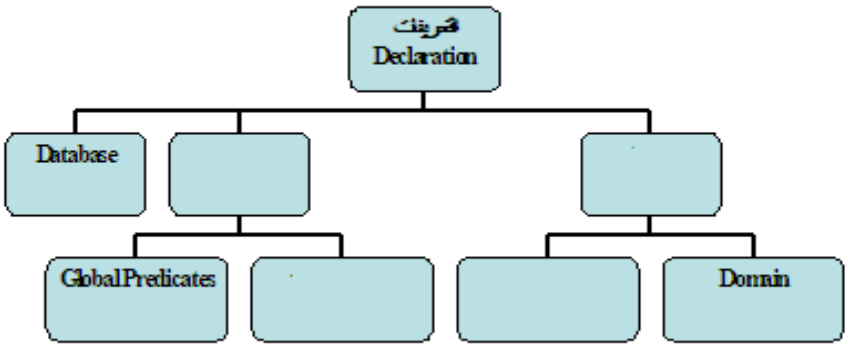
هذه الأشكال المختلفة للتعريفات يلخصها المخطط الهيكلي الموضح في شكل رقـــم (3-3).



شكل رقم (3-3) مخطط يوضح أنواع التعريفات فى لغة Turbo Prolog

أسئلة تقويم ذاتي

1. يتكون البرنامج في لغة Turbo Prolog من جزئيين رئيسين وثالث إضافي، اذكرهما؟
2. هناك ثلاثة أنواع من المتغيرات في لغة Turbo Prolog ، اذكرهما؟
3. أكمل المخطط التالي الذي يوضح أنواع التعريفات في لغة Turbo Prolog.



1.2جمل الوصف المعرفي clauses

في هذا الجزء يتم إدراج كل الحقائق والقواعد التي توصف المشكلة، حيث نلاحظ في المثال إننا وضعنا حقائق عن بعض التلاميذ.

نرجو أن نشير إلى أن كل جملة من جمل هذا الجزء يجب أن تنتهي بنقطة.

طبعا في هذا الجزء تظهر العديد من تركيبات الجمل المنطقية المكونة للبرنامج مثل جمل if و and وغيروهما. كما سنوضح ذلك لاحقا.

2.2 تنفيذ البرنامج (run)

يتم تنفيذ البرنامج في لغة turbo prolog بتشغيل القائمة الرئيسية ومن ثم اختيار الأمر run ، وتظهر نافذة حوار فرعية (Dialog) ويظهر عليها كلمة :Goal، نكتب بعدها الاستفسارات والتي تكون في الأصل اسم العلاقة مع عناصرها التي يمكن أن تختلف باختلاف الاستفسار. ففي البرنامج أعلاه يمكن أن تكون الاستفسارات على **النحو التالي:**

1. **الاستفسار** pupil(X,Y)

وهذا يعني عرض جميع التلاميذ (اسم ، وعمر) حيث رمزنا للاسم ب X والعمر ب Y (وهما في لغة prolog متغيران يقبلان جميع أنواع المتغيرات ويشترط أن يكتبا بالحروف الكبيرة) وستكون نتيجة هذا الاستفسار كما يلي:

```
X=khalid, Y=9
X=omer, Y=10
X=ali, Y=9
X=rashid, Y=9
4 Solutions
```

2. **الاستفسار** pupil(X,9) :

وهذا الاستفسار عن جميع التلاميذ الذين أعمارهم تساوي 9 وستكون إجابته على النحو **التالي:**

```
X=khalid
X=ali
X=rashid
3 Solutions
```

ونلاحظ أن نتيجة هذا الاستفسار انحصرت فقط في التلاميذ الذين أعمارهم تساوي 9 دون أن تعرض الأعمار ضمن النتائج كما كان في نتيجة الاستفسار السابق.

3.الاستفسار pupil(X,9) and !

نتيجة الاستفسار السابق شملت جميع التلاميذ الذين أعمارهم تساوي 9 . أما إذا رغبنا في عرض تلميذ واحد فقط من هؤلاء التلاميذ نستخدم هذا النوع من الجمل الاستفسارية. حيث اضفنا للاستفسار العلامة ! والتي تقطع الاسترجاع، حيث تعمل لغة prolog على استرجاع جميع النتائج المتوافقة مع الاستفسار ما لم يتم قطع الاستفسار بهذه العلامة !. وعليه ستكون نتيجة هذا الاستفسار على النحو التالي:

X=khalid

ونلاحظ أن النتيجة لم تتضمن الجملة التي تحدد عدد الإجابات (Solutions) لان هذه ليست الإجابة الوحيدة. طبعا ستظهر هذه الجملة لو كانت نتيجة الاستفسار في الأصل وحيدة، كمثال pupil(X,10) and ! فستكون النتيجة:

X=khalid
1 Solution

4. ويمكن أن يأتي الاستفسار بصورة أكثر تشعبا كأن نكتب :

pupil(X,9) and pupil(Y,9) and X<>Y and write("this is test \n").

وهذا الاستفسار يحتوي على شرط هو X<>Y وعلى جملة كتابة هي write وهو يعني أعرض تلميذين في كل سطر على شرط أن يكون عمر كل واحد منهما 9 ، وبشرط أن يكون التلميذ الثاني ليس هو الأول. وستكون النتيجة كما يلي:

X=khalid, Y=ali
this is test
X=khalid, Y=rashid
this is test
X=ali, Y=khalid
this is test
X=ali, Y=rashid
this is test

X=rashid, Y=khalid
this is test
X=rashid, Y=ali
6 Solutions

ونلاحظ أن الإجابة أتت تبين علاقات زوجية بين التلاميذ الذين يشتركون في نفس العمر 9 ، كما نجد بين كل إجابة توجد جملة this is test في سطر مستقل وذلك لأننا وضعنا جملة write ضمن الاستفسار كما وضعنا الحرفين n\ وهما يعنيان: اكتب هذه الجملة في سطر جديد.

من خلال تنفيذ البرنامج **نلاحظ الجوانب التالية:**

- إن التنفيذ في لغة prolog يكون عبارة عن استخراج نتائج من المعارف الممثلة داخل البرنامج.
- إن الاستنتاج يأتي في صور جمل استفسارية. وهذه الجمل يمكن أن تكون بسيطة أو يمكن أن تتشعب لتأخذ شكل الجمل برمجية.
- يمكن أن تكتب جمل الاستفسارات داخل البرنامج تحت قسم بعنوان goal.
- تستخدم لغة prolog منهج استرجاع النتائج عند الإجابة عن الاستفسارات، ولذا قد يطلب الأمر قطع الاسترجاع باستخدام علامة القطع (!)، أو استمرار الاسترجاع باستخدام كلمة fail.

3.2 الكلمات المحجوزة في لغة Turbo Prolog

لغة Turbo Prolog مثلها كمثل جميع اللغات لديها بعض الكلمات المحجوزة لاستخدامات خاصة والتي لا يستطيع المبرمج استخدامها إلا للغرض الخاص بها. الجدول رقم (3-1) يعرض هذه الكلمات:

جدول رقم (3-1) الكلمات المحجوزة Reserved Word

And	clauses	findall	If	Predicates
Asserta	database	free	Include	Readterm
Assertz	domains	global	Not	Retract
Bound	fail	goal	Or	
Arctan	cursorform	fronstr	Openwrite	Shorttrace
Attribute	date	fronttoken	Pencolor	Sin
Back	deletefile	trace	Pendown	Sound
Beep	diagnostics	graphics	Penup	Sqrt
Bios	dir	include	port_byte	Storage
Bitand	disk	inkey	Project	str_char
Bitleft	display	Isname	ptr_dword	str_int
Bitnot	div	Left	Random	str_real
Bitor	dot	Length	Readchar	System
Bitright	edit	Line	Readdevice	Tan
Bitxor	editmsg	Ln	Readint	Text
char-int	eof	Makewindow	Readln	Time
check-cmpio	existfile	Membyte	Readreal	Trace
check-determ	exit	Memword	Reference	Trail
Clearwindow	exp	Mod	removewindow	Upper_lower
Closefile	field_attr	Nl	Renamfile	Windows_attr
Code	file_str	Nobreak	Right	Windows_str
Concat	filepos	Nowarnings	Save	Write
Consult	flush	Openappend	scr_attr	Writedevice
Cos	forward	Openmodify	scr_char	Writef
Cursor	frontchar	Openread	shiftwindow	

3. تمثيل المعرفة بلغة Turbo Prolog

في ما يلي نقدم أمثلة توضح كيف تمثل المعرفة باستخدام لغة Turbo Prolog:

المثال الأول:

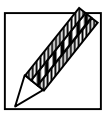
فيما يلي برنامج يعبر عن معرفة خاصة بالأنشطة لمجموعة من الأشخاص (كتطبيق آخر لجملة if):

```
domains
    person, activity = symbol
predicates
    likes(person,activity)
clauses
```

likes(ahmed,tennis).
likes(saad,football).
likes(ali,baseball).
likes(ammar,swimming).
likes(nadir,tennis).
likes(omer,X) if likes(ali,X).

يمكننا بنفس الطريقة السابقة أن نسأل قاعدة المعرفة عن أنشطة كل واحد من هؤلاء الأشخاص، كما يمكننا أن نسأل سؤال عكسي كأن نقول من هو الذي يفضل كرة القدم؟ أي likes(X,football) . فتكون الإجابة X=saad. وأيضا يمكن أن نستنتج عن omer رغم إن قاعدة المعرفة لم تحدد نشاط omer، فإذا سألنا قاعدة المعرفة عن ماهو نشاط omer كما يلي likes(omer,X) ستكون النتيجة هي X=baseball .وأيضا إذا سألنا قاعدة المعرفة عن من هم الذين يفضلون baseball أي likes(X,baseball) ستكون النتيجة X=omer X =ali.

تدريب (1)



فيما يلي برنامج يعبر عن جزء من المعرفة الخاصة بالعلاقة بين Richard وأخوه الأصغر الملك John (التي تناولناها في الوحدة السابقة). وضح كيف يتم تمثيل المعرفة باستخدام لغة Turbo Prolog؟

المثال الثاني:

فيما يلي برنامج يعبر عن قاعدة معرفة للعلاقات الأسرية (نحاول من خلال هذا المثال أن نعبر بصورة أكثر تشعبا لجملة if):

domains

```
    person = symbol

predicates
    male(person)
    father(person,person)
    brother(person,person)
clauses
    male(ali).
    male(ahmed).
    male(omer).

    father(ali,omer).
    father(ahmed,omer)

    brother(X,Y) if      /*The brother of X is Y if  */
        male(Y) and      /*Y is a male and       */
        father(X,P) and  /*the father of X is P and   */
        father(Y,P) and  /*the father of Y is P and    */
        X <> Y.          /* X and Y are not the same   */
```

نلاحظ في هذا المثال إننا وضعنا علاقة brother في صورة قاعدة عامة تقول: يعتبر كل من X و Y أخوان إذا كان والد X هو والد Y وكان X لا تساوي Y. وهذه تعتبر قاعدة عامة وطبعا تختلف عن الحقيقة التي تكون في جملتها brother(ali,ahmed).

الجديد في هذا البرنامج هو استخدام and وكما نلاحظ إننا تركنا وضع النقطة حتى نهاية الجملة، وهذا يعني إننا يمكننا أن نستمر في الجملة بتحديد الشروط المختلفة بإضافة and أو بإضافة or. كما استخدمنا في هذا البرنامج الجمل التوضيحية التي ليست لها علاقة بالبرنامج حيث يعتبر البرنامج أي جملة تنحصر بين علامتين "/* */" جملاً توضيحية ليست لها علاقة بالبرنامج.

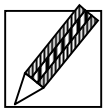
ويمكن الاستنتاج من هذا البرنامج بأي صورة من صور الاستنتاج المختلفة عن كل الأشخاص، ولكن يهمنا هنا كيفية الاستنتاج عن علاقة الأخوة، حيث إذا سألنا البرنـــامج عن brother(X,Y) ستكون النتيجة هي:

X=ali, Y=ahmed
X=ahmed, Y=ali
2 solution

طبعا إذا لم نضيف الشرط X<>Y ستكون النتيجة غير سليمة حيث ســيجعل مــن الشخص شقيقاً لنفسه حيث ستأتي نتيجة الاستفسار brother(X,Y) كما يلي:

X=ali, Y=ali
X=ali, Y=ahmed
X=ahmed, Y=ahmed
X=ahmed, Y=ali
4 solution

تدريب (2)



في المثال السابق وضحنا علاقة الأخــوة فقــط ولــم نوضــح علاقات أخرى، كما إننا لم نعبر عن الأشقاء عبر علاقــة الوالــدين parent.

قم بتوضيح العلاقة الأسرية بصورة أكثر دقة وشمولية.

المثال الثالث:

في ما يلي نقدم مثالاً شاملاً نعرض من خلاله علاجاً للعبة برج هانوي التي ســبق أن عرضناها في الباب السابق.

في هذا المثال نتعرف على جوانب جديدة في لغة turbo prolog.

1- DOMAINS
2- TIME, ROW, COL, NUMBER = INTEGER

```
3- PREDICATES
4- hanoi(NUMBER)
5- move(NUMBER, NUMBER, ROW, ROW, ROW, COL, COL,
   COL)
6- inform(NUMBER, NUMBER, ROW, ROW, COL, COL)
7- makepole(NUMBER, NUMBER, COL)
8- delay()  dd(TIME)
9- move_vert(COL,NUMBER,ROW,ROW)
10-    move_horizon(ROW,NUMBER,COL,COL)

11-    CLAUSES
12-    delay :- dd(100).
13-    dd(0):-!.
14-    dd(N):-N1=N-1,dd(N1)
15-    hanoi(N) :-
16-    N<=13,! ,
17-    VB=2+6*N,VH=3+N,CV=N, CM=3*N, CH=5*N،
18-    STCOL=(79-6*N)/2, STROW=(25-VH)/2,
19-    makewindow(1,7,7,"Hanoi",STROW,STCOL,VH,VB),
20-    makepole(N,N,CV),
21-    move(N,N,0,0,0,CV,CM,CH),
22-    cursor(0,0), write("Press any key"),readchar.(_)

23-    hanoi(_):- write("maximum 13 disc's\n.").

24-    move(H,1,HA,_,HC,CA,_,CH):-
   !,inform(H,1,HA,HC,CA,CH).
25-    move(H,N,HA,HB,HC,CA,CB,CC):-
26-    N1=N-1,
27-    HA1=HA+1,
28-    move(H,N1,HA1,HC,HB,CA,CC,CB),
29-    inform(H,N,HA,HC,CA,CC),
```

```
30-   HC1=HC+1,
31-   move(H,N1,HB,HA,HC1,CB,CA,CC).

32-   inform( H, N, H1, H2, C1, C2):-
33-   C11=C1-N, C22=C2-N, NN=2*N,
34-   H11=H-H1, H22=H-H2,
35-   move_vert(C11,NN,H11,1),
36-   move_horizon(1,NN,C11,C22),
37-   move_vert(C22,NN,1,H22).

38-   makepole(_,0,_):-!.
39-   makepole(H,N,C):-HH=H-N,inform(H,N,HH,HH,C,C),N1=N-
      1, makepole(H,N1,C).
40-   move_vert(_,_,H,H):-!.
41-   move_vert(COL,SIZE,H1,H2):-H1<H2,!, /* move up/*
42-   H11=H1+1,
43-   field_attr(H11,COL,SIZE,112),
44-   field_attr(H1,COL,SIZE,7),delay,delay,
45-   move_vert(COL,SIZE,H11,H2).
46-   move_vert(COL,SIZE,H1,H2):-H1>H2,!, /* move down/*
47-   H11=H1-1,
48-   field_attr(H11,COL,SIZE,112),
49-   field_attr(H1,COL,SIZE,7),delay,delay,
50-   move_vert(COL,SIZE,H11,H2).

51-   move_horizon(_,_,H,H):-!.
52-   move_horizon(ROW,SIZE,C1,C2):-C1<C2,!, /* move right/*
53-   C11=C1+1, HH=C1+SIZE.
54-   field_attr(ROW,HH,1,112),
55-   field_attr(ROW,C1,1,7),delay,
56-   move_horizon(ROW,SIZE,C11,C2),
57-   move_horizon(ROW,SIZE,C1,C2):-C1>C2,!, /* move left/*
```

```
58-    C11=C1-1, HH=C11+SIZE,
59-    field_attr(ROW,C11,1,112),
60-    field_attr(ROW,HH,1,7),delay,
61-    move_horizon(ROW,SIZE,C11,C2),
```

عند تنفيذ هذا البرنامج يكتب المستخدم العلاقة hanoi مع عـــدد الأقـــراص التـــي يرغب في تنفيذ الحركات عليها. كمثال hanoi(8)

نلاحظ في هذا البرنامج ما يلي:

1. يتكون البرنامج من جزئيين رئيسين الجزء الأول يبدأ من الســـطر رقـــم 12 إلـــى السطر رقم 39 وهو جزء يقوم بتأسيس مكونات اللعبة. أما الجزء ابتداء من السطر رقم 40 إلى نهاية البرنامج فهو الجزء الخاص بالحركات المختلفة للأقراص داخـــل اللعبة.
2. نلاحظ في الجزء الخاص بتعريف العلاقات أننا عرفنا علاقة مـــن دون عناصـــر delay() ، وعندما استخدمنا هذه العلاقة داخل البرنامج استخدمناها بنفس الصورة من غير عناصر -: delay.
3. من الجوانب التي يمكن أن نقوم بها داخل البرنامج أن نجعل لكل علاقة مقطع مـــن الجمل البرمجية وذلك بكتابة العلاقة ثم نليه بالعلامة -: ثم نستمر في كتابة الجمـــل التي تنتمي لهذه العلاقة في سطر واحد أو عدة سطور بشرط استخدام الفاصـــلة (,) بين الجمل والتي تعني and ، ونختم هذه الجمل بنقطة.

الخلاصة

في هذه الوحدة عرفنا لغات برمجة الذكاء الاصطناعي المشهورة وهي: لغة Lisp ولغة Prolog التي تقوم (أي لغة Prolog) بتمثيل المنطق من خلال معالجة الحقائق (Facts) والقواعد (Rules) وتتكون من جزئيين رئيسين وثالث إضافي هما : جمل التعريف، و جمل الوصف،و الاستفسار وهو الجزء الخاص بالنتائج حيث يتم فيه الاستفسار عن النتائج المتوقعة من البرنامج.

يتم تنفيذ البرنامج في لغة Prolog بتشغيل القائمة الرئيسة ومن ثم اختيار الأمر Run حيث تظهر لك نافذة إصدار فارغة Dialog ويظهر عليها كلمة Goal نكتب بعدها الاستفسارات.

للغة Prolog بعض الكلمات المحجوزة لاستخدامات خاصة لا يستطيع المبرمج استخدامها إلا للغرض الخاص بها.

لمحة مسبق عن الوحدة التالية

في الوحدة التالية من مقرر "الذكاء الاصطناعي" نتناول تقنيات البحث حيث أننا سنتعرف على أن الذكاء الاصطناعي يقوم بحل المشاكل عن طريق البحث عن الحلول في فضاء الحالة، وهذا البحث يتم بعدة طرق وتقنيات. ففي هذه الوحدة سنتعرف على فضاء الحالة وسنقوم بالإجابة على عدة تساؤلات منها على سبيل المثال ما هو فضاء الحالة ؟ وما هي تقنيات البحث ؟ وكيف تعمل كل تقنية من هذه التقنيات ؟.

إجابات التدريبات

تدريب1

```
domains
        person = symbol
predicates
        king(person)
        brother(person,person)
        evil(person)
        greedy(person)

clauses
        king(john).
        brother(john,richard).
        greedy(john).
        evil(X) if  greedy(X).
```

في هذا البرنامج نجد:

- جملة if: ونلاحظ إنها تأخذ طبيعة خاصة في turbo prolog حيث لا توجد then كما تعودنا في معظم اللغات، حيث نكتب نتيجة if في الأول ثم شرط if يلي النتيجة، ففي البرنامج نجد مدلول الجملة هو: شرير X إذا كان طماع.
- يحتوي البرنامج على متغير غير معرف هو X وكتب بالحروف الكبيرة، وهذا يعني أن لغة turbo prolog تعتبر كل ما كتب بحروف كبيرة متغير لا يتطلب تعريفاً ويقبل جميع أنواع المتغيرات البسيطة (كما وضحنا ذلك عندما تناولنا كيفية تنفيذ البرنامج في الجزء السابق).

عند تنفيذ هذا البرنامج تظهر لنا مدى إمكانية لغة turbo prolog في استخراج نتائج من المعرفة. فعلى سبيل المثال إذا كتبنا الاستفسارات التالية:

- king(X) : أي اسأل قاعدة المعرفة: من هو الملك؟ فتكون النتيجة X= john
- brother(X,Y) : أي اسأل قاعدة المعرفة: من هم الأشقاء؟ فتكون النتيجة X= john Y=richard
- وتظهر الإمكانية العالية للاستنتاج إذا سألنا قاعدة المعرفة عن من هو الشرير evil(X) ستجد أن النتيجة تكون X= john رغم أن قاعدة المعرفة لا تحتوي على علاقة مباشرة تحدد إن evil(john) ولكن هذه النتيجة أتت من ربط القاعدة if مع الحقيقة greedy(john).

تدريب 2

```
domains
    person = symbol

predicates
    male(person)
    female(person)
    father(person,person)
    mother(person,person)
    sister(person,person)
    parent(person,person)
    brother(person,person)
    uncle(person,person)
    grandfather(person,person)

clauses
    male(ali).
    male(ahmed).
```

```
male(omer).
male(badr).

female(fatma)
female(hind).
female(suaad).
female(zainab).

mother(suaad,fatma).
mother(ali,zainab).
father(ali,omer).
father(fatma,ahmed)
father(hind,omer)
father(suaad,ali).

parent(X,Y) if mother(X,Y).
parent(X,Y) if father(X,Y).

brother(X,Y) if      /*The brother of X is Y if  */
    male(Y) and      /*Y is a male and  */
    parent(X,P) and  /*the parent of X is P and  */
    parent(Y,P) and  /*the parent of Y is P and  */
    X <> Y.          /* X and Y are not the same  */

sister(X,Y) if       /*The sister of X is Y if     */
    female(Y) and    /*Y is female  and  */
    parent(X,P) and  /*the parent of X is P and  */
    parent(Y,P) and  /*the parent of Y is P and     */
    X <> Y.          /*X and Y are not the same */

uncle(X,U) if        /*The uncle of X is U if */
    mother(X,P) and  /*the mother of X is P and  */
```

```
    brother(P,U).     /*the brother of P is U */
uncle(X,U) if         /*The uncle of X is U if */
    father(X,P) and   /*the father of X is P and */
    brother(P,U).     /*the brother of P is U */

grandfather(X,G) if   /*The grandfather of X is G */
    father(P,G) and   /*if the father of P is G */
    mother(X,P).      /*and the mother of X is P */
grandfather(X,G) if   /*The grandfather of X is G */
    father(X,P) and   /*if the father of X is P */
    father(P,G).      /*the father of P is G */
```

نلاحظ في هذا البرنامج إننا عرفنا في البداية قاعدة عن الوالـــدين (parent) ومـــن هنا أخرجنا بقية القواعد الخاصة بالأشقاء (brother) والشـــقيقات (sister) والأخـــوال والأعمام (uncle) ثم عرفنا قاعدة عن الجد من الأب والأم (grandfather).

والآن نعرض بعض الاستفسارات الممكنة وإجاباتها:

3. الاستفسار father(X,Y) :

وهذا استفسار مباشر يطلع من حقيقة ثابتة في البرنامج وستكون إجابتـــه علـــى النحو التالي:

```
X=ali,      Y=omer
X=fatma,    Y=ahmed
X=hind,     Y=omer
x=suaad,    Y=ali
4 Solutions
```

4. الاستفسار mother(X,Y) :

وهذا أيضا استفسار مباشر يطلع من حقيقة ثابتة في البرنامج وستكون إجابتـــه على النحو التالي:

```
X=suaad,    Y=fatma
X=ali,      Y=zainamb
2 Solutions
```

5. الاستفسار parent(X,Y) :

هذا استفسار غير مباشر حيث يربط القاعدة الخاصة بالوالدين (parent) مع الحقائق الخاصة بالأب (father) والأم (mother) ومنهم يستنتج النتائج التي هي في الأصل والد أو والدة.

```
X=suaad,    Y=fatma
X=ali,      Y=zainab
X=fatma,    Y=ahmed
x=hind,     Y=omer
4 Solutions
```

6. الاستفسار sister(X,Y) :

وهذا أيضا استفسار غير مباشر ولكنه أكثر تعقيدا من السابق حيث يستخدم قاعدتين. حيث لا يمكن الإجابة عنه إلا بربط القاعدة الخاصة بالشيقات (sister) و القاعدة الخاصة بالوالدين (parent) ثم الحقائق عن الأب (father) و عن الأم (mother) وعليه نجد أن الإجابة عن هذا الاستفسار تكون على النحو التالي (أي شقيقة علي هي هند):

```
X=ali,      Y=hind
1 Solutions
```

وذلك لان عليّاً وهنداً يشتركون في الأب رغم أن القاعدة لم تحدد أم هند وإذا استفسرنا عن أم هند ستكون الإجابة No Solution.

7. الاستفسار brother(X,Y):

وهذا أيضا استفسار لا يمكن الحصول عليه إلا بالربط قاعدتين هما قاعدة الأشقاء (brother) و قاعدة الوالدين (parent). وإذا نظرنا للاستفسارين (1) و(2) أعلاه نجد أن ليست هناك من يشترك في الأب أو الأم إلا هند وعلي اللذان يشتركان فقط في

الأب ولذا ستظهر نتيجة واحدة فقط و هي علاقة علي بهند ولكن بصورة عكسية أي أن شقيق هند هو علي. وعليه ستكون الإجابة عن هذا الاستفسار تأتي على النحو التالي:

x=hind, Y=ali
1 Solutions

8. الاستفسار grandfather (X,Y):

وهذا استفسار يربط فقط قاعدة الجد (grandfather) مـــع حقيقتـــي الأب (father) والأم (mother) لان الجد قد يكون من الأب أو من الأم:

X=suaad, Y=ahmed
X=suaad, Y=omer
2 Solutions

9. الاستفسار uncle(X,Y):

بما أن قاعدة العم أو الخال (uncle) الموضحة في البرنامج تقول يكون U عما ل X إذا كان والد X هو P و شقيق P هو U. وطبعا لا توجـــد علاقـــة فـــي الحقائق تتماشى مع هذه القاعد لذا أتت الإجابة :

No Solutions

تمرين عن هذا البرنامج : حاول أن تعدل البرنامج بما يفيد تحقق إجابات أوسع عند الاستفسار عن كل من :

1. brother(X,Y)
2. uncle(X,Y)

مسرد المصطلحات

- **قابلية تمثيل المعرفة (Knowledge Representation)**

ويقصد بها استخدام قواعد خاصة لوصف المعرفة (حقائق Facts علاقات Relations قواعد Rules أطرFrames..). وتمتاز لغة Prolog بإمكانية تمثيل هذه الحقائق والقواعد في مجموعة هياكل معرفية مكونة بذلك قاعدة المعرفة (Knowledge-Base).

- **جمل الوصف المعرفي(clauses)**

في هذا الجزء يتم إدراج كل الحقائق والقواعد التي توصف المشكلة.

المراجـــــع

المراجع العربية

1- المهندس أسامة الحسيني، 1989م، **الذكاء الاصطناعي ومدخل إلـــى لغـــة ليسب**. دار الراتب الجامعية بيروت 1989

2- آلان بونيه، ترجمة د. علي صبري فرغلي ،1993م، **الذكاء الاصطناعي واقعه ومستقبله**. عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنـــون والآداب، الكويت.

3- دكتور مهندس خالد ناصر السيد ، 2004م، أصول الـــذكاء الاصـــطناعي. مكتبة الرشد 2004م.

4- د. صباح محمد أمين الخياط و د. جنان عبـــدالوهاب فيضـــي ،1998م، **الذكاء الاصطناعي مفاهيمه تقنياته أساليبه برمجته** . دار حنـــين للنشـــر والتوزيع. عمان، الأردن. 1998م.

5- بروفسير شمبول عدلان ، **الذكاء الاصطناعي والنظم الخبيـــرة**. مـــذكرة، جامعة الخرطوم 1993م.

6- د. المختار بن هندة،2001م ،**البحث الذكي وخـــدمات القيمـــة المضـــافة للمعلومات على شبكة الإنترنت**. المعهد الأعلى للتوثيق. جامعة منوبـــة. الجمهورية التونسية

7- ترجمة وإعداد المهندسة زينب الزرقاء والمهندس أيمن عـــودة، 2005م، **الذكاء الصنعي في لغة PROLOG ومواضيع في النظم الخبيرة**. شعاع للنشر والعلوم، 2005م.

Reference:

1- Allen, J. F. ,1995, "Natural Language Understanding", Benjamin/Cumming, Redwood City, California. 1995.
2- Anthony, M. and Bartlett, P. ,1999, " Neural Network Learning: Theoretical Foundations". Cambridge University Press, Cambridge, UK. 1999
3- Bishop, C. M. ,1995, "Neural Networks for Pattern Recognition". Oxford University Press, Oxford, UK. 1995.
4- Bratko, I. ,2001, "Prolog Programming for Artificial Intelligence". Third edition, Addison-Wesley. 2001.
5- Russell, Stuart and Peter Norvig,2003, "Artificial Intelligence A Modern Approach". Second edition, Prentice Hall, 2003.
6- Sowa, J. ,1999, "Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations". Blackwell, Oxford, UK. 1999.
7- Dr. Ziad Algadi & Dr. Rashad Rasras 2003 " Artificial Intelligence ", مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع, الأردن عمان, 2003.
8- Zimmermann, H. J., 2001," Fuzzy Set Theory and its Application". Forth edition. Kluwer, Dordrecht, Netherlands. 2001

مواقع الانترنت

1- http://perso.wanadoo.fr/colin.barker/tpro1/tpro.htm
2- http://www.jfsowa.com/krbook/
3- http://www.wtec.org/loyola/kb/
4- http://www.c4arab.com/showsection.php?secid=16


الوحدة الرابعة
تقنيات البحث

محتويات الوحدة

الموضوع	رقم الصفحة
مقدمة	**115**
تمهيد	**115**
أهداف الوحدة	**116**
1. فضاء الحالة	**118**
1.1 شجرة البحث	**119**
2.1 الفرق بين فضاء الحالة وشجرة البحث	**120**
2. خوارزمية البحث	**121**
3. البحث الأعمى	**123**
1.3 إستراتجية العرض أولاً	124
2.3 إستراتجية حساب التكلفة	126
3.3 إستراتجية العمق أولاً	127
4.3 إستراتجية العمق المحدود	129
5.3 إستراتجية البحث العميق المتكرر	130
4. البحث التجريبي	**135**
الخلاصة	**144**
لمحة مسبقة عن الوحدة التالية	**145**
إجابات التدريبات	**146**
مسرد المصطلحات	**148**
المصادر والمراجع	**150**

مقدمة

تمهيد

مرحباً بك عزيزي الدارس، في الوحدة الرابعة من مقرر "الذكاء الاصطناعي" وفيها نقدم لك تقنيات البحث ، القسم الأول في هذه الوحدة يبحث في فضاء الحالة وهنا نبحث عن حل المشكلة المحددة عبر فضاء الحالة ، ويتناول هذا القسم أيضاً شجرة البحث وهنا إذا كان المطلوب مثلاً إيجاد الطريق من x إلى y في هذه الحالة يكون الحل هو البحث عبر الطرق المختلفة انطلاقاً من x حتى نصل إلى الهدف y، كما يتطرق هذا القسم من الوحدة إلى مقارنة بين فضاء الحالة وشجرة البحث.

في القسم الثاني من الوحدة (خوارزمية البحث) نضع إجابة للتساؤلين التاليين:

- كيف نعرف إننا وصلنا إلى الهدف؟
- كيف نختار النقطة التالية؟

القسم الثالث من الوحدة يتناول البحث الأعمى أو غير المعلوم الذي يعتمد على استخدام أدوات خاصة تختلف باختلاف إستراتيجيات البحث ويتناول القسم خمساً من هذه الإستراتيجيات.

في القسم الرابع نتطرق للبحث التجريبي أو المعلوم، وهنا سنتناول طريقة مهمة تعرف بالبحث عن الأفضل أولاً التي تقوم على اختيار أفضل النقاط لتكون النقطة التالية. وسنتناول أيضاً طريقة الأفضل أولاً الطماع ، وطريقة A^*.

أهداف الوحدة



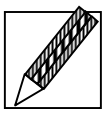
عزيزي الدارس، بعد دراسة هذه الوحدة ينبغي أن تكون قادراً علـــى أن:

- **تستخدم** شجرة البحث لإيجاد الطرق بين المدن.
- **تستخدم** فضاء الحالة للبحث عن حلة المشكلة.
- **تقارن** بين فضاء الحالة وشجرة البحث.
- **تشرح** طريقة البحث الأعمى باستخدام الأمثلة.
- **تعدد** أنواع استراتيجيات البحث الأعمى.
- **تقارن** بين استراتيجيات البحث المختلفة.

توطئة

عزيزي الدارس ، في تطبيقات الذكاء الاصطناعي عادة ما يتم الحصول على الحل عبر تتبع سلسلة من الإجراءات والنتائج. هذه السلسلة من الإجراءات والنتائج تعرف بعملية البحث. حيث تتم عمليات الاستنتاج أو الاستفسارات عن المعلومات الموجودة داخل قواعد المعرفة عن طريق البحث عن القيم التي تحقق النتائج المطلوبة، وعادة ما يتولد من الاستفسار عدة نتائج أو تكون هناك أكثر من مراحل يمر بها الاستنتاج حتى نصل إلى الهدف النهائي. هذه الخطوات والإجراءات كما ذكرنا أعلاه تعرف بالبحث وهو يأخذ أشكالاً وتقنيات مختلفة ولكن تتلخص الفكرة العامة لجميع خوارزميات البحث في أنها تأخذ المشكلة كمدخلات ثم تقدم الحل في صورة سلسلة من الأحداث المستمرة التي تنتهي عند الحصول على الحل النهائي.

تدريب (1)

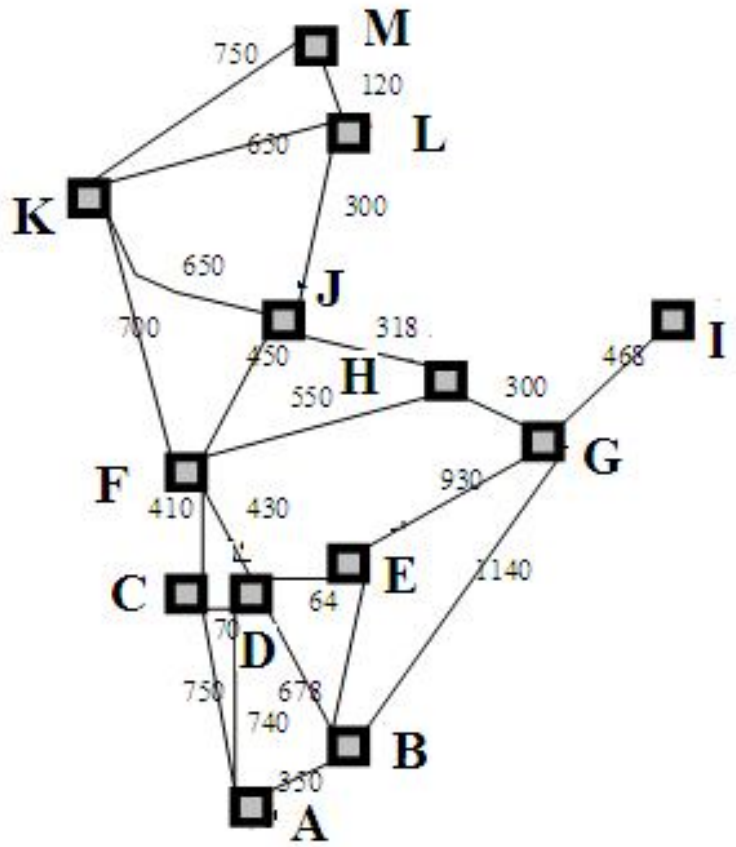


تتلخص الفكرة العامة لجميع خوارزميات البحث في أنها تأخذ المشكلة كمدخلات ثم تقدم الحل في صورة سلسلة من الأحداث المستمرة التي تنتهي عند الحصول على الحل النهائي. استخلص من هذه الفقرة شكلاً يحدد فكرة البحث.

من هذا المنطلق نستطيع أن نقول إن الذكاء الاصطناعي يقوم بحل المشاكل عن طريق البحث عن الحلول في فضاء الحالة (state space)، وهذا البحث يتم بعدة طرق وتقنيات. فما هو فضاء الحالة؟ وما هي هذه التقنيات؟ وكيف تعمل كل تقنية من هذه التقنيات؟ . في هذا الباب نحاول أن نقدم إجابة لهذه التساؤلات.

1. فضاء الحالة (state space)

إذا كان لدينا مشكلة محددة ونبحث عن حل لهذه المشكلة فإن الحل يتم بالبحث عبر فضاء الحالة. فمثلا إذا كنا نرغب أن نجد الطريق من مدينة إلى أخرى داخل دولة معينة فإن فضاء الحالة يكون كل المدن التي توجد في هذه الدولة، أما الهدف يكون هو الوصول إلى المدينة F انطلاقا من المدينة A. وإذا تمعنا في مثل هذا المثال نجد أن فضاء الحالة يمكن أن نعتبره كل النقاط التي تمثل المدن في شكل graph يحتوي على نقاط (nodes) هي المدن و تربط بينها خطوط (edges) هي الطرق التي تربط بين هذه المدن، كمثال الشكل رقم (4-1) الذي يحتوي على بعض المدن في الدولةX والطرق التي تربط بين هذه المدن، فضاء الحالة في هذا المثال هو عبارة عن 13 نقطة هي مجموعة المدن الموجودة في الشكل.

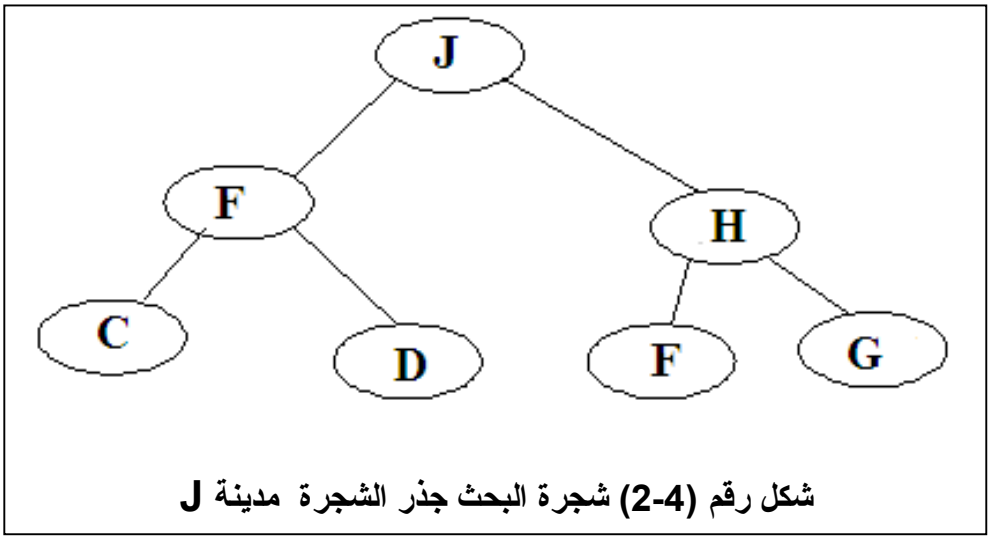


شكل رقم (4-1): نموذج لبعض المدن والطرق التي تربط بينها في الدولة X

1.1 شجرة البحث (search tree)

فإذا كان المطلوب إيجاد الطريق من J إلىA، ففي هذه الحالة يكون الحـــل هـــو البحث عبر الطرق المختلفة انطلاقا من J حتى نصل إلى الهدف A ومن هنا نلاحظ أن البحث يأخذ شكل شجرة بحث جذرها J وتتفرع منها عدة فـــروع (شـــكل(4-2)) وإن

اتباع أي واحدة من هذه الفروع يولد ممراً (path) من ممرات الشجرة أو يولد شجيرات جديدة.



شكل رقم (4-2) شجرة البحث جذر الشجرة مدينة J

من الشكل رقم (4–2) نلاحظ أننا إذا رغبنا في القيام من J إلىA فإننا لـــدينا عـــدة خيارات في كل مرحلة، وإننا كل ما وصلنا مرحلة من المراحل تحذف خيارات وتتولـــد خيارات أخرى، وكل مرحلة تمثل شجرة بحث جديدة بجذر جديد. وهذا يعني أن هنـــاك عدداً كبيراً من الممرات في الدولة (paths) للانتقال عبر الشكل الكلي (الممثل في شكل رقم (4–1)) قد يصل هذا العدد إلى ما لانهائي من الممـــرات (paths) أو الشـــجيرات المتجددة، وذلك لأن البحث في الأصل ليس بحثاً شجرياً وإنما هـــو بحـــث فـــي شـــكل (search graph).

2.1 الفرق بين فضاء الحالة وشجرة البحث

من الشكلين السابقين نلاحظ أن الانطلاق من مدينة إلى مدينة يتم عبر الانتقال من مرحلة إلى مرحلة، وأن هذا الانتقال يولد عدداً لا نهائياً من الممرات التي تمثل شجيرات

البحث. أما المراحل فلا تخرج من النقاط التي تمثل المدن الموجودة والتي عـددها فـي المثال أعلاه (13 مدينة).

هذا يعني أن فضاء الحالة هو مجموعة المراحل الممكن الوصول إليها أو هو النقاط الممكنة في الشكل، وهو محدود بما هو متاح من نقاط أو مراحل يمكن الانتقال إليها. أما شجرة البحث فهي كل طريق أو ممر (path) يمكن أن نسلكه في الانتقال مـن مرحلـة إلى أخرى. وهو لا يكون بعدد المراحل وإنما بعدد ممرات (paths) الدولة والتـي قـد يصل عددها إلى ما لانهاية (∞).

2. خوارزمية البحث

عزيزي الدارس، في الجزء السابق عرفنا أن البحث يكون بتحديد نقطة الانطـلاق كجذر لشجرة تتفرع منها ممرات (paths) متعددة في اتجاه الهدف. نختـار مـن هـذه الممرات إحدى النقاط لتكون نقطة انطلاق جديدة لمرحلة جديدة، وبالتـالي تكـون هـذه النقطة جذراً لشجرة جديدة، وهكذا حتى نصل إلى الهدف. وهذا يقود للتساؤلين التاليين:

(أ) كيف نعرف أننا وصلنا للهدف؟ (اختبار النقطة أو المرحلة هل هي هدف أم لا)

(ب) كيف نختار النقطة التالية؟ (الجذر الجديد للشجرة الجديدة).

إجابة هذين التساؤلين هما محور حديثنا في هذا الباب.

إجابة السؤال الأول تتلخص في أن كل نقطة نأتي إليها نقوم باختبارها حتى لو كانت نقطة البداية، ومن هنا فإن مكونات البحث عبارة عن بنيـة بيانـات (data structure) تمثل تعريفاً جيداً لمكونات المشكلة على النحو التالي:

1- المراحل states.

2- المرحلة الابتدائية (نقطة الانطلاق) initial state.

3- الأحداث الممكنة (possible actions) أو استخدام دالة النجـاح (successor function): بوجود عدد متاح من المراحل مع وجود دالة نجاح تعمل على هذه المراحل ينتج لدينا سلسلة من الأحداث الممكنة لتحقيق النجاح، كمثـال فضـاء

الحالة الممثل في أي شكل (graph) يحتوي على مجموعة من المراحل (النقاط) المرتبطة ببعضها عبر خطوط تمثل الأحداث فإن الممر(path) في فضاء الحالة هو سلسلة من الحالات (states) مرتبطة بسلسلة من الأحداث (actions).

4- اختبار الهدف (goal test): عند كل مرحلة يتم اختبار هذه المرحلة للتأكد من إنها الهدف أم لا، ويتم هذا الاختبار على كل المراحل التي نمر بها حتى لو كانت المرحلة الأولى.

5- تكلفة الممر (path cost): وهي الدالة التي تقوم بحساب تكلفة كل ممر من الممرات المتاحة.

وحتى نقف على هذه المكونات لنأخذ مثلا تهيئة مشكلة الانتقال من J إلى A:

1- المراحل: جميع المدن في الشكل رقم (4-1) (13مدينة).

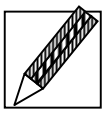
2- المرحلة الابتدائية: مدينة J.

3- الأحداث الممكنة: في هذه الحالة دالة النجاح يمكن أن تكون على النحو التالي:
{(اذهب (F) ، في (F)، (اذهب (C)، في (C) اذهب (A)}.

4- اختبار الهدف: في كل مدينة نذهب إليها نقوم باختبارها هل هي A.

5- تكلفة الممر: هنا نحسب طول كل طريق متاح من مدينة إلى أخرى.

تدريب (2)



لنأخذ مشكلة برج هانوي (شكل رقم (2-1)) في الوحدة الثانية كيف نعرف أننا وصلنا إلى الهدف؟

أما **إجابة السؤال الثاني** أي كيف نختار النقطة أو المرحلة التالية للمرحلة الحالية؟ فإن اختيار هذه النقطة أو المرحلة يتوقف على نوع خوارزمية أو تقنيات البحث المستخدمة وهي محور حديثنا التالي.

هناك العديد من تقنيات أو خوارزميات البحث المستخدمة في مجال الذكاء الاصطناعي، ويمكن حصر هذه التقنيات في مجموعتين هما:

1- البحث الأعمى (blind search): ويسمى أيضا بالبحث غير المعلوم (uninformed search). وفي هذه المجموعة سنتناول خمسة أنواع من إستراتيجيات البحث.

2- البحث التجريبي (heuristic search): ويسمى أيضا البحث المعلوم (informed search).

أسئلة تقويم ذاتي



اذكر تقنيات أو خوارزميات البحث المستخدمة في مجال الذكاء الاصطناعي .

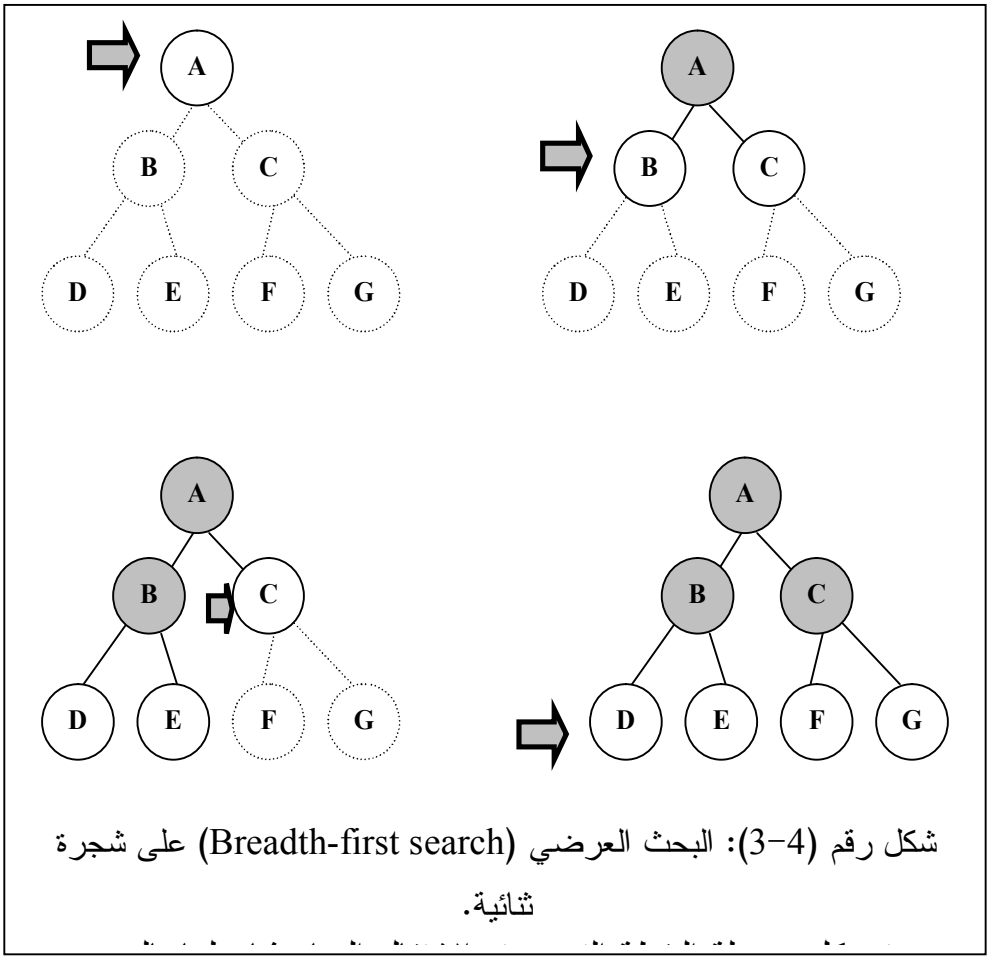
3. البحث الأعمى (blind search)

عزيزي الدارس، البحث الأعمى أو البحث غير المعلوم، يعنى أن البحث يقوم على عدم علم عن بقية المراحل التي تأتي بعد المرحلة الحالية، وفي هذه الحالة يقوم البحث في كل مرة بتوليد مراحل جديدة ثم يختبر هذه المراحل هل من ضمنها ما يحقق الهدف؟ فإن كان ذلك ينتهي بذلك البحث، و إلا فيكرر البحث بتوليد مراحل جديدة وهكذا.

يعتمد البحث الأعمى على استخدام أدوات خاصة تختلف باختلاف إستراتيجيات البحث وتقوم هذه الأدوات بفصل المرحلة المحققة للهدف عن المرحلة التي لا تحقق الهدف، وسنتناول في هذا الجزء خمساً من هذه الإستراتيجيات.

1.3 إســـــتراتيجية العـــــرض أولا (Breadth-first search strategies)

عزيزي الدارس، تتلخص فكرة البحث العرضي في إننا أثناء انتقالنا فـــي البحـــث من جذر الشجرة نتناول المراحل التالية بصورة عرضية، أي نختبـــر النقـــاط (nodes) التي تأتي في نفس المستوى قبل أن ننتقل للمستوى الأسفل (أي التوسع يكون أفقياً وليس نحو العمق) كما يتضح في الشكل رقم (4-3).



شكل رقم (4-3): البحث العرضي (Breadth-first search) على شجرة ثنائية.

وهنا يكون السؤال أي المراحل يتم اختبارها أولا ؟ ولاسيما أننا عندما ننتقل من الجذر تأتي أكثر من مرحلة متفرعة من هذا الجذر وكلها في مستوى عرضي واحد.

إستراتيجية العرض أولاً تعمل وفق منهج (FIFO) الأول دخولا أول خروجا (first-in-first-out)، أي إنها تبدأ بالمرحلة التي تتفرع من الجذر أولاً حسب ترتيب التفرع (منهج الصف في بنية بيانات (queue)).

يلاحظ على إستراتيجية العرض أولاً **ما يلي:**

1- إنها قد لا تكون مناسبة إلا إذا كانت تكلفة الوصول لكل المراحل متساوية.

2- إذا كان الهدف موجوداً في آخر مرحلة يعني إننا نحتاج أن نمر على جميع المراحل.

3- إن رتبة الخوارزمية المستخدمة في هذه الإستراتيجية هي $O(b^{k+1})$ ،لأننا إذا فرضنا مثلا أن في كل مستوى لدينا عدد b من المراحل فإننا في المستوى الأول نحتاج أن نمر على b مرحلة، ثم في المستوى الثاني نحتاج أن نمر على ضعف هذا العدد لأن كل مرحلة يتفرع منها عدد b من المراحل، أي أن في المرحلة الثانية نحتاج أن نمر على عدد b^2 وهكذا في المرحلة الثالثة b^3 إلى أن نصل للمرحلة الأخيرة k نكون مررنا على b^k ، وعليه فإن مجموع ما نقوم به من عملية بحث في جميع المراحل يكون:

$$b + b^2 + b^3 \ldots\ldots + b^K = O(b^{k+1})$$

وإذا أخذنا في الاعتبار إن كل مرحلة يمر عليها البحث يتم حفظ معلوماتها وبياناتها داخل الذاكرة فهذا يعني أن هذه الخوارزمية تستخدم جزءاً كبيراً من الذاكرة بالإضافة للزمن الذي تحتاجه الخوارزمية في التنفيذ. الجدول رقم (4-1) يقدم نتائج تنفيذ هذه الخوارزمية على شجرة تحتوي على 10 فروع في كل مستوى (b=10) وإن سرعة الإنجاز كانت تعادل (10,000nodes/second) ، وكل مرحلة أوnode تحتاج لذاكرة مقدارها 1000bytes.

جدول رقم (4-1) يوضح الزمن والذاكرة في إستراتيجية العرض أولاً

الذاكرة المستخدمة	الزمن	النقاط (nodes)	العمق
1 megabyte	0.11 second	1100	2
106 megabyte	11second	111,100	4
10 gigabytes	19 minutes	10^7	6
1 terabytes	31 hours	10^9	8
101 terabytes	129 days	10^{11}	10
19 petabytes	35 years	10^{13}	12
1 exabyte	3,523 years	10^{15}	14

2.3 إستراتيجية حساب التكلفة (Uniform-cost search strategies)

إستراتيجية العرض أولاً قد تكون مناسبة إذا كانت تكلفة الوصول لجميع المراحل متساوية. حيث كما لاحظنا فإن إستراتيجية العرض لا تهتم بتكلفة الوصول للمرحلة عند الانتقال من مرحلة إلى أخرى فقط تعمل وفق سياسة (FIFO).

تقوم إستراتيجية حساب التكلفة بنفس منهج إستراتيجية العرض أولاً ، ولكنها عندما تنتقل بالبحث من مرحلة إلى أخرى لا تأخذ إلا المرحلة التي يكون الانتقال إليها أقل تكلفة، أما إذا كانت جميع المراحل بنفس التكلفة فإنها تستخدم نهج العرض أولاً (Breadth-first).

نلاحظ في هذه الإستراتيجية إنها ربما قد تكون مثالية إذا كان هنالك تفاوت في تكلفة الوصول من مرحلة إلى أخرى، ولكن يعاب عليها إنها تضيف عمليات جديدة عند اختيار المرحلة التالية مما يؤدي إلى مضاعفة في الزمن المستغرق والمساحة المستخدمة في الذاكرة. فإذا كانت إستراتيجية العرض أولاً من الرتبة ($O(b^{k+1})$ فإن هذه الإستراتيجية تضيف إلى كل عملية انتقال من مرحلة إلى أخرى عمليات اختبار لكل المراحل المتاحة حتى تقف على الأقل تكلفة، ويمكن أن تقدر رتبة هذه الخوارزمية

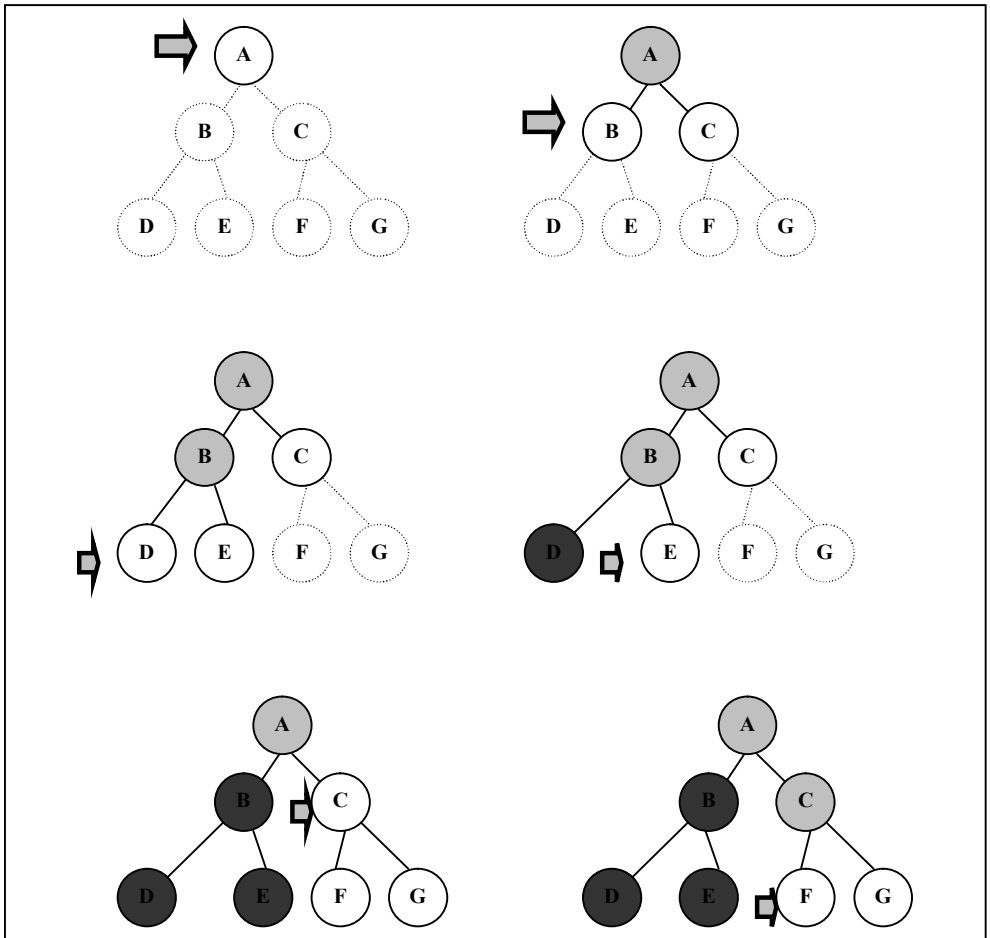
$O(b^{(C^*/\varepsilon)})$ ، حيث C^* هي تكلفة الحل المثالي، و ε هي تكلفة كل حدث. مع ملاحظ إن C^*/ε أكبر من $k+1$.

3.3 استراتيجية العمق أولاً (Depth-first search strategies)

في البحث العميق يتم الانتقال للمرحلة التالية في اتجاه العمق، أي نختبر النقاط (nodes) التي تأتي في الأسفل ونستمر هكذا (أي التوسع يكون نحو العمق) حتى نصل إلى النقطة التي لا يوجد أسفل منها نقاط (كما يتضح في الشكل رقم (4-4)).

إستراتيجية البحث العميق يمكن تطبيقها باستخدام تقنية البحث الشجري العادية(TREE-SEARCH) والتي تعمل وفق منهج المكدس (stack) أي الأخير أولا (last-in-first-out) (LIFO). وتطبق عادة باستخدام دالة تعاودية (Recursive function).

إستراتيجية البحث العميق لا تحتاج أن تحتفظ بمعلومات عن كل المراحل في الذاكرة، فقط تصطحب معها معلومات الممر الذي يقودها إلى العمق الذي تعمل فيه، وعندما تنتهي من هذا الممر أي تصل إلى العمق تقوم بحذف بيانات هذا الممر وتعوضها ببيانات ممر جديد (انظر الشكل 4-4 في الشكل الممر أو النقاط المنتهية ظللت بالداكن والمعلومات التي لازالت على الذاكرة ظللت بالرمادي).



شكل رقم (4-4): البحث العميق (Depth-first search) على شجرة ثنائية. في كل مرحلة النقطة التي سيتم الانتقال إليها مشار لها بالسهم، والنقاط التي تم بحثها حتى العمق ظللت باللون الداكن إشارة إلى أن هذه الفروع من الشجرة حذفت من البحث (لا نحتفظ ببياناتها- توفير للذاكرة)

هناك شكل آخر للبحث العميق يعــرف **بالبحــث التراجعــي (Backtracking search)** هو يعمل بنفس طريقة البحث العميق ولكنه عندما يأتي لمرحلة جديدة لا يهتم بالنقاط التي تظهر في هذه المرحلة وإنما يأخذ فقط النقطة التي يريــد أن ينــزل منهــا لمرحلة جديدة وهكذا. ففي الشكل 4-4 نلاحظ إننا في المرحلة الثانية مثلا أخذنا النقطــة

B مع ظهور النقطة C معنا (وضحت بخطوط بارزة في الرسم) حيث يعنـــى هـــذا إن النقطة C أخذت في الحسبان عند البحث رغم إننا سننزل مع B . تقنيـــة هـــذا البحـــث (Backtracking) لا تهتم بالنقطة C مما يقلل من استخدام الذاكرة خاصـــة لـــو كـــان للشجرة تفرعات كثيرة.

يلاحظ على إستراتيجية العمق أولاً **ما يلي:**

1- إنها لا تستخدم ذاكرة كبيرة لأنها لا تحتفظ بمعلومات المراحل التي تمـــر بهـــا حتى نهاية الحل وإنما تتخلص منها عند بلوغ العمق.

2- إذا كان الهدف موجوداً في إحدى النقاط القريبة من جذر الشجرة فـــإن تقنيـــة العمق سوف تصل حتى العمق قبل أن تصل للهدف مع مشاكل الرجـــوع مـــن العمق خاصة إذا كانت تفرعات الشجرة كثيرة، مما قد يؤدي أحيانا إلـــى عـــدم الوصول إلى الهدف. (يعني أن هذه الخوارزمية غير مثالية وقد لا تنتهـــي فـــي حالات الشجيرات العميقة).

3- إن رتبة الخوارزمية المستخدمة في هذه الإستراتيجية قد تصـــل إلـــى ($O(b^m)$ ، حيث m هي أقصى عمق للشجرة وقد تكون أكثر من العمق الذي يوجـــد عليـــه الحل. كما قد لاتصل للحل في الشجيرات غير المحددة (unbounded trees) .

4.3 إستراتيجية العمق المحدود (Depth-limited search)

لعلاج مشكلة عدم بلوغ الحل في حالة الشجرات غير محددة العمـــق والمتفرعـــة لفروع كبيرة (أي الشجرات غير المحددة unbounded trees) تســـتخدم إســـتراتيجية معدلة من إستراتيجية العمق أولاً تعرف بإستراتيجية العمـــق المحـــدد (Dept-limited search).

في إستراتيجية العمق المحدد يتم تحديد عمق أقصى للشجرة ومن ثم لا يتجـــاوز البحث هذا العمق. فمثلا إذا حددنا أن العمق يكون للمستوى L فإن كل النقاط فـــي هـــذا المستوى تعتبر آخر نقاط في العمق للشجرة. وبهذا نكون عالجنا مشكلة الممـــر غيـــر المنتهي أي مشكلة الشجيرات غير المحددة، ولكن قد تتولد مشكلة جديدة إذا كان الحـــل

يوجد بعد المستوى الذي حددناه أي أن L<d حيث d هي المستوى الـذي يوجـد فيـه الحل.

5.3 استراتيجية البحث العميق المتكرر (Iterative deepening search)

إستراتيجية البحث العميق المتكرر(وتسمى أيضا إستراتيجية العمق أولاً المتكررة) تقوم على فكرة تحديد حدود لمستويات العمق تبدأ من 1، فإذا لم تجد في هذا المستويات من العمق الحل تنتقل لمستويات عمق أوسع، وهكذا في كل مرة نأخذ مسـتويات أكثـر عمقا حتى نصل للحل. لذا فإن هذه الإستراتيجية تجمع بين مزايا إسـتراتيجيتي العمـق أولاً والعرض أولا، حيث إنها تصل لنهاية كما تصل إستراتيجية العـرض أولاً لنهايـة، ومع ذلك تستخدم ذاكرة أقل مثل إستراتيجية العمق أولا.

قد تبدو هذه الإستراتيجية أكثر استهلاكا للزمن، فالمراحل فيها تتجدد عدة مـرات (تكرار تحديد العمق)، ولكن رغم ذلك فهذه الإستراتيجية ليست مستهلكة للزمن حيث في كل مرحلة تكون أكثر النقاط (nods) في المسـتوى الأسـفل (المسـتويات الجديـدة)، وبالتالي لا يكون هناك تأثير يذكر (التكرار في كل مرة يحدث فقـط علـى المسـتويات العليا داخل العمق المحدد)، رغم أن المستويات الدنيا ستكون مستويات عليا عندما ننتقل لعمق جديد وسوف تتكرر مرة أخرى، ولكن كل هذا لا يفرق كثيرا في الزمن المستغرق في البحث. من هنا نجد أن هذه الإستراتيجية تتزايد بتزايد العمق الكلـي للشـجرة مـع تناقص في عدد الفروع في كل مرة، أي يعني إذا كان لدينا شجرة بعمق d فإنـه وفـق هذه الخوارزمية يكون عدد مرات $(d)b+(d-1)b^2+\ldots+(1)b^d$ أي أن هذه الخوارزمية من الرتبة $O(b^d)$.

البرنامج التالي يوضح مثالاً بلغة Turbo Prolog لإستراتيجية البحث العميق المتكرر:

```
/*** The following must be defined by the caller الجوانب التالية يتم تعريفها من قبل مستدعي البرنامج.
domains
  move =
```

```
  posn =
database
  more_nodes
predicates
  initial_posn(posn)
  final_posn(posn)
  nondeterm move(posn,move)
  update(posn,move,posn)
  legal(posn)
***/
domains
  moves = move*
  posns = posn*
  depth = s(depth) ; zero
predicates
  nondeterm dfid(moves)
  nondeterm iterative_deepening(depth,posns,moves)
  nondeterm bounded_depth_first(depth,posns,moves)
  nondeterm member(posn,posns)
  set_flag(dbasedom)
clauses

dfid(Moves):-
  initial_posn(Posn),
  set_flag(more_nodes),
  iterative_deepening(zero, [Posn], Moves).

/* iterative_deepening(Depth, [State], Moves) is true if Moves is the      */
/*   sequence of moves to reach a desired final state from the current     */
/*   State in at least Depth moves.                                        */
iterative_deepening(_, _, _):-        /* If we didn't have this clause, */
  not(retract(more_nodes)), !, fail.  /*   we would never terminate. */
iterative_deepening(Depth, History, Moves):-
  bounded_depth_first(Depth, History, Moves).
iterative_deepening(Depth, History, Moves):-
  iterative_deepening(s(Depth), History, Moves).
```

```
/* bounded_depth_first(Depth, [State|History], Moves) is true if Moves is  */
/*   the sequence of moves to reach a desired final state from the current */
/*   State in exactly Depth moves, where History contains the states    */
/*   visited previously.                                                */
bounded_depth_first(zero, [Posn|_], []):-
  set_flag(more_nodes),
  final_posn(Posn).
bounded_depth_first(s(Depth), [Posn|History], [Move|Moves]):-
  move(Posn, Move),
  update(Posn, Move, Posn1),
  legal(Posn1),
  not(member(Posn1, History)),
  bounded_depth_first(Depth, [Posn1,Posn|History], Moves).
/* member(X, Xs) is true if X is a member of the list Xs.              */
member(X, [X|_]).
member(X, [_|Ys]):-member(X, Ys).
/* set_flag(Flag) simulates the setting of the global variable Flag.      */
set_flag(Flag):-
  retract(Flag), !, asserta(Flag)
  ;
  asserta(Flag).
```

➢ البحث ثنائي الاتجاه (Bidirectional search)

البحث ثنائي الاتجاه يقوم على تشغيل بحثين في وقت واحد أحداهما يبدأ من نقطة الانطلاق والثاني يبدأ من أخر نقطة ويتجه نحو نقطة الانطلاق ويتلاقى البحثان في نقطة الوسط. ومن هنا يكون ما كلف من عمل بواسطة البحثين هو $b^{d/2} + b^{d/2}$ والتي طبعا أفضل من b^{d} .

قد يبدو هذا النوع من الإستراتيجيات هو الأفضل، ولكن توجد عدة صعوبات في تنفيذه منها: كيف يمكن تنفيذ البحث الخلفي (backwards) ؟ وما هي النقطة التي نبدأ منها في الخلف؟ وكيف يمكن تتبع الفروع وهي غير معلومة (البحث الأعمى)؟. كما قد يكون من الصعب تنفيذ مثل هذا البحث إذا كانت للمشكلة نتائج مختلفة، أو إذا كان

الهدف يمكن أن يتحقق بعدة اتجاهات (مثل لعبة الشطرنج) مما ينتج عنه تعـــارض فـــي النتائج بسبب تطبيق بحثين في اتجاهين مختلفين.

➢ مقارنة بين إستراتيجيات البحث الأعمى

الجدول رقم (4–2) يقدم مقارنات إستراتيجيات البحث الأعمى من خلال أربعة مقـــاييس تقييم، هي: تكملة البحث، والزمن، والذاكرة المستخدمة، ومثالية البحث من عدمه.

جدول رقم (4–2) تقييم ومقارنة بين استراتيجيات البحث المختلفة

التقييم	العرض أولا	حساب التكلفة	العمق أولا	العمق المحدد	العميق المتكرر	ثنائي الاتجاه (إذا نفذ)
هل يكتمل البحث؟	نعم	نعم	لا	لا	نعم	نعم
الزمن	$O(b^{d+1})$	$O(b^{C^*/\varepsilon})$	$O(b^{m})$	$O(b^{\ell})$	$O(b^{d})$	$O(b^{d/2})$
المساحة (الذاكرة)	$O(b^{d+1})$	$O(b^{C^*/\varepsilon})$	$O(bm)$	$O(b\ell)$	$O(bd)$	$O(b^{d/2})$
هل يعتبر بحثاً مثالياً؟	نعم	نعم	لا	لا	نعم	نعم

أسئلة تقويم ذاتي



1- ما العلاج المستخدم لمشكلة عدم بلوغ الحل في حالة الشجرات غير محددة العمق والمتفرعة لفروع كبيرة؟

2- ما الفكرة التي تقوم عليها إستراتيجية البحث العميق؟

3- البحث ثنائي الاتجاه يقوم على تشغيل بحثين في وقت واحد اذكر هذين البحثين.

أكمل الفراغات في الجدول التالي:

التقييم	العرض أولا	حساب التكلفة	العمق أولا	العمق المحدد	العميق المتكرر	ثنائي الاتجاه (إذا نفذ)
هل يكتمل البحث؟	نعم		لا		نعم	
الزمن	$O(b^{d+1})$					$O(b^{d/2})$
المساحة (الذاكرة)		$O(b^{C^*/\varepsilon})$				
هل يعتبر بحث مثالي؟		نعم				نعم

4. البحث التجريبي (heuristic search)

عزيزي الدارس، البحث التجريبي أو البحث المعلوم (informed search) هو البحث الذي يقوم على معلومات عن المراحل التالية وأيها قد لا يؤدي للهدف. ففي المثال الذي يعرضه الشكل رقم (4-1) والذي استخرجنا منه شجرة البحث التي على الشكل (4-2)، نلاحظ أن شجرة البحث استبعدت مراحل مثلK وL وM من البحث لأنها مراحل حسب ما هو معلوم لا تؤدي للهدف الذي هو الوصول إلى A انطلاقا من J.

البحث التجريبي هو البحث الذي يقوم على معرفة تامة عن جوانب المشكلة مع معرفة عن حقيقة المشكلة، ولذلك أطلق عليه اسم البحث المعلوم. سنتناول طريقة من الطرق المهمة في البحث التجريبي تعرف بالبحث عن الأفضل أولا (best-first search).

وطريقة الأفضل أولاً هذه الطريقة تقوم على اختيار أفضل النقاط (node) لتكون النقطة التالية. وهنا يأتي سؤال عن كيف نعرف النقطة الأفضل؟.

طريقة الأفضل أولاً تستخدم دالة لتقييم النقاط، ومن ثم تحدد هذه الدالة أي النقاط هي الأفضل (الأفضلية عادة ما تكون بالأقل تكلفة)، هذه الدالة تعرف بالدالة التجريبية (heuristic function) ويرمز لها بالرمز $h(n)$ ، وتعتمد هذه الدالة في عملها على المعلومات المتاحة عن المشكلة، فكلما كانت المعلومات المتاحة عن المشكلة أكثر وأدق كان نتاج هذه الدالة أقرب للدقة في اختيار النقطة الأفضل.

ليست هناك صيغة ثابتة للدالة التجريبية حيث تعتمد هذه الدالة على طبيعة ومعلومات المشكلة المراد حلها، فمن واقع معلومات المشكلة يتم بناء هذه الدالة، وعادة ما يتم تحديد صيغة الدالة بواحدة من طريقتين إما بتتبع فكرة المشكلة ومن ثم تحديد صيغة للحل، أو باستخدام طريقة التعلم من الخبرة (learn from experience).و بصفة عامة تستخدم معظم الطرق معادلة خطية على النحو التالي:

$$h(n)=c_1 x_1(n)+c_2 x_2(n)$$

حيث $x_1(n)$ هي الفرص المتاحة للوصول للحل أو المراحل الممكنة للحل أو المسافة للوصول للحل أو خصائص الحل (حسب طبيعة المشكلة) و $x_2(n)$ هي البدائل الأخرى للحل، أما c_1 و c_2 هما ثابتان لتحقيق الملاءمة لبيانات المشكلة.

طريقة الأفضل أولاً تعتبر طريقة شاملة تتدرج تحتها مجموعة من الطرق. من هذه الطرق ما يلي:

1- الأفضل أولا الطماع (greedy best-first).

2- طريقة A* (A* search).

أسئلة تقويم ذاتي



1- ما المقصود بالدالة التجريبية؟

2- ما هي الطرق التي تتدرج تحت طريقة الأفضل أولاً؟

➢الأفضل أولا الطماع (greedy best-first)

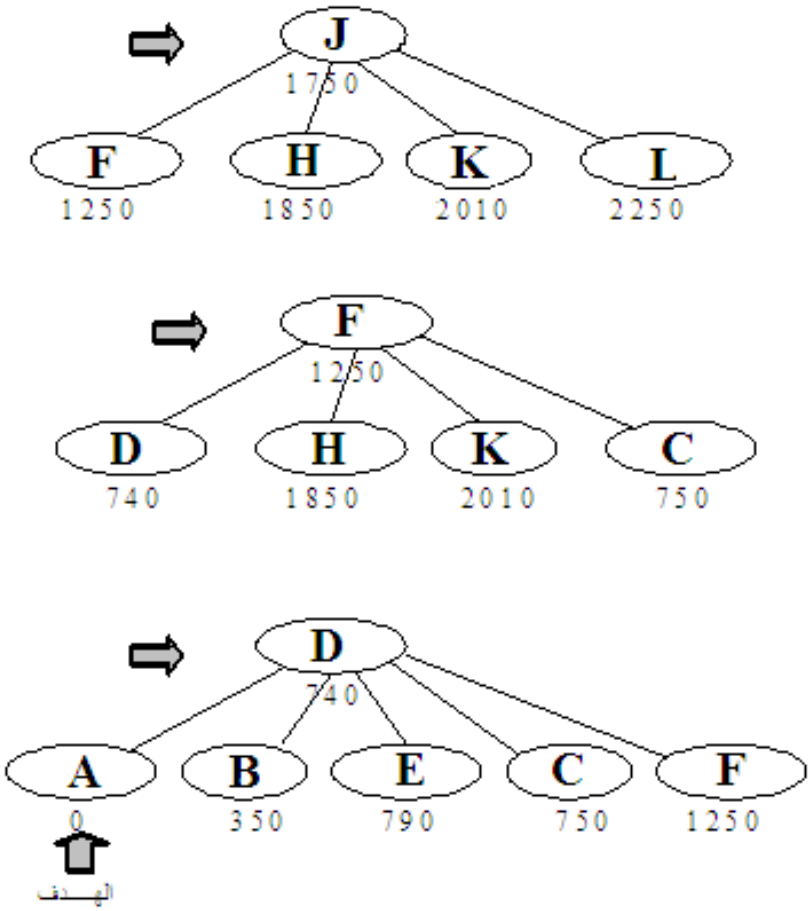
هذه الطريقة تسمى في بعض المراجع بطريقة الأفضل أولا (أي دون إضافة الطماع)، وتسعى هذه الطريقة في تركيز البحث في النقاط التي تكون قريبة من الهدف، مما قد يجعل الوصول للهدف سريعا. ولتحقيق ذلك تستخدم هذه الطريقة دالة تجريبية بسيطة تعتمد على حساب تكلفة النقطة التالية حتى الهدف ($h(n)$) وعلية فإن الدالة تكون $f(n)=h(n)$.

جدول (4–3): بعض مدن الدولة **X** موضح فيها تقدير للمسافة الخطية ((straight-line distances (h_{SLD}) لبعدها عن A بالكيلومتر

المدينة	المسافة الخطية h_{SLD} (التقديرية بالكيلو)	المدينة	المسافة الخطية h_{SLD} (التقديرية بالكيلو)
J	1750	K	2010
F	1250	L	2250
G	1660	C	750
D	740	E	790
B	350	I	2228
A	0	H	1850

وحتى نرى كيف تعمل هذه الطريقة فلنتناول المثال الموضح في الشكل (4–1) والخاص بمسألة الوصول إلىA انطلاقا من J. فإذا كانت المسافة الخطية ((h_{SLD}) straight-line distance) من ناحية تقريبية بين A وكل مدينة من هذه المدن على النحو الموضح في الجدول رقم (4–3) فإن هذه الطريقة سوف تعمل **كما يلي:**

أولاً سينتقل البحث من مدينة J (نقطة الانطلاق) إلى أقل مدينة من حيث h_{SLD} وبشرط أن تكون هذه المدينة ضمن المدن التي تتصل بـJ مباشرة (وبهذا يكون البحث قد انتقل إلى النقاط القريبة من الهدف). إذا تتبعنا الخطوط الخارجة منJ فستكون النقطة التالية هي F ، حيث تحقق أقل قيمة مقارنة بين القيم التي تحققها بقية المدن التي تليJ أي الأقرب للهدف. ثم تصير نقطة الانطلاق الجديدة هي A التي منها ننطلق إلى النقطة الأقرب للهدف والتي هي D حيث تحقق h_{SLD} يساوي 740 . وهكذا حتى نصلA كما يتضح من الشكل (4–5).



شكل رقم (4–5): مثال لاستخدام طريقة الأفضل أولا الطماع

يلاحظ على طريقة الأفضل أولا الطماع ما يلي:

1- إنها تركز البحث في النقاط التي تقع في ممر البحث ولا تتعامل مع النقاط الأخرى مما يجعل من خوارزمية هذه الطريقة أقل تكلفة في البحث ولكنها ليست مثالية حيث قد تتبع ممراً ذا تفرعات كثيرة حتى لو وجد ممر مباشر، ففي المثال السابق لو كان هناك مثلا طريق من H إلى A مباشرة لما اتبعته هذه الخوارزمية رغم إنه الأفضل.

2- اهتمام هذه الطريقة في الحصول على أقل تكلفة قد يؤدي إلى عدم الوصول للهدف، فقد تكون هناك نقطة في نهاية الممر ليست بينها وبين الهدف خط مباشر رغم إنها هي الأقل من حيث h_{SLD}. وفي هذه الحالة سوف تلجأ خوارزمية البحث في العودة للخلف وتعاود العمل من ممر جديد،

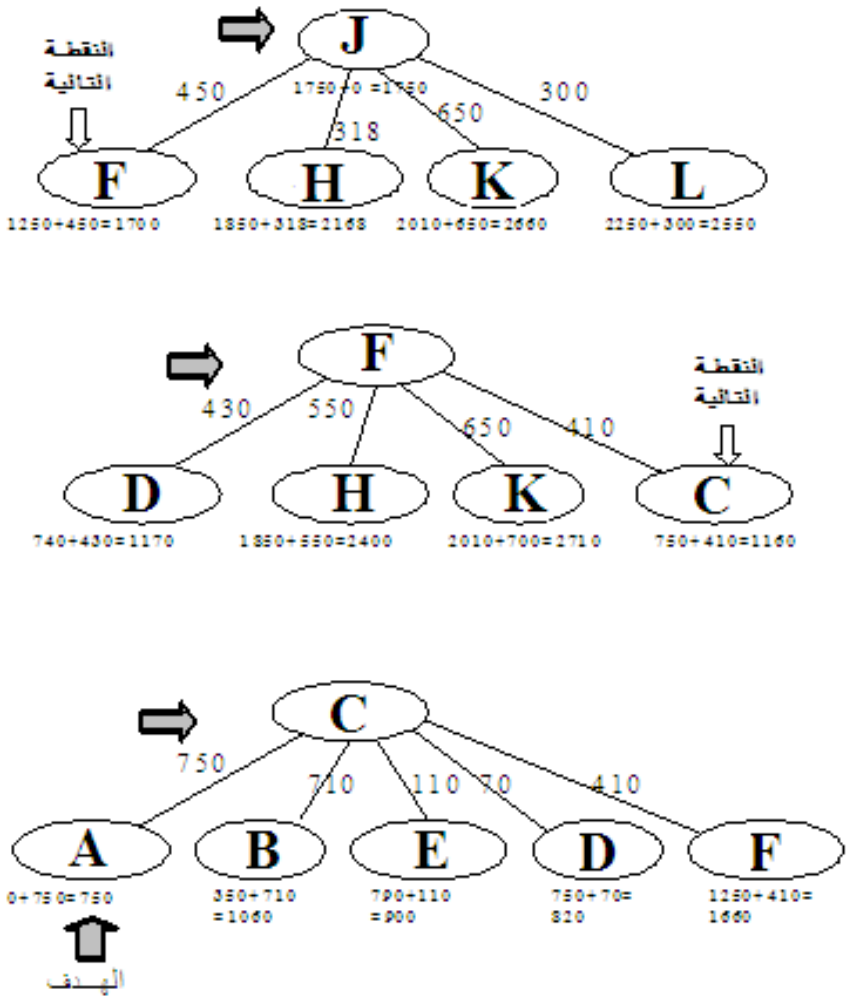
3- إن طريقة الأفضل أولا تعمل وفق نهج العمق أولا حيث نلاحظ إنها تسلك الممر للهدف بصورة نحو العمق وهذا قد يؤدي لحدوث مشاكل طريقة العمق أولاً وهي عدم الوصول للهدف (في حالة الممر ذي النهاية المميتة)، وحتى نتجاوز هذه المشكلة فإن هذه الخوارزمية تعود إلى أعلى لتجدد البحث من نقطة مع احتمال تكرار نفس النتيجة، وهذا يجعلها غير مثالية.

➢ طريقة A* (A* search):

تعتبر هذه الطريقة هي أكثر الطرق شهرةً ضمن طرق الأفضل أولا وتعمل هذه الطريقة وفق الدالة التالية:

$$f(n)= g(n)+h(n)$$

حيث $g(n)$ هي تكلفة الوصول للنقطة (طول الممر من نقطة الانطلاق للنقطة التالية) بينما $h(n)$ هي تكلفة بُعد النقطة من الهدف، وهذا يعني أن هذه الطريقة تتعامل مع النقطة التالية في البحث من خلال حساب المجموع لقيمتين هما تكلفة الوصل لهذه النقطة وتكلفة بعد هذه النقطة من الهدف. من هنا فإن هذه الطريقة تعمل بنفس منهج الطريقة السابقة فقط باختلاف القيم التي تُحسب قبل الانتقال للنقطة التالية من البحث، وحتى نوضح ذلك سنتناول القيم الموضحة بالشكل رقم (4-1) والتي تمثل $g(n)$ (تكلفة الممر للانتقال للنقطة التالية) مع بيانات الجدول (4-3)، ومن واقع هذه المعلومات فإن هذه الطريقة تعمل كما هو واضح في شكل (4-6)، حيث يتم اختيار النقطة التي تحقق أقل قيمة في المجموع لتكون هي النقطة التالية.



شكل رقم (4–6): مثال لاستخدام طريقة طريقة *A

نلاحظ من المثال الذي في الشكل رقم (4–6) إن الطريقة *A اختارت الانتقال إلـــى C بدلا منD التي انتقلت إليها الطريقة السابقة.

أسئلة تقويم ذاتي

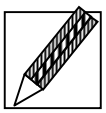


1- ما الدالة التي تستخدم لطريقة الأفضل أولاً الطماع ؟

2- ما الدالة التي تعمل وفقها طريقة A^*؟

3- قارن بين طريقتي البحث التجريبي (طريقة الأفضل أولاً الطماع، وطريقة *A).

تدريب (3)



ما ملاحظاتك على طريقة *A ؟

البرنامج التالي يوضح مثال بلغة Turbo Prolog لطريقة *A (A* search):

```
domains
  /* move, posn and value must be defined by the caller يعرفها المستخدم */
  asmoves  = move*
  asposns  = posn*
  asstate  = s(posn,asmoves,value)
  asstates = asstate*
predicates
/* The following must be defined by the caller:
  initial_posn(posn)
  final_posn(posn)
  nondeterm move(posn,move)
  update(posn,move,posn)
  legal(posn)
  value(posn,value) /* Underestimate of "cost" from current to final */
   */
  astar(asmoves)
  astar_1(asstates,asposns,asmoves)
  filter(asmoves,asstate,asposns,asstates,asstates)
  insert(asstates,asstate,asstates)
```

```
  reverse(asmoves,asmoves,asmoves)
  nondeterm member(posn,asposns)
  length(asmoves,value,value)
clauses

astar(Moves):-
  initial_posn(Position),
  astar_1([s(Position, [], 0)], [], Moves).

/* astar_1(States, History, Moves) is true if Moves is a sequence of      */
/*   moves to reach a desired final state from the initial state, where    */
/*   States contains the current states under consideration, and History   */
/*   contains the positions visited previously.                            */
astar_1([s(Posn, Path, _)|_], _, Moves):-
  final_posn(Posn),
  reverse(Path, [], Moves).
astar_1([s(Posn, Path, Value)|States], History, FinalMoves):-
  findall(Move, move(Posn, Move), Moves),
  filter(Moves, s(Posn, Path, Value), History, States, States1),
  astar_1(States1, [Posn|History], FinalMoves).

filter([], _, _, States, States).
filter([Move|Moves], s(Posn, Path, Value0), History,
          States, States1):-
  update(Posn, Move, Posn1),
  legal(Posn1),
  not(member(Posn1, History)),
  !,
  value(Posn1, Value),
  length(Path, Value, Value1),
  insert(States, s(Posn1, [Move|Path], Value1), States0),
  filter(Moves, s(Posn, Path, Value0), History, States0, States1).
filter([_|Moves], State, History, States, States1):-
  filter(Moves, State, History, States, States1).

insert([s(P2, M2, V2)|States0], s(P1, M1, V1), States):-
```

```
  V1 > V2, !,
  insert(States0, s(P1, M1, V1), States1),
  States = [s(P2, M2, V2)|States1].
insert(States, State, [State|States]).

/* member(X, Xs) is true if X is a member of the list Xs.          */
member(X, [X|_]).
member(X, [_|Ys]):-member(X, Ys).

/* reverse(Xs, Ys, Zs) is true if Zs is the result of concatenating the    */
/*   reverse of the list Xs to the front of the list Ys.          */
reverse([], Ys, Ys).
reverse([X|Xs], Ys, Zs):-reverse(Xs, [X|Ys], Zs).

/* length(Xs, L0, L) is true if L is equal to L0 plus the number of       */
/*   elements in the list Xs.                                     */
length([], L, L).
length([_|Xs], L0, L):-L1 = L0 + 1, length(Xs, L1, L).
```

الخلاصة

في هذه الوحدة (تقنيات البحث) عرفنا أن الذكاء الاصطناعي يقوم بحل المشـــاكل عن طريق البحث عن الحلول في فضاء الحالة، وهذا البحث يقوم بعدة طرق وتقنيات.

في شجرة البحث يأخذ البحث شكل شجرة جذرها F التـــي يبـــدأ منهـــا البحـــث، وتتفرع منها عدة فروع وأن اتباع أي واحدة من هذه الفروع يولد ممـــراً مـــن ممـــرات الشجرة، أو يولد شجيرات جديدة.

أما في خوارزمية البحث نقوم بتحديد نقطة الانطلاق كجذر لشـــجرة تتفـــرع منهـــا ممرات متعددة في اتجاه الهدف، نختار من هذه الممرات إحدى النقـــاط لتكـــون نقطـــة انطلاق جديدة كمرحلة جديدة، وبالتالي تكون هذه النقطة جذراً لشجرة جديدة وهكذا حتى نصل إلى الهدف.

أما البحث الأعمى أو غير المعلوم فإن البحث يقوم في كل مرة بتوليد مراحل جديدة ثم يختبر هذه المراحل هل من ضمنها ما يحقق الهدف؟ فإن كان كذلك ينتهي البحث وإلا فيتكرر البحث بتوليد مراحل جديدة وهكذا.

البحث ثنائي الاتجاه يقوم على تشغيل بحثين في وقت واحد أحدهما يبدأ مـــن نقطـــة الانطلاق والثاني يبدأ من آخر نقطة ويتجه نحو نقطة الانطلاق ويتلاقـــى البحثـــان فـــي نقطة الوسط.

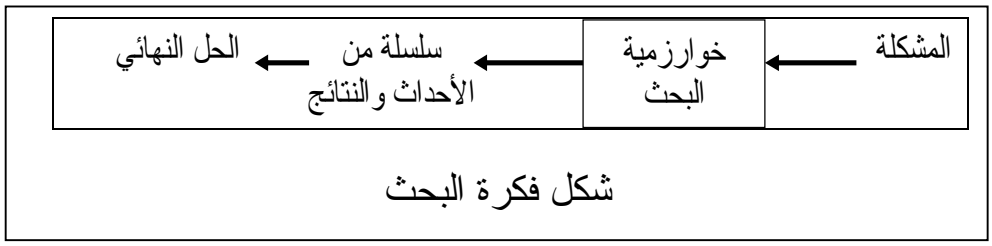
البحث التجريبي أو المعلوم يقوم على معلومات عن المراحل التالية وأيها قد لا يـــؤدي للهدف.

لمحة مسبقة عن الوحدة التالية

في الوحدة القادمة نتناول أمثلة لبعض جوانب وتطبيقات الذكاء الاصطناعي ، وسوف نتعرف على الشبكات العصبية وهو من العلوم الحديثة التي تسعى لإنتاج حاسبات تعمل بنفس فكرة العقل البشري ، وتتناول الوحدة أيضاً واحدة من أهم إسهامات الذكاء الاصطناعي وهو النظم الخبيرة ، تجد أيضاً في الوحدة فرعاً من فروع الذكاء الاصطناعي وهو تمييز الأنماط معالجة الصور ، كذلك تجد في الوحدة واحدة من تطبيقات الذكاء الاصطناعي التي بدأت تأخذ اهتماماً خاصاً في الفترة الأخيرة وهو معالجة اللغات الطبيعية ، كذلك تجد من التطبيقات نظام التعرف على الكلام ، وآخر هذه التطبيقات هو البحث الذكي على شبكة الانترنت.

إجابات التدريبات

تدريب 1



شكل فكرة البحث

تدريب 2

1- المراحل: 1, 2, 3

2- المرحلة الابتدائية: 1.

3- الأحداث الممكنة: الانتقال بالأقراص من مرحلة إلى أخري وفق شرط الانتقال والذي يمثل هنا دالة النجاح ويمكن أن تكون كما يلي:

{move(disk x) to (state y), but(large disk) over (small disk), till y= 3}

4- اختبار الهدف: هل كل الأقراص وصلت للمرحلة الثالثة.

5- تكلفة الممر: يمكن تكون عدد الحركات التي نفذت حتى الوصول للمرحلة3.

تدريب 3

1- إنها تحقق أقل تكلفة.

2- تعتبر طريقة مثالية والبحث فيها يصل إلى نهاية خاصة إذا كان البحث من النوع الشجري (tree-search) ، حيث إنها تستفيد من قيمة *g(n)* التي توفر أقل تكلفة، وقيمة *h(n)* التي تمثلها هنا h_{SLD} والتي هي قيمة الخط المستقيم (straight-line distance) بين النقطة والهدف، وكما هو معروف فإن أقصر مسافة بين نقطتين هي الخط المستقيم. لذا فإن البحث الشجري يمكن البحث من تتبع ممر مثالي للهدف وفق هذه الطريقة (الخط المستقيم بين نقطتين) أما في حالة البحث في الشكل (graph search) قد يسلك البحث طريقاً يكتشف لاحقا

أنه غير منتهي للهدف فيعود ليجدد البحث من جديد أو ينتقل من هــذه النقطــة لنقطة تالية في المستوى، كأن يرسم مثلثاً وبالتالي يكون جمع ضلعي المثلث بدلا من الضلع الواحد مما يجعل البحث غير مثالي (حيث طول الضلعين في المثلث أكبر من الضلع الواحد كما أن العودة إلى أعلى أكثر كلفة).

3- تستهلك هذه الطريقة ذاكرة أكبر حيث إنها تحتاج لحفظ بيانات النقاط التي تمــر بها خاصة في حالة البحث الشكلي (graph search) حتى تتمكن مــن تجديــد البحث أو رسم مثلث لعلاج مشكلة البحث غير المنتهي.

4- عموما فإن هذه الطريقة تعتبر هي الأفضل بين جميع الطرق التجريبيــة حيــث إنها مثالية في البحث الشجري ومنتهية في البحث الشــكلي (graph search)، ومعظم الطرق التي تستخدم طرقاً أفضل في البحث الشجري قد لا تصل لنهاية.

مسرد المصطلحات

❖ **البحث الأعمى (blind search)**

البحث الأعمى أو البحث غير المعلوم يعنى أن البحث يقوم على عدم علم عن بقية المراحل التي تأتي بعد المرحلة الحالية، وفي هذه الحالة يقوم البحث في كل مرة بتوليد مراحل جديدة ثم يختبر هذه المراحل هل من ضمنها ما يحقق الهدف؟ فإن كان ذلك ينتهي بذلك البحث، و إلا فيكرر البحث بتوليد مراحل جديدة وهكذا.

❖ **إستراتيجية العرض أولاً (Breadth-first search strategies)**

تتلخص فكرة البحث العرضي في أننا أثناء انتقالنا في البحث من جذر الشجرة نتناول المراحل التالية بصورة عرضية، أي نختبر النقاط (nodes) التي تأتي في نفس المستوى قبل أن ننتقل للمستوى الأسفل (أي التوسع يكون أفقياً وليس نحو العمق)

❖ **إستراتيجية حساب التكلفة (Uniform-cost search strategies)**

تقوم إستراتيجية حساب التكلفة بنفس منهج إستراتيجية العرض أولا ولكنها عندما تنتقل بالبحث من مرحلة إلى أخرى لا تأخذ إلا المرحلة التي يكون الانتقال إليها أقل تكلفة، أما إذا كانت جميع المراحل بنفس التكلفة فإنها تستخدم نهج العرض أولاً (Breadth-first).

❖ **البحث التراجعي (Backtracking search)**

يعمل بنفس طريقة البحث العميق، ولكنه عندما يأتي لمرحلة جديدة لا يهتم بالنقاط التي تظهر في هذه المرحلة وإنما يأخذ فقط النقطة التي يريد أن ينزل منها لمرحلة جديدة وهكذا.

❖ **إستراتيجية العمق المحدود (Depth-limited search)**

في إستراتيجية العمق المحدد يتم تحديد عمق أقصى للشجرة ومن ثم لا يتجاوز البحث هذا العمق.

❖ إستراتيجية البحث العميق المتكرر (Iterative deepening search):

إستراتيجية البحث العميق المتكرر(وتسمى أيضا إستراتيجية العمق أولاً المتكررة) تقوم على فكرة تحديد حدود لمستويات العمق تبدأ من 1، فإذا لم تجد في هذا المستويات من العمق الحل تنتقل لمستويات عمق أوسع، وهكذا في كل مرة نأخذ مستويات أكثر عمقا حتى نصل للحل.

❖ البحث ثنائي الاتجاه (Bidirectional search):

البحث ثنائي الاتجاه يقوم على تشغيل بحثين في وقت واحد أحداهما يبدأ من نقطة الانطلاق والثاني يبدأ من آخر نقطة ويتجه نحو نقطة الانطلاق، ويتلاقى البحثان في نقطة الوسط.

❖ البحث التجريبي (heuristic search):

البحث التجريبي أو البحث المعلوم (informed search) هو البحث الذي يقوم على معلومات عن المراحل التالية وأيها قد لا يؤدي للهدف.

❖ الأفضل أولاً (best-first search):

هذه الطريقة تقوم على اختيار أفضل النقاط (node) لتكون النقطة التالية.

❖ الأفضل أولاً الطماع (greedy best-first):

هذه الطريقة تسمى في بعض المراجع بطريقة الأفضل أولاً (أي دون إضافة الطماع)، وتسعى هذه الطريقة في تركيز البحث في النقاط التي تكون قريبة من الهدف، مما قد يجعل الوصول للهدف سريعا.

❖ الدالة التجريبية (heuristic function)

ويرمز لها بالرمز $h(n)$ وتعتمد هذه الدالة في عملها على المعلومات المتاحة عن المشكلة فكلما كانت المعلومات المتاحة عن المشكلة أكثر وأدق كان نتاج هذه الدالة أقرب للدقة في اختيار النقطة الأفضل.

المراجـــــع

المراجع العربية

1- المهندس أسامة الحسيني، 1989م، **الذكاء الاصطناعي ومـــدخل إلـــى لغـــة ليسب**. دار الراتب الجامعية بيروت 1989م.

2- آلان بونيه، ترجمة د. علي صبري فرغلي ،1993م، **الـــذكاء الاصـــطناعي واقعه ومستقبله**، عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافـــة والفنـــون والآداب، الكويت.

3- دكتور مهندس خالد ناصر السيد ، 2004م، **أصول الذكاء الاصطناعي**، مكتبة الرشد 2004م.

4- د. صباح محمد أمين الخيـــاط و د. جنـــان عبـــدالوهاب فيضـــي ،1998م، **الذكاء الاصطناعي مفاهيمه تقنياته أســـاليبه برمجتـــه**. دار حنـــين للنشـــر والتوزيع. عمان، الأردن، 1998م.

5- بروفسير شمبول عدلان، **الذكاء الاصطناعي والنظم الخبيرة**"، مذكرة، جامعة الخرطوم، 1993م.

6- د. المختار بن هندة،2001م، **البحـــث الـــذكي وخـــدمات القيمـــة المضـــافة للمعلومات على شبكة الإنترنت**، المعهد الأعلى للتوثيـــق، جامعـــة منوبـــة، الجمهورية التونسية.

7- ترجمة وإعداد المهندسة زينب الزرقاء والمهنـــدس أيمـــن عـــودة، 2005م، **الذكاء الصنعي في لغة PROLOG ومواضيع في النظم الخبيـــرة**، شـــعاع للنشر والعلوم، 2005م.

Reference:

1- Allen, J. F. ,1995, "Natural Language Understanding", Benjamin/Cumming, Redwood City, California. 1995.
2- Anthony, M. and Bartlett, P. ,1999, " Neural Network Learning: Theoretical Foundations". Cambridge University Press, Cambridge, UK. 1999
3- Bishop, C. M. ,1995, "Neural Networks for Pattern Recognition". Oxford University Press, Oxford, UK. 1995.
4- Bratko, I. ,2001, "Prolog Programming for Artificial Intelligence". Third edition, Addison-Wesley. 2001.
5- Russell, Stuart and Peter Norvig,2003, "Artificial Intelligence A Modern Approach". Second edition, Prentice Hall, 2003.
6- Sowa, J. ,1999, "Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations". Blackwell, Oxford, UK. 1999.
7- Dr. Ziad Algadi & Dr. Rashad Rasras 2003 " Artificial Intelligence ", مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع, الأردن عمان, 2003.
8- Zimmermann, H. J., 2001," Fuzzy Set Theory and its Application". Forth edition. Kluwer, Dordrecht, Netherlands. 2001

مواقع الانترنت

1- http://perso.wanadoo.fr/colin.barker/tpro1/tpro.htm
2- http://www.jfsowa.com/krbook/
3- http://www.wtec.org/loyola/kb/
4- http://www.c4arab.com/showsection.php?secid=16


الوحدة الخامسة
أمثلة لبعض جوانب وتطبيقات
الذكاء الاصطناعي

محتويات الوحدة

الموضوع	رقم الصفحة
مقدمة	**156**
تمهيد	**156**
أهداف الوحدة	**157**
1. الشبكات العصبية	**158**
1.1 مكونات الشبكة العصبية	159
2.1 كيف تعمل الشبكة العصبية	160
3.1 مثال عملي على شبكة البيرسبترون	163
2. النظم الخبيرة	**167**
1.2 مكونات النظم الخبيرة	167
2.2 خصائص النظام الخبير	169
3.2 بناء النظم الخبيرة	170
4.2 أمثلة لبعض النظم الخبيرة	172
3. تمييز الأنماط ومعالجة الصور	**174**
1.3 كيف تعمل تطبيقات تمييز الأنماط	174
4. معالجة اللغات الطبيعية	**182**
1.4 كيف تعمل أنظمة معالجة اللغات الطبيعية	183
5. نظام التعرف على الكلام	**185**
1.5 تطبيقات أنظمة التعرف على الكلام	186
2.5 أنواع أنظمة التعرف على الكلام	186
3.5 مشاكل أنظمة التعرف على الكلام	187

الموضوع	رقم الصفحة
4.5 مراحل التعرف على الكلام	189
5.5 مثال لأنظمة التعرف على الكلام	192
6. البحث الذكي على شبكة الإنترنت	**193**
1.6 البحث التقليدي (غير الذكي)	194
2.6 أصناف و أدوات البحث و طرق عملها	195
3.6 الخصائص الذكية لآليات البحث الحديثة	199
4.6 خدمات القيمة المضافة للمعلومات	203
الخلاصة	**206**
إجابات التدريبات	**207**
مسرد المصطلحات	**210**
المصادر والمراجع	**212**

مقدمة

تمهيد

عزيزي الدارس، في هذه الوحدة أمثلة لبعض جوانب وتطبيقات الذكاء الاصطناعي. نبدأ بالقسم الأول الشبكات العصبية وهي التي تسعى أن تنتج أجهزة وأنظمة تحاكي بها فكرة عمل العقل البشري، ويتناول كذلك هذا القسم من الوحدة مكونات الشبكة العصبية وكيف تعمل الشبكة العصبية، وينتهي بمثال عملي على شبكة البيرسيترون.

القسم الثاني من الوحدة يبحث في النظم الخبيرة والتي تعتبر واحدة من أهم إسهامات الذكاء الاصطناعي. في هذا القسم تجد تعريف النظم الخبيرة ومكونات النظم الخبيرة، ويتناول القسم خصائص النظام الخبير والجوانب التي يتطلبها النظام الخبير لبناء النظام، وينتهي القسم بأمثلة لبعض النظم الخبيرة.

القسم الثالث من الوحدة يبحث في فرع من فروع الذكاء الاصطناعي وهو تمييز الأنماط ومعالجة الصور، ويهتم هذا الفرع بجانبين: التعرف على الصور المدخلة للحاسوب، وإجراء عمليات على الصور المدخلة للحاسوب ، كما يبحث القسم في كيفية عمل تطبيقات تمييز الأنماط.

القسم الرابع معالجة اللغات الطبيعية يبحث في كيفية عمل أنظمة معالجة اللغات الطبيعية ، وهي طرق تجعل الحاسوب قادراً على فهم اللغة الطبيعية.

القسم الخامس نظام التعرف على الكلام والذي يبحث في الهدف من أنظمة التعرف على الكلام، وتطبيقات أنظمة التعرف على الكلام، وأنواع أنظمة التعرف على الكلام، ومشاكل أنظمة التعرف على الكلام.

القسم السادس والأخير من الوحدة يتناول البحث الذكي على شبكة الانترنت تجد في هذا القسم البحث التقليدي (غير الذكي) ، وأصناف وأدوات البحث وطرق عملها، كذلك يبحث القسم في جوانب الذكاء الاصطناعي لدى آليات البحث الحديثة.

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس، بعد دراسة هذه الوحدة ينبغي أن تكون قادراً على أن:

- **تذكر** تطبيقات الشبكة العصبية في بعض المجالات.
- **تعدد** مكونات الشبكة العصبية.
- **تشرح** كيف تعمل الشبكة العصبية .
- **تعدد** مكونات النظم الخبيرة.
- **تقدم** أمثلة لبعض النظم الخبيرة.
- **تشرح** كيف تعمل تطبيقات تمييز الأنماط.
- **تعدد** مجالات معالجة اللغات الطبيعية.
- **تشرح** طرق أنظمة معالجة اللغات الطبيعية.
- **تعدد** تطبيقات أنظمة التعرف على الكلام.
- **تعدد** أصناف وأدوات البحث وطرق عملها.

1. الشبكات العصبية (Neural Network)

عزيزي الدارس، كما ذكرنا في الوحدة الأولى إن من ضمن تقنيات الجيل الخامس لتقنيات الحاسب الآلي ما يعرف بالشبكات العصبية (Neural Network) (أرجع لصفحة رقم 26 جدول رقم (1-2)).

يمكن اعتبار الشبكات العصبية علماً جديداً يسعى لإنتاج حاسبات تعمل بنفس فكرة العقل البشري، فكما ذكرنا في الباب الأول من هذا الكتاب فإن العقل البشري ينفذ العمل من خلال ملايين من الخلايا العصبية والتي تتفرع بدورها إلى الملايين، من الزوائد العصبية ومن خلال هذه الخلايا العصبية يتم تخزين المعرفة عن العالم الخارجي في العقل البشري، (ارجع لشكل رقم 1-1 صفحة رقم 21- 22). فالشبكات العصبية تسعى أن تنتج أجهزة وأنظمة تحاكي بها فكرة عمل العقل البشري، حيث تتكون الشبكة العصبية من جهاز يحتوي على عدة معالجات مع عدة ذاكرات مرتبطة مع بعضها البعض بصورة متوازية مما يجعلها تقوم بتنفيذ المهام بنفس فكرة الخلايا العصبية في العقل البشري.

قد بدأت بعض جوانب هذه الشبكات ترى النور حيث نجد بعض الأجهزة التي تحتوي على معالج ضخم يحتوي على عدد من وحدات المعالجات البسيطة (أو عدة معالجات موزعة على التوازي بدلا من المعالج الذي يحتوي على الوحدات)، بحيث تقوم بتخزين المعرفة العملية لتجعلها متاحة للمستخدم وذلك عن طريق ضبط الأوزان، وقد قدمت الشبكات العصبية بعض الحلول **والتطبيقات في عدة مجالات نذكر منها:**

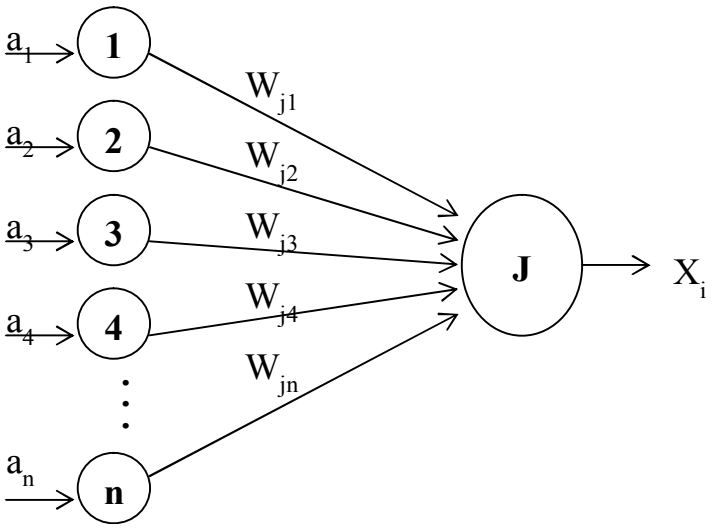
- تمييز الأنماط والتعرف على الصور .
- القدرة على التعرف على الصور المشوهة .
- إكمال الصور التي فقدت جزءاً منها، مثل الصور المرسلة بواسطة الأقمار الصناعية .

- عمليات التصنيف إلى عدد من الفئات. مثل تصنيف الحيوانات إلى أليفة و مفترسة .

لو أخذنا مثالاً على عملية التعرف على الكائنات الحية، و قمنا ببرمجة برنامج بالطريقة التقليدية للتعرف على هذه الحيوانات فإن ذلك سيكون صعباً للغاية فضلاً عن كونه محدود القدرات، فالتطبيقات التقليدية تمر بعدة مراحل تتطلب في معظمها وجود الإنسان، و تتطلب برنامجاً ضخماً للتعرف على كل حيوان على حده. بينما في الشبكات العصبية فإن الشبكة تتبع نفس الطريقة التي يتعلم بها الإنسان وذلك عن طريق عرض صور الحيوانات وضبط الأوزان حتى يتم تخزين المعرفة بصورة صحيحة في ذاكرة الحاسوب، ومع تكرار الصور و تنوعها تتعل الشبكة وتصبح قادرة على إعطاء إجابات صحيحة، وكل ذلك لا يتطلب كتابة برنامج ضخم كما في التطبيقات التقليدية.

1.1 مكونات الشبكة العصبية

كما أن للإنسان وحدات إدخال توصله بالعالم الخارجي وهي حواسه الخمس، فكذلك الشبكات العصبية تحتاج لوحدات إدخال، ووحدات معالجة يتم فيها عمليات حسابية تضبط بها الأوزان و تحصل من خلالها على ردة الفعل المناسبة لكل مدخل من المدخلات للشبكة (شكل رقم 5-1).



شكل رقم (5-1) فكرة عمل الشبكة العصبية (Neural Network)
حيث a_i هي المدخلات بينما w_{ji} هي الأوزان x_i هي مخرج الشبكة

فوحدات الإدخال تكوّن طبقة تسمى طبقة المدخلات، و وحدات المعالجة تكوّن طبقة المعالجة وهي التي تخرج نواتج الشبكة. وبين كل طبقة من هذه الطبقات هناك طبقة من الوصلات البينية التي تربط كل طبقة بالطبقة التي تليها والتي يتم فيها ضبط الأوزان الخاصة بكل وصلة بينية، وتحتوي الشبكة على طبقة واحدة فقط من وحدات الإدخال ولكنها قد تحتوي على أكثر من طبقة من طبقات المعالجة، شكل رقم (5-1).

2.1 كيف تعمل الشبكة العصبية

هناك أنواع مختلفة من الشبكات العصبية ولكل نوع طريقة عمل خاصة. وحتى نقف على كيف تعمل الشبكة العصبية سنتناول فكرة عمل واحدة من هذه الشبكات وهي الشبكة البرسبترون (perceptron network) والتي تستخدم في التطبيقات التي تحتاج إلى تصنيف الأنماط (Pattern Classification) إلى فئتين فقط، أي التي يمكن فصل أنماطها بيانياً بواسطة خط مستقيم، وتسمى هذه النوعية من الأنماط "الأنماط القابلة للفصل خطياً".

وتتكون هذه الشبكة من طبقة المدخلات وطبقة واحدة أو طبقتين من طبقة المعالجة بحيث لا تزيد طبقة المعالجة، عن طبقتين، بالإضافة إلى إنه يتم ضبط الأوزان لطبقة واحدة فقط من طبقات الوصلات البينية التي تربط بين الطبقات السابقة، لتبقى الطبقة الأخرى (إن وجدت) ثابتة الأوزان. والفكرة التي تعمل وفقها هذه الشبكة أو كيفية تعليم هذه الشبكات العصبية تتلخص في تتبع مرحلتين هما :

- مرحلة التعليم
- مرحلة الاختبار

مرحلة التعليم :

هي المرحلة التي يتم فيها ضبط أوزان الوصلات البينية حتى تصل إلى أوزان قادرة على إعطاء إجابات صحيحة، ويتم ذلك عن طريق قيام وحدات المعالجة بثلاث عمليات رئيسية :

عملية جمع الأوزان Weighted Sum :

تقوم كل وحدة معالجة بعملية الجمع لكل وزن مدخل لها و الملحق بالوصلة البينية التي تربط بينها وبين الوحدة الموجودة في الطبقة التي تسبقها، مضروباً في القيمة الخارجة من تلك الوحدة، وهو على الصيغة :

$$S_j = \sum_{i=1}^{n} a_i w_{ji}$$

حيث w_{ji} هو الوزن الملحق بالوصلة البينية التي تربط وحدة المعالجة j بالوحدة i الموجودة في الطبقة التي تسبقها، و a_i هي القيمة الخارجة من الوحدة i ، و S_j هي ناتج عملية الجمع لكل وحدة معالجة j .

عملية التحويل (Transformation) :

تتم هذه العملية في الطبقة الأخيرة من طبقات المعالجة حيث يتم تحويل ناتج عملية الجمع المذكور في العملية السابقة إلى أحد القيم التي يفترض أن تكون ضمن نواتج الشبكة المرغوب بها. فمثلاً لو كانت الشبكة ستتعلم كيف تصنف الأعداد إلى فردي وزوجي، على أن تعطي كل عدد فردي القيمة 0 و كل عدد زوجي القيمة 1، فإن قيمة

S_jوهو ناتج عملية الجمع لن يعطي القيمة 0 أو 1 غالباً، لذا لا بد من تحويل هذا الناتج إلى إحدى هاتين القيمتين، وذلك عن طريق قاعدة التحويل والتي يحددها المبرمج. فمثلاً تكون القاعدة كالتالي :

if $S_j > 0$ then $X_j=1$
if $S_j <= 0$ then $X_j=0$

حيث Xj هي القيمة الخارجة من وحدة المعالجة j .

عملية ضبط أوزان الشبكة (weights adjustment) :

بعد إتمام عملية التحويل يتم مقارنة الناتج الذي تعطيه الشبكة مع الناتج الصحيح الذي يفترض أن تعطيه الشبكة، وذلك عن طريقة طرح الناتج الهدف(الصحيح) من ناتج الشبكة، فإذا كان ناتج الطرح مساوياً للصفر فهذا يعني أن الشبكة أخرجت ناتجاً صحيحاً، أما إن كان غير ذلك فالشبكة تحتاج لضبط أوزانها، وذلك من خلال قاعدة التعليم (learning rule) **التالية:**

$$w_{ji}new = w_{ji}old + C(t_j - X_j)a_i$$

حيث:

- $w_{ji}new$ هي قيمة الوزن الجديد الملحق بالوصلة البينية بين الوحدةj الوحدة i .
- و$w_{ji}old$ هي قيمة الوزن القديم الملحق بالوصلة البينية بين الوحدة j والوحدة i .
- و C هو معدل التعلم (learning rate) وهي قيمة ثابتة عادة ما تكون قيمة أقل من1 .
- و t_j هي القيمة الهدف للشبكة.
- و X_j هي القيمة التي أنتجتها الشبكة.
- و a_i هي المخرج من الوحدة i .

أسئلة تقويم ذاتي

أكمل القاعدة التالية:

$w_{ji}new$=……+……

3.1 مثال عملي على شبكة البيرسبترون Perceptron

حتى نوضح الجوانب السابقة سنتناول في هذا الجزء مثالاً مبسطاً عن الدالة المنطقية AND.

لنفرض أن لدينا شبكة من النوع Perceptron (الشكل 5-2) ونريد تعليمها كيف تطبق الدالة المنطقيةAND ، و هذه الدالة تعطي القيمة 1 إذا كانت كل من قيمة المدخلين مساوية للواحد، وصفراً في الحالات الأخرى كما يوضح الجدول رقم (5-1).

جدول (5-1) : الدالة AND

a_1	a_2	Y
0.0	0.0	0
0.0	1.0	0
1.0	0.0	0
1.0	1.0	1

حيث a_1 و a_2 ترمز للمدخلات، بينما Y ترمز للمخرجات.

وقاعدة التحويل **هي :**

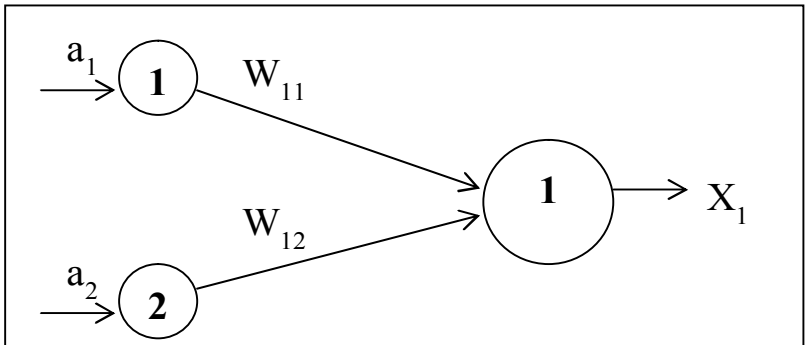
if S_j >0 then X_j=1

if S_j<=0 then X_j=0

وسنفرض معدل التعلم بالقيمة C=0.5.

لتمثيل هذه الشبكة فإننا نحتاج لوحدتي إدخال لأن هناك مدخلين، ووحدة معالجة واحدة لأن هناك مخرجاً واحداً (الشكل 5-2).

من الرسم نجد أن هناك طبقة واحدة من الوصلات البينية وسنفرض لها قـيم أوزان مختلفة على أن تكون في المدى من 0.5- إلى 0.5



شكل رقم (5-2) مثال لشبكة عصبية للدالة المنطقية AND

$w_{11}=0.1$

$w_{12}=0.3$

سنبدأ الآن بالمدخل الأول (a_1,a_2) ونطبق أول عميلة وهي عملية الجمع :

$$S_j = \sum_{i=1}^{n} a_i w_{ji}$$

$$S= 0.0\times 0.1+ 0.0\times 0.3$$

$$S=0.0$$

** قيم المدخلات (a_i) من الجدول رقم (5-1)*

وحيث إن وحدة المعالجة هذه هي آخر وحدة معالجة فيجب تطبيق قاعدة التحويل :

$$S= 0.0 \rightarrow S<= 0.0$$

$$\text{إذاً } X=0$$

وبعد ذلك سنطبق عملية ضبط الأوزان، ولكن أولاً نتحقق مما إذا كان هناك حاجـة لضبط الأوزان أم لا :

الناتج للمدخل الأول هو 0 ، والناتج الذي أخرجته الشبكة هو 0 ، وحاصل طـرح هذين الناتجين هو0 ، وهذا يدل على أن أوزان الشبكة ليست بحاجة إلى تعديل .

لننتقل إلى المدخل الثاني مستخدمين نفس الأوزان السابقة لأنه لم يتم تعديلها لعـــدم الحاجة لذلك :

نبدأ من جديد بتطبيق عملية الجمع :

$$S_j = \sum_{i=1}^{n} a_i w_{ji}$$

$$S= 0.0\times 0.1 + 1.0 \times 0.3$$

$$S=0.3$$

ثم قاعدة التحويل :

$$S= 0.3 \rightarrow S> 0.0$$

$$X=1 \quad \text{إذاً}$$

وبعد ذلك عملية ضبط الأوزان :

الناتج الهدف للمدخل الثاني هو 0 أيضاً، والناتج الذي توصلت له الشـــبكة هـــو 1 بطرح ناتج الشبكة من الناتج الهدف يعطي القيمة 1- وهي غير مساوية للصفر لذا لا بـــد من ضبط جميع أوزان الشبكة .

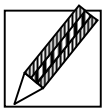
$$w_{ji}new = w_{ji}old + C(t_j - X_j)a_i$$

$$w_{11}new = 0.1+ 0.5 \times (-1) \times 0.0 \rightarrow \quad w_{11}new =0.1$$

$$w_{12}new =0.3+ 0.5 \times (-1) \times 1.0 \rightarrow \quad w_{12}new = -0.2$$

وبذلك نكون قد انتهينا من المدخل الثاني لنترك المدخل الثالـــث والرابـــع كتـــدريب مستخدمين الأوزان بعد تعديلها، متبعين نفس الخطوات السابقة.

تدريب (1)



اكمل بقية المدخلين الثالث والرابع في المثال السابق عن الدالة المنطقية AND.

مرحلة الاختبار:

اختبار الشبكة مشابه تماماً لعملية التعليم إلا أن الشبكة في هذه المرحلة لاتضبط أوزانها، وإنما فقط تقوم بعمليتي الجمع والتحويل ومقارنة الناتج الذي تنتجه الشبكة بالناتج الهدف. حيث يتم عرض فئة اختبار على الشبكة وتحتوي هذه الفئة على مجموعة من المدخلات والمخرجات المصاحبة لكل مدخل. ويفضل أن تكون فئة الاختبار مختلفة عن فئة التدريب .

فإذا استطاعت الشبكة اجتياز الاختبار وإعطاء إجابات صحيحة تصبح الشبكة جاهزة للاستخدام.

أسئلة تقويم ذاتي



1- قدمت الشبكات العصبية بعض الحلول والتطبيقات في عدة مجالات. اذكر بعضاً منها.

2- اذكر مكونات الشبكة العصبية.

3- كيف تعمل الشبكة العصبية؟

2.النظم الخبيرة (Expert Systems)

عزيزي الدارس، تعتبر الأنظمة الخبيرة واحدة من أهم إسهامات الذكاء الاصطناعي. وتتميز الأنظمة الخبيرة بأنها المجال الذي يتم فيه تمثيل المعرفة والتحكم في البحث داخل قواعد المعرفة.

➢ **تعريف النظم الخبيرة:**

أُطلقت عدة تعريفات على النظم الخبيرة **منها:**

1- النظم الخبيرة هي برامج للمعرفة المكثفة تعمل على علاج المشاكل الصعبة التي لا تعالج إلا من قبل الخبراء من البشر (مثل التشخيص الطبي).

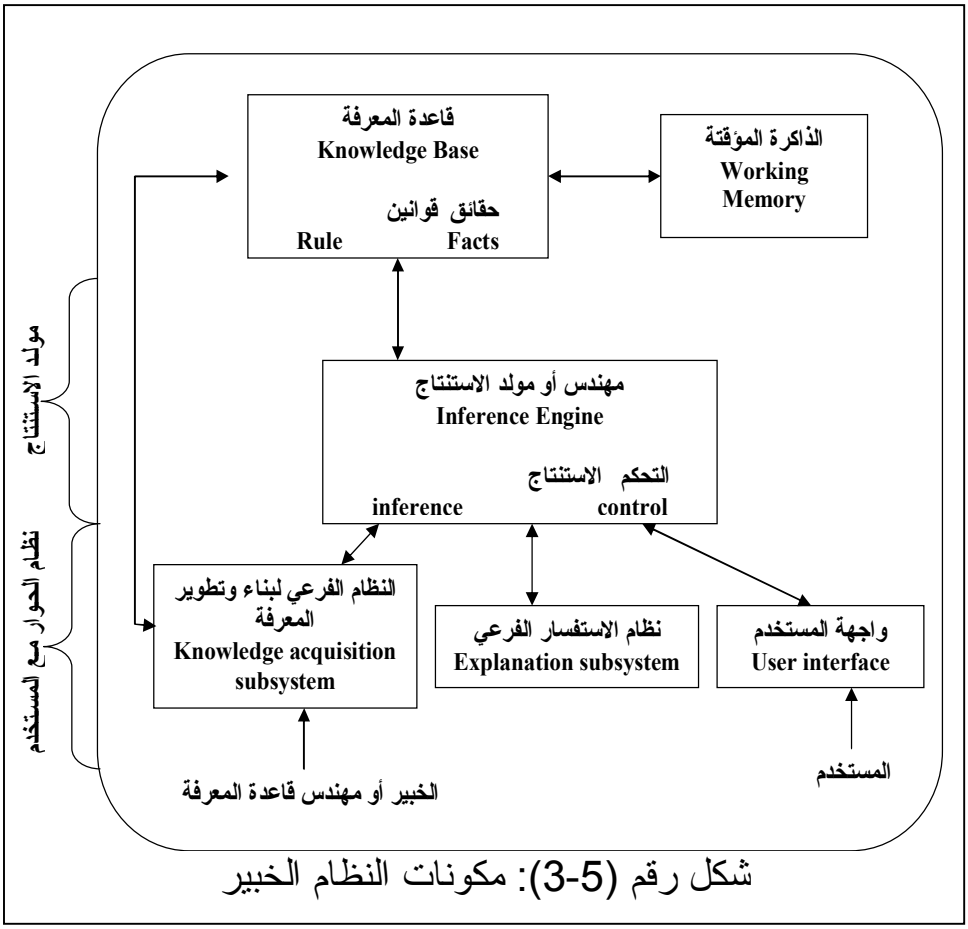
2- النظم الخبيرة هي نظم لقواعد المعرفة (لأنها تعمل على استخدام المعرفة أو الحقائق والقواعد التي تستخدم من قبل الخبراء من البشر).

1.2 مكونات النظم الخبيرة

عادة ما يتكون النظام الخبير من ثلاثة مكونات (الشكل 5-3) **هي:**

1- قاعدة المعرفة(knowledge base): و تحتوي على كل الحقائق والقواعد والعلاقات التي تمثل المعرفة (معلومات وعمل الخبراء). وهذه القاعدة تختلف عن قاعدة البيانات حيث تحتوي قواعد المعرفة على المعرفة البديهية والحدسية والتجريبية بينما تخلو منها قواعد البيانات، وتسمى الحقائق والتعريفات المتضمنة في قواعد المعرفة "ببيانات" في قواعد البيانات بينما تعني "البيانات" في النظم الخبيرة تلك البنود التي ترتبط بوجه خاص بالمشكلة التي يعالجها البرنامج.

قواعد المعرفة هي مجموعة من الحقائق والقواعد التي توضع في شكل جمل برمجية تكتب بإحدى لغات البرمجة الخاصة مثل prolog و lisp لذا فإن هذه المعرفة تسمى بالذاكرة المؤقتة للنظام الخبير (working memory).



شكل رقم (5-3): مكونات النظام الخبير

2- نظام الاستنتاج (inference system) أو مولد الاستنتاج (inference engine): هو الجزء من النظام الخبير الذي يهتم بالاستنتاج وإصدار النتائج الخاصة بالنظام. يحتوي نظام الاستنتاج على الخطوات التي يتبعها الخبير في علاج المشاكل المتعلقة بمجال عمل الخبير. وبصفة عامة يمكن تلخيص مهام نظام الاستنتاج في تنفيذ مهمتين **هما:**

(أ)- اختبار الحقائق والقواعد الموجودة في النظام مع إمكانية إضافة حقائق أو قواعد جديدة.

(ب)- تحديد الترتيب المناسب لتدفق الاستنتاج وللردود على المستخدمين.

3- نظام الحوار (dialog system) أو واجهات المستخدم (user interface): وهو الجزء الخاص بتفاعل المستخدم مع قاعدة المعرفة عبر نظام الاستنتاج.

أسئلة تقويم ذاتي



1- ما مكونات النظم الخبيرة ؟

2.2 خصائص النظام الخبير

1- النظام الخبير يستقبل المهام من قبل المستخدم ثم يحدد الاستنتاج الذي بدوره يقدم النتيجة المطلوبة.

2- قوة النظام الخبير من كمية المعلومات المخزنة داخل قواعد المعرفة وليست من بنية النظام.

3- النظام الخبير يعتمد على خصائص المجال الذي ينتمي إليه حيث نجد الآتي:

(أ)- يعتمد النظام الخبير على المعلومات والمعالجات والقوانين التي يجب أن تحفظ في قاعدة المعرفة.

(ب)-يعتمد النظام الخبير على خبرة الخبراء الناجحين في إحدى التخصصات الضيقة.

4- هناك عدة مدارس في تصميم وتطبيق النظم الخبيرة **منها:**

(ج)- المدرسة المنطقية (logic programming school). وهذه المدرسة تقوم بتمثيل الحقائق والقواعد في صورة منطق إسنادي من الرتبة الأولى (first order predicates).

(د)- المدرسة التي تعتمد على الحقائق (rule-base school). وهذه المدرسة تقوم بتمثيل المعرفة في صورة قاعدة rule في جملة if-then.

أسئلة تقويم ذاتي



ما خصائص النظم الخبيرة؟

3.2 بناء النظم الخبيرة

بناء النظام الخبير يتطلب الوقوف على أربعة جوانب هي:

1- تحديد الميدان: تتطلب عملية بناء الأنظمة الخبيرة التي هي بطبيعتها عملية متزايدة incremental عقد عدة جلسات مع أحد خبراء المجال المحدد. ويقوم الخبير البشري بشرح معرفته في هذا الميدان، والطرق التي يتبعها في حل المسائل. وقد يقدم شرحه هذا بطريقة غير منظمة، لأنها ربما المرة الأولى التي يطلب منه القيام بذلك. ويجب السماح للخبير بإجراء مراجعات عديدة لما يريد أن يضمنه في البرنامج، وإعطاء تفسيرات مطولة لنقاط 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 الخبير الأول. ولهذا يجب أن توضع هذه المعلومات في شكل بسيط، ليسهل قراءتها ودراستها. وتساعد أشكال التمثيل التي وصفناها في الفصول السابقة تتبع الأسلوب التقليدي للغات البرمجة. وإذا نظرنا إلى المستقبل البعيد يمكننا أن نتوقع أن يقوم الخبراء البشريين أنفسهم ببناء هذه البرمجة دون مساعدة علماء المعلومات.

2- تفسير عملية الاستنتاج أو الاستدلال: من السمات الهامة للأنظمة الخبيرة 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 التواصل 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. وهو السمة بالغة الأهمية، حتى إذا لم يكن الإيضاح الذي يقدمه البرنامج

على درجة كبيرة من العمق، لأنه يساعد المستخدم على تقويم ثقته – أو عدم ثقته – في البرنامج. ولم يعد البرنامج صندوقا أسوداً سحرياً، كما تبدو أغلب البرامج العادية.

3- المستخدم: لا بد من مراعاة عدة اعتبارات عملية عند بناء الأنظمة الخبيرة. ويمكن تلخيص هذه الاعتبارات **فيما يلي:**

أولا: يجب مساعدة غير الخبير الذي يطلب نصيحة أو مشورة في إحدى المجالات التخصصية. والمثال الشائع لذلك أحيانا هو الطبيب الممارس العام الذي يحتاج لنصيحة خبير في أمراض الكلي أو ضغط الدم المرتفع قبل تحويل مريضه إلى أخصائي. ولهذا يجب أن يكون مستوى أداء البرنامج الخبير مقاربا لأداء الخبير البشري في المجال ذاته ويمكن أن يستفيد البرنامج الخبير من النقد البناء لمجموعات مختلفة من الأخصائيين. ويمكن للبرنامج الخبير – بل يجب – أن يضمن خبرات وتجارب عدد من الخبراء وهذه المعلومات نادرا ما تكون مسجلة بالكتب والدوريات العلمية في هذا المجال.

ثانيا: وهناك نوع ثاني من مستخدمي الأنظمة الخبيرة يسعون لاكتساب معرفة مهنية في موضوع تخصصي، ويمكن الحصول عليها من أحد الأنظمة الخبيرة التي لها بعض القدرات التعليمية

وأخيرا: يمكن للأنظمة الخبيرة أن تحفظ الخبرات الفريدة للخبراء والمتخصصين العظام، والتي نفقدها عادة عندما يتقاعد هؤلاء دون نقل خبراتهم النادرة إلى خلفائهم.

4- تمثيل المعرفة: إن مشكلة تمثيل المعرفة في الأنظمة الخبيرة هي مشكلة أساسية، فنادرا ما يمكن وضع المعرفة المتعلقة بمجال معين في صياغة واحدة، فهناك المعرفة البديهية والتجريبية مثل"إذا لوحظ وقوع أ و ب إذن من المحتمل وقوع ج ولكن بالتأكيد لا يمكن توقع د"، وهناك أيضا المعرفة الإجرائية مثل: "إذا كانت أ معلومة، إذن يكون التسلسل ب ثم ج وهكذا". ويسمى هذا النوع الثاني "ما وراء المعرفة Knowledge meta " والنوع الثالث من المعرفة هو المعرفة الحقائقية factual knowledge مثل: "تحتوي أ على ب و ج و د". وعادة ما يكون التعبير عن النوعين الأولين من المعرفة بواسطة القواعد الإنتاجية ، بينما يعبر عن النوع الثالث بواسطة بنية الشجرة. ويختلف الخبراء كثيرا فيما بينهم بشأن تمثيل المعرفة

من النوعين الأولين بينما يرجع اتفاقهم بشأن تمثيل معرفة النوع الثالث. فيتفق مـــثلا جميـــع الجغرافيين على تمثيل المعرفة بالجملة "تشمل بريطانيا العظمى كلاً من إنجلترا، وسكوتلاندا وويلز".

أسئلة تقويم ذاتي



اذكر الجوانب التي يتطلبها بناء النظام الخبير.

4.2 أمثلة لبعض النظم الخبيرة

كان أول نظام خبير تم تصميمه هو برنامج ديندرال DENDRAL الذي صـــمم فـــي أوائل الستينات (1965م) ليعالج مسألة التركيب الكيمائي للمواد، وقد احتوى هذا البرنامج على قدر هائل من المعلومات الكيميائية المتخصصة، وقد دفع نجاح هذا البرنامج إلى ظهور النظم الخبيرة وانتشارها حتى غطت جميع التخصصات ومجالات العمل المختلفة، وصارت هنـــاك شركات متخصصة لإنتاج الأنظمة الخبيرة بجانب الإنتاج العلمي المستمر فـــي المؤسســـات العلمية، الجدول رقم (5-2) يقدم سرد تاريخي (حتى 1991) للإنتاج التجاري لخمسة مـــن الشركات المتخصصة في إنتاج الأنظمة الخبيرة. أما الجدول رقم (5-3) فيوضـــح بعـــض الأنظمة الخبيرة التي حظيت بشهرة واسعة.

جدول رقم (5-2): سرد تاريخي لمنتجات 5 من الشركات المتخصصة في الأنظمة الخبيرة (عدد المنتجات لكل سنة)

مجال المنتج أو التقنية المستخدمة	1987	1988	1989	1990	1991	المجموع
مسائل الجدولة (Scheduling)	2	7	15	5	2	31
مسائل التحكم (Control)	5	10	7	9	20	51
التشخيص (Diagnosis)	5	6	2	15	11	39
استخدام المنطق الغامض Fuzzy	2	3	4	9	12	30
استخدام الشبكات العصبية Neuro	0	0	2	6	25	33
المجموع	14	26	30	44	70	184

المصدر: المؤتمر الأول للنظم الخبيرة

جدول رقم (5-3): أكثر الأنظمة الخبيرة شهرة حتى عام 1997م

النظام الخبير	سنة الإنتاج	الجهة المنتجة	مجال عمل النظام
DENDRAL	1965م	استانفورد Stanford	التحاليل الكيميائية
MACSYMA	1965م	معهد ماشيسيوست للتكنلوجيا MIT	مسائل الرياضيات
MYCIN	1972م	استانفورد Stanford	تشخيص أمراض الدم
Prospector	1972م	مركز SRI للذكاء الاصطناعي	اكتشاف المعادن
Cadeceus	1975م	جامعة بيتسبيرج (PITT)	الطب
DIGITALIS	1978م	معهد ماشيسيوست للتكنلوجيا MIT	التقنية الرقمية
PUFF	1979م	استانفورد Stanford	مرض الرهبة من الطيران
R1	1980م	جامعة كارنجي ميلون CMU	مواصفات الحاسبات
XCON	1982م	DEC	مواصفات الحاسبات
KNOBS	1983م	تطبيقات هندسة النظم والتقنية لوزارة الدفاع MITRE	تخطيط المهام mission planning
ACE	1983م	شركة الهاتف AT &T	تشخيص أعطال كيبل الهاتف
FAITH	1984م	ناسا NASA معهد كاليفورنيا للتكلنوجيا (JPL)	تشخيص المركبات الفضائية
ACES	1986م	مؤسسة Aerospace للفضاء	تشخيص مشاكل الأقمار الصناعية

نظام تشخيص	1986م	Cambpell	تشخيص المطابخ
DELTA/CATS	1986م	جنارال إلكترك GE	تشخيص محركات الديزل
نظام إداري	1987م	الامركيــة للتبــديل والتخــزين AMEX	تأليف وإدارة الديون
MAX	1992م	NYNEX	مشاكل شبكات الهاتف
نظام شبكات	1995م	معهـد كاليفورنيـا للتكنولوجيـا Caltech	إدارة شبكة PacBell
نظام تخطيط	1997م	جامعة كاليفورنيا UCI	تخطـيط عقـار لمـرض HIV

أسئلة تقويم ذاتي



اذكر أمثلة لبعض النظم الخبيرة.

3.تمييز الأنماط ومعالجة الصور

(Pattern Recognition and Image Processing)

عزيزي الدارس، تمييز الأنماط ومعالجة الصور هو فرع مــن فــروع الــذكاء الاصطناعي يهتم بجانبين **هما:**

(أ) التعرف على الصور المدخلة للحاسب.

(ب) إجراء عمليات على الصور المدخلة للحاسب.

ومن أمثلة هذه التطبيقات ما نجده في المجال العسكري مثل الصواريخ التي تحــدد أهدافاً متعددة أو طائرات التجسس، أو مطابقة البصمة والصورة.

1.3 كيف تعمل تطبيقات تمييز الأنماط

لو سألنا سؤال: كيف يتعرف الإنسان أو الطفل على صــورة الســيارة ؟ لكــان الجواب البديهي هو لأنه يعلم أنها سيارة. من هنا نتفق على أن طريقــة التعــرف علــى الأنماط أو أي شيء في العالم لابد من أن يسبقها مرحلة تعلم لهذه الأنماط ثم تليها عملية تصنيف. إذن مراحل التعرف على أي نمط تمر **بمرحلتين هما:**

- مرحلة التعلم (learning).
- مرحلة التصنيف (classification or recognition).

يوجد أربعة طرق أساسية مستخدمة في عالم تمييز الأنماط Pattern Recognition Approaches or Methods ألا وهي:

1- طريقة مطابقة القوالب(Template-Matching and Correlation).
2- الطريقة الإحصائية (Statically Approach).
3- طريقة الإعراب والتركيب (Syntactic and Structural Approach).
4- الشبكات العصبية (Neural Networks Approach).

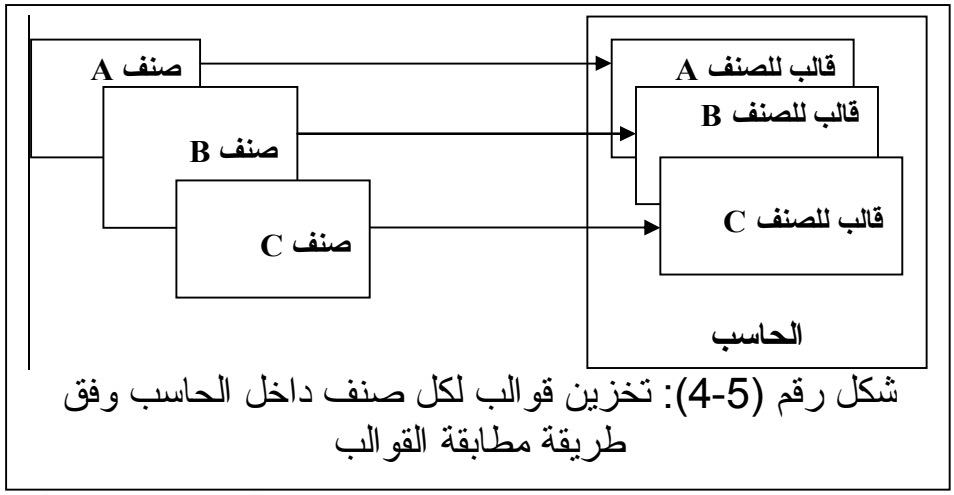
سنشرح كل طريقة مروراً بالمرحلتين :

1- كيف تتم مرحلة التعليم learning فيها.

2- كيف تتم مرحلة تمييز أو تصنيف الأنماط فيها.

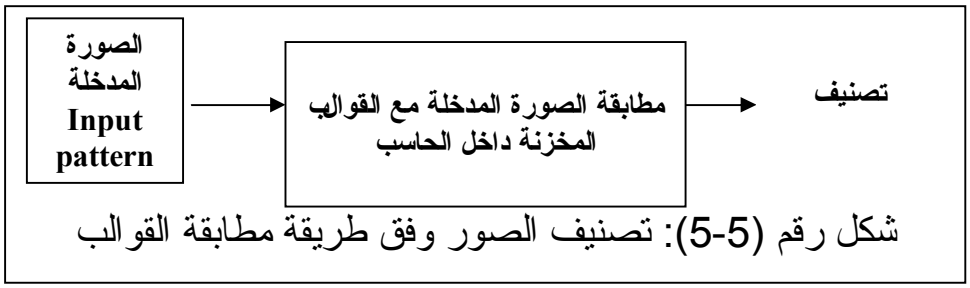
الطريقة الأولى: مطابقة القوالب(Template-Matching and Correlation):

مرحلة التعليم في هذه الطريقة تقوم على تخزين مجموعة من القوالب (Templates) أو النماذج (Prototypes)، من كل صنف في الحاسوب كما يوضح الشكل رقم (5-4).



شكل رقم (5-4): تخزين قوالب لكل صنف داخل الحاسب وفق طريقة مطابقة القوالب

ثم في مرحلة التصنيف تتم عملية مقارنة للصور الداخلة (Input pattern) مع القوالب (templates) فإن كانت نتيجة مقارنتها مع الصنف س أكبر من نتيجة مقارنتها مع الصنف ص فإنها تصنف ضمن الصنف س وهكذا كما يوضح الشكل رقم (5-5).

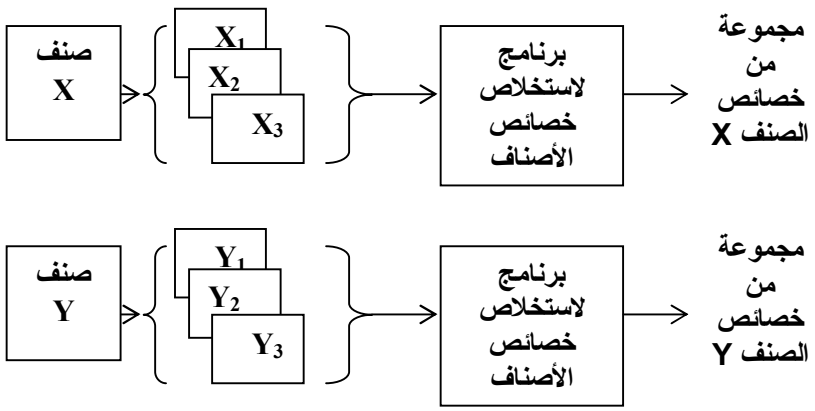


شكل رقم (5-5): تصنيف الصور وفق طريقة مطابقة القوالب

وتتم عملية المقارنة بعد تخزن الصورة الداخلة على شكل مصفوفة وتقارن مع القوالب الموجودة في الجهاز pixel by pixel وتعطي قيمة للمقارنة. الصعوبة الوحيدة في هذه الطريقة هي الاختيار الجيد للقوالب من كل صنف بالإضافة إلى تحديد معايير المقارنة وخصوصاً لو كانت الصورة الداخلة تحمل تشوهات.

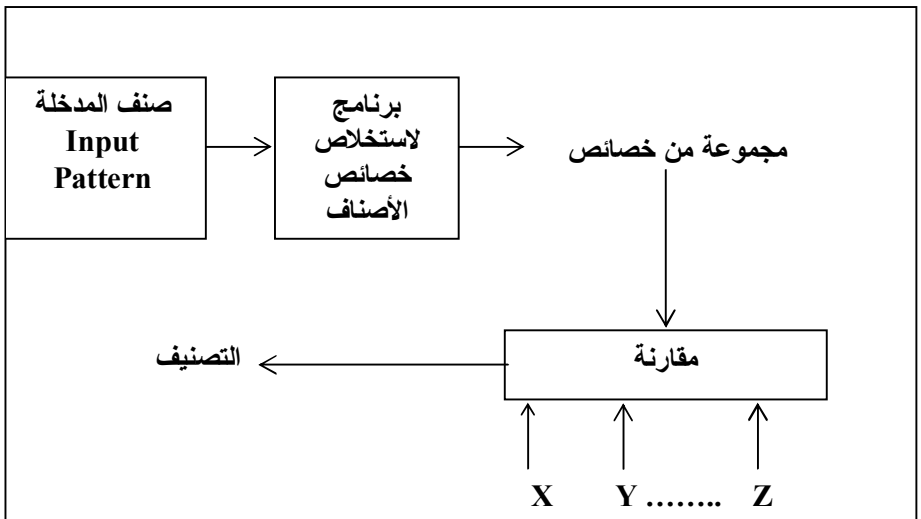
الطريقة الثانية: الطريقة الإحصائية (Statically Approach):

في هذه الطريقة توصف كل صورة أو نمط (pattern) بواسطة مجموعة من الخصائص (set of features) والتي من الممكن أن نعبر عنها بقيم حقيقية. في مرحلة التعلم يقدّم كل نمط (pattern) كمتجه من الخصائص (feature vector) كما يوضح الشكل رقم (5-6).



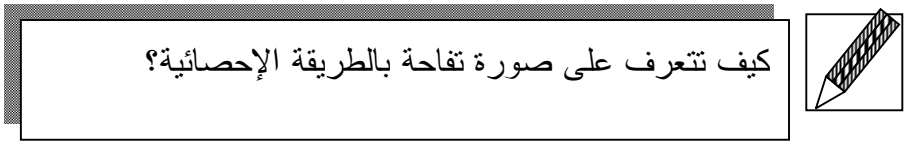
شكل رقم (5-6): توصيف الأنماط في مجموعة خصائص وفق الطريقة الإحصائية

أما في مرحلة التصنيف فيتم تقسيم مساحة الصورة إلى مناطق مجزأة، كل منطقة تقارن مع صنف كما يوضح الشكل رقم (5-7).



شكل رقم (5-7): تصنيف الأنماط وفق الطريقة الإحصائية

تدريب (2)



كيف تتعرف على صورة تفاحة بالطريقة الإحصائية؟

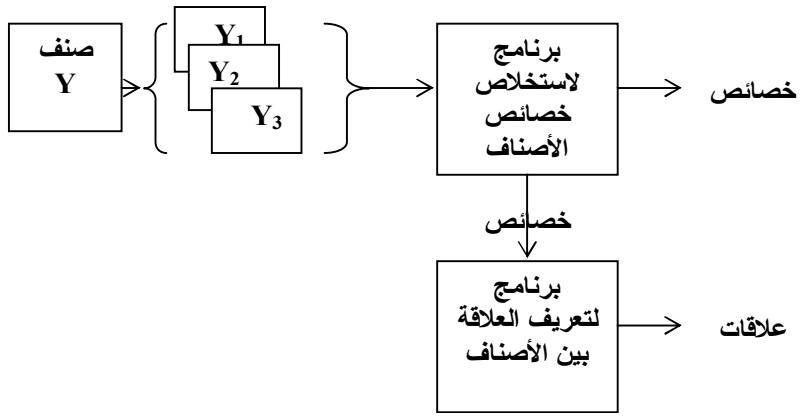
الطريقـــة الثالثـــة: طريقـــة التركيـــب (Syntactic and Structural Approach):

في هذه الطريقة لا نكتفي فقط بالقيم الرقمية لخصائص كل صنف، ولكـــن نضـــيف عليها العلاقات بين الخصائص في كل صنف والتي تتيح لنا معلومات هيكلية ضـــرورية في التعرف على الأنماط.

آخر الدراسات في هذا المجال توصلت إلى أن أقوى طريقة للتعرف على الأنمـــاط هي الطريقة التي تجمع بين الطـــريقتين – الطريقـــة الإحصـــائية (statistic pattern recognition approach) مـــع الطريقـــة التركيبيـــة (Syntactic pattern

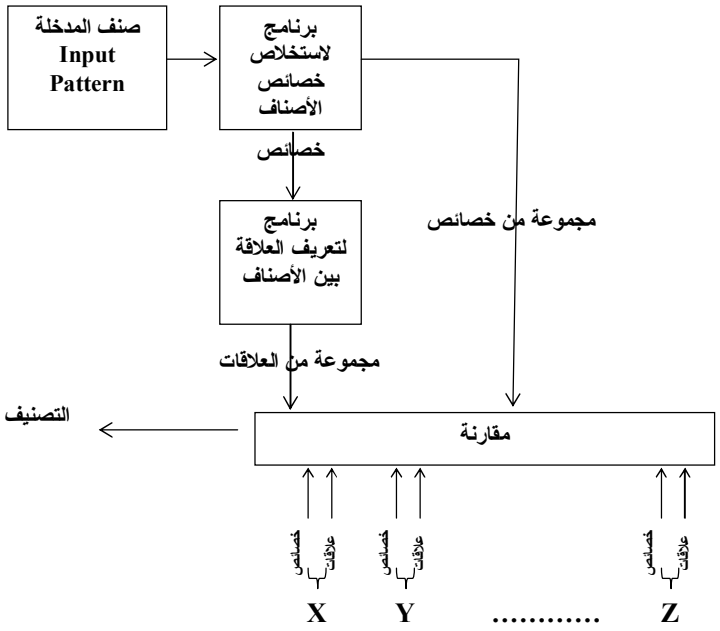
recognition) كطريقة واحدة تسمى المعـــاني والتراكيـــب (Syntactic-Semantic approach).

في مرحلة التعلم في هذه الطريقة يمثل النمط عادة كشجرة (tree) أو رسم بيـــاني (graph)أو سلسلة حرفية (string) من العناصر الأولية والعلاقات بينها كمـــا يوضـــح ذلك الشكل رقم (5-8).



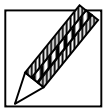
شكل رقم (5-8): تحديد خصائص وعلاقات الأنماط وفق الطريقة التركيبية

عملية التصنيف في هذه الطريقة تـــتم مـــن خـــلال تحليـــل التراكيـــب (Syntax analysis) أو بمعنى آخر من خلال برنامج تعريـــب (parsing procedure). أعلـــى نسبة مقارنة ناتجة من مقارنة الصورة المدخلة مع كل شجرة (tree) مخزنة، أو رســـم بياني (graph)، أو سلسلة حرفية (string)، على حسب التمثي المعتمد فـــي التطبيـــق. تحدد الصنف الذي تنتمي إليه الصورة المدخلة. الشـــكل رقـــم (5-9) يوضـــح عمليـــة التصنيف في هذه الطريقة.



شكل رقم (5-9): تصنيف الأنماط وفق الطريقة التركيبية

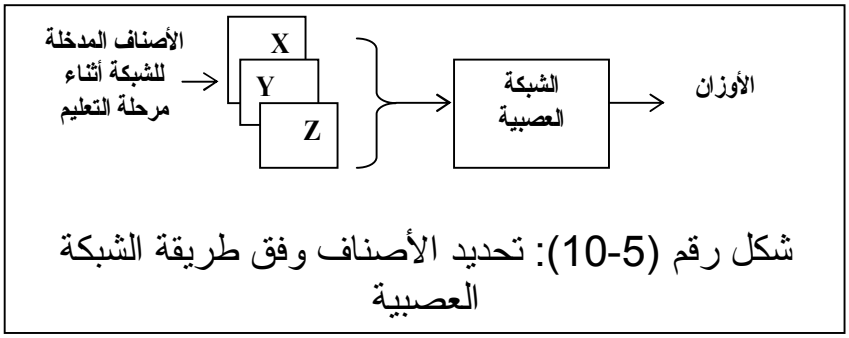
تدريب (3)



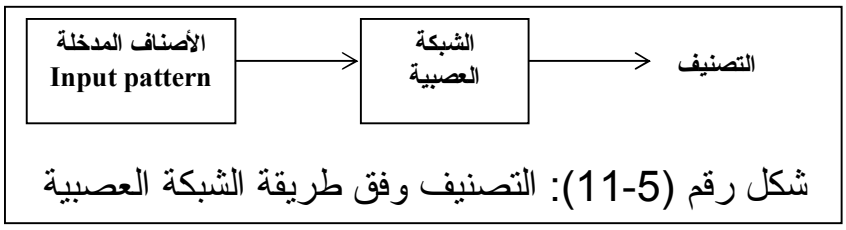
صورة مدخلة يوجد بها دائرتان (خصائص) لو كانت المسافة بينهما ما بين 1 إلى 2 سم كيف يتم تصنيفها وفق الطريقة التركيبية؟

الطريقة الرابعة: الشبكات العصبية (Neural Networks):

من ضمن المجالات التي تستخدم فيها الشبكات العصبية تمييز الأنماط لمجموعة من الصور(patterns) ، حيث تدخل مجموعة الصور إلى الشبكة العصبية فتقوم الشبكة العصبية بضبط أوزانها (الشكل رقم (5-10)). بعد ذلك وفي مرحلة التصنيف يتم إدخال الأنماط للشبكة وبناء على الأوزان تقوم الشبكة بتصنيف هذا النمط (الشكل رقم (5-11)).



شكل رقم (5-10): تحديد الأصناف وفق طريقة الشبكة العصبية



شكل رقم (5-11): التصنيف وفق طريقة الشبكة العصبية

أسئلة تقويم ذاتي



1- كيف تعمل تطبيقات تمييز الأنماط؟
2- ما هي الصعوبة التي تواجها طريقة مطاقة القوالب؟
3- كيف يتم تصنيف الأنماط وفق الطريقة الإحصائية؟
4- كيف يتم تصنيف الأنماط وفق طريقة التركيب؟
5- كيف يتم تصنيف الأنماط وفق طريقة الشبكات العصبية؟

4. معالجة اللغات الطبيعية

(*"NLP"* Natural Language Processing)

عزيزي الدارس، معالجة اللغات الطبيعية هي واحدة من تطبيقات الذكاء الاصطناعي التي بدأت تأخذ اهتماماً خاصاً في الفترة الأخيرة، وتهدف هذه التطبيقات لصناعة برمجيات تتمكن من تحليل ومحاكاة فهم اللغات الطبيعية **ولها عدة مجالات منها:**

- القراءة الآلية للنصوص الطبيعية.
- توليد النصوص أو الكلام آليا.
- الترجمة الآلية .
- فهم الأسئلة والإجابة عنها .
- إيجاد المعلومات .
- استخلاص المعلومات .
- تنقيح النصوص.
- تقنيات الترجمة.
- التلخيص الآلي.

1.4 كيف تعمل أنظمة معالجة اللغات الطبيعية؟

هناك ثلاثة طرق مختلفة تستخدم في معالجة اللغات الطبيعية (جعل الحاسب قادراً على فهم اللغة الطبيعية) هي:

- **طريقة تعتمد على تحليل اللغة:**

وفق هذه الطريقة تتم معالجة اللغات الطبيعية على خطوات ومراحل عديدة تعمل هذه المراحل على جعل الحاسب قادراً على فهم اللغات الطبيعية، وأهم هذه المراحل هي:

المرحلة الأولى: **التحليل الحرفي أو الصرفي(Morphological Analysis):** وفي هذه المرحلة يتم تجزئة الجملة إلى كلمات ثم تصريف الكلمات (تحديد أصل الكلمة).

المرحلة الثانية : **التحليل المعجمي (Lexical Analysis):** في هذه المرحلة يتم إعطاء كل كلمة صفة معجمية (Lexical) كالاسم أو الفعل أو سمات الكلمة كالمفرد أو الجمع أو المذكر أو المؤنث أو ما شابه ذلك.

المرحلة الثالثة: **التحليل القواعدي (Syntactic Analysis):** في هذه المرحلة يتم إعراب الجمل المعطاة وتوليد هيكل إعرابي لها من خلال استخدام قواعد محددة لإعراب الجمل في اللغة الطبيعية.

المرحلة الرابعة : **التحليل الدلالي (Semantic Analysis):** في هذه المرحلة يتم تحديد معنى الجملة أي المقصود من الجملة وذلك عن طريق الربط المنطقي بالمعلومات عن حول ما يدور الحديث عنه في الجملة وبين العالم الواقعي.

- **طريقة تعتمد على فهم اللغة من خلال إزالة الغموض:**

تعتمد هذه الطريقة على تطوير تقنيات تزيل الغموض الموجود في اللغة، وذلك انطلاقا من مفهوم مفاده أن إزالة الغموض الموجود في الكلام يؤدي إلى الفهم الصحيح للغة. وقد حصرت هذه الطريقة أنواع الغموض الموجود في الكلام في **ما يلي من جوانب:**

1- غموض الكلمات (lexical ambiguity): وهو الذي يحدث عندما تكون للكلمة معاني مختلفة ولا يتضح المعنى المقصود من خلال الجملة.

2- غموض في القواعد أو تركيب الجملة (structural ambiguity): ويحدث عندما يكون للجملة تفسير مختلف بسبب اختلاف في إعراب أو تركيب كلمات الجملة.

3- غموض الألفاظ (deep structure ambiguity): هو الغموض الناتج عن وجود معنيين مختلفين للجملة.

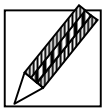
4- غموض الضمائر وبعض الأسماء: ويحدث ذلك عندما يكون هناك أكثر من تفسير للضمائر أو الأسماء، مثل: والد أحمد يحضره كل يوم فيصير مجهداً.

هذه الجملة يمكن أن تفسر بأن الذي يصير مجهدا هو والد أحمد كما يمكن أن تفسر بأن الذي يصير مجهدا هو أحمد.

➢ **طريقة لوحة القرارات (Blackboard) :**

وفق هذه الطريقة يمر الكلام أو الجملة على مجموعة من المراحل مرتبة في شكل لوحة من القواعد التي تعمل على اصطياد الجمل وتطبق عليها القاعدة في كل مرحلة حتى تصل في الختام إلى فهم كامل للجملة.

تدريب (4)



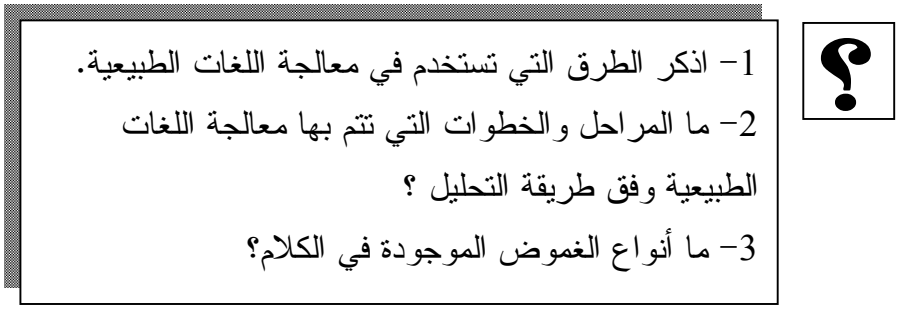
في طريقة فهم اللغة خلال إزالة الغموض مثِّل للجوانب الآتية:

1- غموض الكلمات.

2- غموض الألفاظ.

3- غموض الضمائر.

أسئلة تقويم ذاتي



1- اذكر الطرق التي تستخدم في معالجة اللغات الطبيعية.
2- ما المراحل والخطوات التي تتم بها معالجة اللغات الطبيعية وفق طريقة التحليل ؟
3- ما أنواع الغموض الموجودة في الكلام؟

5. نظام التعرف على الكلام

(speech recognition system)

عزيزي الدارس، يرى الكثير من المراقبين أن المرحلة القادمة من تاريخ الحاسب ستشهد تقدماً كبيراً في تعامل الإنسان مع الجهاز فبالإضافة إلى لوحة المفاتيح والفارة سيصبح بإمكان الكثيرين استخدام المايكرفون في إصدار الأوامر والاستفسارات للكمبيوتر وتلقي المعلومات منطوقة من الجهاز. وقد بدأت إرهاصات ذلك بالفعل من خلال البرامج والتطبيقات المتعددة التي أصدرتها كُبريات الشركات مثل آي بي ام IBM ، مايكروسوفت وآي.تي.آند.تي AT&T .

تطبيقات الحاسب الناطقة تعتمد على تقنية "التعرف على الأصوات" Speech Recognition وتقنية توليف الأصوات Speech Synthesis.

هذه التقنيات أصبحت مجالاً خصباً للبحث في السنوات الماضية خاصة تقنية التعرف على الصوت . وقد أدت البحوث المُجراة إلى ظهور الكثير من النماذج والنظم الفاعلة التي تم استخدامها بنجاح في تصميم الكثير من التطبيقات .

وبالرغم من أن هنالك تقسيمات كثيرة لأنظمة التعرف على الصوت ، إلا أن معظم الأنظمة تندرج تحت قسمين كبيرين :

1- نظم التعرف على المتكلم Speaker Recognition system والتي تهدف إلـــى التمييز بين المتكلمين والتعرف عليهم . وتستخدم هذه الأنظمـــة فـــي الـــنظم الأمنيـــة ومايشبهها .

2- نظم التعرف على الكلام المنطوق Speech Recognition System وتهدف هذه إلى التعرف على الكلام المنطوق ونوع الأوامر والاستفسارات الموجهة للجهاز .

➢ **الهدف من أنظمة التعرف على الكلام:**

تهدف أنظمة التعرف على الكلام (بكل أقسامها) إلى تمكين الحاسب الآلي من فهم الكلام المنطوق . الذي يدلي به متحدث عادي .

يقوم نظام التعرف باستقبال الكلمات أو الجمل المنطوقة من خلال مايكرفون أو أي جهاز إدخال مماثل ، ثم يحول هذه الكلمات إلى نصوص مكتوبة تسهل معالجتها والوصول إلى مقاصدها حسب مجال التطبيق .

1.5 تطبيقات انظمة التعرف على الكلام

هنالك تطبيقات مختلفة لأنظمة التعرف على الكلام منها النظم الإملائية التي تهدف فقط إلى تحويل الكلام المنطوق إلى نصوص مكتوبة. ومنها نظم التعرف على المتكلم التي تهدف إلى التعرف على هوية المتكلم ، ومنها نظم الاستعلام الصوتي التي تمكن المستخدم من البحث على معلومة معينة في قاعدة بيانات من خلال واجهة صوتية، ومنها النظم التي تدخل البيانات من خلال واجهة صوتية إلخ .

2.5 أنواع أنظمة التعرف على الكلام

أ) التعرف على الكلمات المعزولة (المفردة) Isolated_Word System وفيه يتم الفصل بين كل كلمة والكلمة التي تليها بتوقف واضح.

ب) التعرف على الكلام المتصل (المستمر) Continuous_Word ويكون الكلام فيهـــا بصورة تلقائية دون الاحتياج للتوقف .

وكل من النوعين له حالتان:

الحالـــة الأولـــى: الاعتمـــاد علـــى نـــوع المـــتكلم (Speaker Dependence Recognizers)، وهنا يتم التدريب باستخدام عينات من متكلم واحـد فقـط ، وهـذه الأنظمة تقوم بالتعرف على الكلام لمستخدمين تم تسجيل كلامهم مسبقاً في النظام وذلـك عن طريق تدريب النظام الفردي على صوت كل مستخدم بحيث يسـمح النظـام للفـرد بالتدريب لعدد من الكلمات أو الجمل. وفي بعض الأنظمة التدريب يأخذ زمنـاً طـويلاً. وفي معظم أنظمة التعرف يتم تحديث التدريب في أي وقـت يسـتخدم فيـه المسـتخدم المتعرف على الكلام وهي أنظمة فعاله ولكنها تحتاج إلى ذخيرة كلمات كبيـرة تكـون ناتجة من التدريب.

الحالـــة الثانيـــة: عـــدم التقييـــد بنـــوع المـــتكلم (Speaker Independence Recognizers) وهذه الأنظمة يستخدمها مجموعة مختلفة من النـاس وبـذلك تحتـاج لتدريب أكثر باستخدام عينات من عدة متكلمين تمثل شرائح مختلفة: الصـغير، الكبيـر، الأنثى، الذكر وإنجازها أقل من النظام السابق.

3.5 مشاكل أنظمة التعرف على الكلام

عندما تخرج أجهزة الصوت في الإنسان فونيماً (phoneme) * تحدث لحظيـاً تهيئة خاصة (particular configuration) وتبدأ التغيير نحـو التجهيـزات للفـونيم الثاني مفترضة تهيئة جديدة وتقريباً في الحال تبدأ تغيراتها للفـونيم التـالي، وهكـذا أي فونيم. والتغيرات بين فونيم وفونيم آخر متلازمان مع ضغط موجة الصـوت (sound pressure wave)ومن ثم الموجة(wave form) .والمتعرف على الكـلام (Speech Recognizer) يعتمد اعتماداً كلياً على المعلومات التي تستنتج مـن الموجـة. إنتـاج الفونيمات والتنقلات بينها غير متماثل من شخص لآخـر أو مـن فتـرة لفتـرة لـنفس

*- هي أقل وحدة صوتية، وهي عبارة عن مجموعة الرموز التي يتكون منها الصوت ،وممكن تكون حرفـاً وقد تكون أقل منه

المتحدث. هذا الافتقار الواضح للانتظام معقد لمهمة التعرف على الكلام أوتماتيكياً وذلك يوضح **في المشاكل التالية:**

1- التباين الواضح في طرق الكلام وهو ناتج عن اتساع اختلاف المتكلم من حيث النبرات ، اللهجات ، الجنس ، العمر ، الحالات العاطفية وهنالك عوامل آخرى تتسبب للمتكلم بنطق كلمة واحدة بطرق مختلفة حيث الفونيمات تضاف ، تحذف ، تستبدل و مثال لذلك الكلمة الأنجليزية أمريكا (America) تنطق في أجزاء من بريطانيا الجديدة (Americar) .

2- أيضاً معدل الكلام يتغير من شخص لآخر، وهذا ناتج عن السلوك أو عادات محلية أو فيزيائية أو أسباب أخرى. فالاختلاف في المعدل خطير جداً في حد ذاته، فالسرعة في المعدل أشبه بحذف الفونيم. حجم الدفقة الصوتية (vocal tract) وشكل الاختلاف الشاسع بين متحدث وآخر يؤثران في طول موجة الكلام وكميته وضبطه.

3- الكلمة أو العبارة المتحدث بها شخص واحد تختلف من مرحلة لأخرى ويكون الاختلاف في حالات المرض، الإرهاق ، الإجهاد ، الإحباط. وأحياناً في الحالات العادية المتكلم نفسه لا يكون نطقه للكلمة متطابق مع نطقه لها في وقت آخر، وهذه من الاختلافات البسيطة التي يمكن أن تعالج بواسطة النظام المتعرف .

بالإضافة إلى **المشاكل التالية:**

1- الأدوات الصوتية وطرق استخدامها مؤثرة في اختلاف الأصوات من حيث موقع المتحدث بالنسبة للميكرفون. ونوعية أجهزة التسجيل والمحيط الذي يتم فيه التسجيل لها أثر مهم في الموجة الناتجة، ويمكن أن يغير كثيراً فيما يقوم به المتعرف على الكلام.

تسجيل الأصوات والضجيج يطغى على أصوات مهمة، وكذلك النطق الغير متقن يضيف أصواتاً غير مرغوب فيها كالنفس والفرقعة .

2- أيضاً الإدخالات التي لا معنى لها مثل ah و eh تحدث في أي وقت أثناء الكلام، وكذلك الألفاظ المتجانسة مثل (wait , weight) .

4.5 مراحل التعرف على الكلام

تبدأ رحلة الكلام الموجه إلى الحاسب من فم المتكلم الذي يدلي بحديثه من خلال مايكروفون متصل بالحاسب، بعد ذلك يتحول الكلام إلى شارات كهربية متصلة. وبما أن الحاسوب جهاز رقمي يصعب عليه التعامل مع الشارات الكهربية المتصلة مباشرة، فإنه يتم تحويل هذه الشارات إلى شارات رقمية متقطعة Discrete Digital Signal.

الشارات الرقمية الناتجة تمر بعدة مراحل قبل بدء عملية التعرف. تشمل هذه العمليات:

1- المعالجة الأولية (Pre-processing).

2- المطابقة (Recognition).

3- الاتصال أو التواصل (Communication).

1- المعالجة الأولية (Pre-processing):

وهي العمليات التي تسبق المعالجة الأساسية للصوت وهي عبارة تحويل الصوت المدخل إلى الحاسوب إلى إشارات ثنائية (0&1) حتى يتمكن المنسق (Recognition) التعامل معه. (المنسق (Recognizer) يتمثل في جزئيين هما البرامج (SW): والتي تتعامل مع الإشارات الصوتية الخاصة بالتعرف على الصوتيات والجهاز (HW): والذي يمثله جهاز الحاسب وكرت الصوت).

ومن المعروف إن الصوت عبارة عن سلسلة من الإشارات المتصلة (Continuous Signal) والتي تعرف بالإشارات القياسية أو التماثلية (Analog signal). ومعنى أنها إشارات متصلة أي في كل لحظة زمنية توجد قيمة للصوت حتى لو توقف الشخص عن التحدث (تكون إشارات بسيطة عن التوقف عن الكلام).

تقوم المعالجة الأولية (Pre-processing) في بداية الأمر بتحويل هذه الإشارات المتصلة إلى إشارات منفصلة أو متقطعة والتي تعرف بـ (discrete signal) ثم تأتي المرحلة الأخيرة والتي يتم فيها تحويل الإشارات المتقطعة (discrete signal) إلى قيم ثنائية (0&1) في صورة إشارات تعرف بالإشارات الرقمية (digital signal) حتى تكون في الصورة القابلة بأن يتعامل معها الحاسب، وتتم هذه العملية عن طريق

وضع المقادير (Quantization) وذلك بأخذ القيم المحصورة بين مستويين (2level)أو ما يسمى علميا ب (threshold) وتكون هذه القيم المحصورة قيما عشرية طبعا، ويتم تحويلها إلى شكل ثنائي (0&1)

2- المطابقة (Recognition)

بعد مرحلة المعالجة الأولية (pre-processing) تأتي مرحلة المطابقة (Recognition). و هي مرحلة التعرف على الصوت المدخل. وتنقسم هذه المرحلة إلى قسمين:

- التعرف على الصوت (Identification).
- التحقق من الصوت (Verification).

التعرف على الصوت (Identification)

يتم التعرف على الأصوات عن طريق مطابقة الأصوات المدخلة مع البصمات الصوتية المسجلة (البصمة الصوتية هي تسجيل صوتي دقيق للشخص) وتتم عملية المطابقة بطريقة خاصة تسمى بقياس المسافة (Distance measurement)، تحدد عملية قياس المسافة وجود هذا الصوت في البصمات المسجلة ضمن كثافة معينة ولكنها لا تحدد هل البصمة التي ظهرت هي فعلا لهذا الشخص (صاحب الصوت المدخل). وحتى نتأكد من هذه البصمة هل هي البصمة الخاصة بهذا الشخص تتم العملية التالية للمطابقة ألا وهي عملية التحقق من الصوت (verification).

التحقق من الصوت (Verification)

في مرحلة التحقق من الصوت (verification) يتم اختيار اقرب البصمات المختارة في الخطوة السابقة لتكون هي البصمة الخاصة بالصوت المدخل، وتكون بذلك انتهت عمليات المطابقة (Recognition).

3- الاتصال أو التواصل (Communication):

بعد التعرف على الصوت المدخل تأتي مرحلة التعامل مع هذا الصوت بالتطبيقات المختلفة للتعامل مع الأصوات سوا أكان ذلك من خلال:

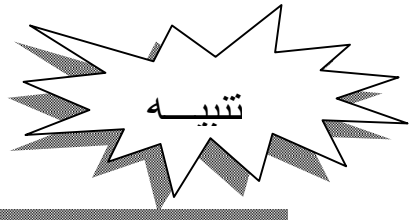
نظم التعرف على المتكلم (Speaker Recognition system)

والتي تهدف إلى التمييز بين المتكلمين والتعرف عليهم . وتستخدم هذه الأنظمة في النظم الأمنية ومايشبهها. فمثلا لو أتى الشخص وأدخل الجملة " افتح يا سمسم " إلى النظام بواسطة ميكروفون أو غيره سيقوم كرت الصوت مبدئيا كما قلنا بتحويل الإشارات المتصلة إلى إشارات رقمية وبعدها تتم عملية التعرف بمقارنة البصمة المسجلة في النظام مع البصمة الجديدة المدخلة حاليا فإذا تطابقت البصمتين أو مع وجود نسبة خطأ بسيطة جدا مسموح بها فإنه سيتم فتح الباب.

أو **نظم التعرف على الكلام المنطوق (Speech Recognition System)**

وتهدف هذه إلى التعرف على الكلام المنطوق ونوع الأوامر والاستفسارات الموجهة للجهاز .

من المزايا التي يتميز بها الصوت صعوبة وجود شبيه للصوت بين البشر حيث لكل شخص صوت خاص به، حتى لو أتى نفس الشخص المدخل صوته في النظام وسجل صوته في كاسيت و أدخل الصوت للنظام بواسطة هذا الكاسيت فإنه لن يتم تطابق للبصمتين، لأنه نتج من تسجيل الصوت ما يسمى بالضوضاء البيضاء (white noise) وهي الضوضاء الناتجة عن عملية التسجيل حيث شريط الكاسيت عبارة عن مكونات إلكترونية فعندما يتم تسجيل الصوت تضاف فوق الإشارات الصوتية إشارات أخرى تسبب الضوضاء (noise) التي تتسبب في الاختلاف عن الصوت الأصلي



عندما يتحدث أي شخص تكون هناك فترات السكوت تمثل أيضا بواسطة موجات لكنها بسيطة جدا تسمى أيضا بالضوضاء (noise).

5.5 مثال لأنظمة التعرف على الكلام (التوزيع الإنتـــاجي للأصوات العربية)

نحاول في هذا الجزء أن نقدم معلومات مختصرة عن إنتـــاج الأصـــوات العربيـــة كمثال لعلم التعرف على الكلام.

أ- الفونيم Phoneme

إن أفضل ما يقال في تعريف الفونيم ، إنه أصغر وحـــدة صـــوتية غيـــر قابلـــة للتجزئة. فلو أخذنا لفظة خمسة نجد خ،م،س،ة وحدات صـــوتية غيـــر قابلـــة للتجزئـــة ويسمى كل واحد منها فونيم هذه الوحدة الصوتية Phoneme فـــي النظريـــة اللغويـــة الأوربية هي ما يقابل في مسار الدرس الصوتي العربي اسم حرف والذي يشـــير إلـــى الرمز الكتابي المنظور. والصوت هو الطاقة المنقولة عبر الوسط الهوائي إلى أســـماعنا وأحاسيسنا حاملة صورة الحرف إلى أذهاننا عبر ذبذباته الصوتية. ويقال إن الفرق بـــين الصوت ورمزه الكتابي (الحرف) هو الفرق مابين العمل والنظـــر. إن وظيفـــة الفـــونيم تكون إيجابية وسلبية وتحدد الوظيفة الإيجابية أو الأساسية بتحديد مـــدلولات التراكيـــب اللغوية: مثل مال، سال

مال ===== +م [–س] + أ + ل

سال ===== –م [+س] + أ + ل

أما الوظيفة الثانوية أو السلبية، فإنها تتحدد في حفظ التباين بـــين هـــذه التراكيـــب بعضها عن البعض الآخر.

ب- الفونيمات التركيبية(Segmental phonemes) للغة العربية

تتألف اللغة العربية من أربعة وثلاثين فونيمـــاً تركيبيـــاًSegmental phonemes موزعة على **النحو التالي:**

1- ثلاثة فونيمات للصـــوائت القصـــيرة short vowels وهـــي الفتحـــة ، الكسرة الضمة .

2- ثلاثة فونيمات للصوائت long vowels الطويلة وهي الفتحة الطويلة (الألف) ،الكسرة الطويلة (الياء) ، الضمة الطويلة (الواو).

3- فونيمان لأنصاف الصوائت Semi vowels وهي الواو والياء .

4- ستة وعشرون فونيماً للصوامت Consonants وهي عبارة عن الحروف العربية الستة والعشرين .

ج_ الألفونات Allophnes :

الفونيم ، هذه الوحدة الصوتية ، تتألف من أصوات جزئية تسمى الألفونات Allophnes . أو التنوعات الفونيمية Phoneme Variants ، حيث يمثل الفونيم المفرد نوعاً يجمع تحته أفراد أسرته. وقد عرف D.Bolingr الألفون بأنه: (مظهر مادي للفونيم) ويمكن أن يطلق عليه المتغير السياقي(Variant of context) وذلك لتحكم السياق الصوتي أثناء تيار الكلام فيه، ويطلق عليه بعض الصوتيين المحدثين المتغير غير الوظيفي (Unfunctional variant) لأنه لا يؤثر في المعنى بقدر ما يلاحظ التلون النطقي في مثل التبادل الموقعي للأصل الثلاثي ك + ت + ب تتركب منها الكلمات 1- كتب 2- كبت 3- تبك 4-تكب 5- بكت 6- بتك . فللباءات ألوان صوتية ذات مواقع متنوعة لأصل واحد هو فونيم (الباء).

*6. البحث الذكي على شبكة الإنترنت

عزيزي الدارس، قبل الحديث عن جانب الذكاء لدى آليات البحث الحديثة، يجدر بنا التعرض إلى طرق عمل أدوات البحث التقليدية على الشبكة وكيفية معالجتها للبيانات.

---

* - المعلومات في هذا المجال مأخوذة من بحث للدكتور المختار بن هندة - المعهد الأعلى للتوثيق. جامعة منوبة. الجمهورية التونسية

1.6 البحث التقليدي (غير الذكي)

تتكون أدوات البحث أساسا من الأجزاء الثلاثة التالية التي تكمّل بعضها البعض:

1- البرنامج الآلي (Robot) : هو عبارة عن برنامج يقوم "باصطياد" كل جديد أو محدث من صفحات الويب وفق رقعة اتساع جغرافية، لغوية أو موضوعية يتم ضبطها مسبقا من قبل مصمم المحرك. كما يمكن لمصمّمي مواقع الويب استدعاء البرنامج الآلي لأي محرك للقيام بعمل الفهرسة للصفحات المكونة لموقعه. كما يمكنه أيضا منع ذلك حرصا على سرية الموقع أو خصوصيته. وتتم هذه العملية في ترددية يضبطها صاحب المحرك تتفاوت من الدقيقة إلى اليوم و الأسبوع و الشهر.

2- المفهرس (Indexer) : وهو أيضا برنامج يقوم بفهرسة كافة الوثائق التي قام البرنامج الآلي باستيراد نسخ منها. تتم هذه العملية بجرد كافة محتوى الوثيقة لاستخراج محتواها من مصطلحات و تعابير يتم اختيارها وفق ترتيب معين للأهمية التي تكتسبها داخل الوثيقة، ويعير هذا البرنامج المفهرس أولوية تنازلية لأماكن تواجد المصطلحات، ويكون العنوان الإلكتروني للوثيقة أهمها (URL)، تليه في ذلك بيانات التعريف (Metadata) على مستوى رأس الوثيقة، ثم العناوين و العناوين الفرعية فبقية النص من بدايته إلى نهايته. وتضاف كل هذه المصطلحات داخل كشاف موحد يكون منطلقا لعمليات البحث.

3- واجهة البحث (Interface) : هي الجانب المرئي من المحرك، وهي الواجهة التي تخول للمستفيدين تحديد مواضيع البحث لديهم. ويتم ذلك إما بإدخال تركيبات البحث مباشرة إن كان الأمر يتعلق بمحركات البحث، أو باتباع هرمية موضوعية إن تم اللجوء إلى أدلة البحث الموضوعية. في الحالة الأولى يقوم النظام بالتثبت من وجود المصطلحات المستعملة داخل الفهرس، ثم يتم عرض النتيجة في شكل قائمة لعناوين الوثائق (URL) التي وقع ضبطها كمصادر تحتوي على مفردات البحث المستعملة. أما بالنسبة للبحث عبر الأدلة فيتم إتباع

تدرج المستفيد مع إعطائه كل مرة جملة من عناوين الوثائق التي تتماشى و مستوى العمق الذي بلغه في الهرمية.

كما تجدر الإشارة أيضا إلى أن هذه الطريقة في التكشيف والبحث مأخوذة من نمطية نظم معالجة قواعد البيانات و إدارتها التي تتبني على مبدأ التكامل المذكور بين رصيد الوثائق المخزونة تسلسليا و الفهرس الكشاف الذي يتم من خلاله إعادة تهيئة محتوى الوثائق المجمّعة باستخراج كافة المصطلحات و سردها هجائيا في ملف مقلوب يعتمد أولوية الرموز فالأرقام ثم الحروف. و بالتالي يكون السرد الهجائي للفهرس (اعتماد المواضيع كمداخل رئيسية) مكملا للترتيب التسلسلي للملف أو قاعدة الوثائق (اعتماد الوثيقة كوحدة تسلسلية) في عملية البحث (بالموضوع) والاسترجاع. لهذا السبب توصَف شبكة الإنترنت عادة بأكبر قاعة بيانات كونية.

2.6 أصناف و أدوات البحث و طرق عملها

(أ) الفهرسة و التكشيف:

تمثل عملية التكشيف المنطلق الرئيس لتكوين واحدة من أهم عناصر أنظمة البحث الآلية وهي الفهارس الموضوعية. وتتم هذه العملية بطريقة مطابقة لنظم إدارة قواعد البيانات إذ يتم استخراج كافة المصطلحات من الوثائق المجَمّعة باستثناء قائمة المصطلحات الجوفاء التي يحددها مصمم المحرك لتفادي شحن الفهارس و إثقالها بكلمات لا تُستعمَل بتاتا في عمليات البحث. ثم يتم إدراج نتيجة الفهرسة بالكشاف مصحوبة بعناوين الوثائق التي تم استخرج المصطلحات منها، وذلك في ترتيب هجائي يعتمد أولوية الرموز ثم الأرقام فالحروف.

انطلاقا من هذه الخصوصيات للعمل الداخلي والخارجي لأدوات البحث بالشبكة، عمدت بعض المؤسسات المختصة إلى إضافة بعض المميزات الخاصة بها. فسارعت بدعم هذا العمل التكشيفي الآلي بتعيين قدرات بشرية مختصة تعمل على تصنيف الوثائق المجمّعة وعرضها في قائمات موضوعية هرمية. وقد عرفت هذه الأدوات بالأدلة الموضوعية مقارنة بالمحركات رغم أن كلا الصنفين يتشابهان إلى درجة أنه يصعب

التمييز بينهما. أما الفوارق بين الوسيلتين فتتلخص في مدى عمق كل جانب من جانبي التكشيف و الفهرسة آلية كانت بالنسبة للمحركات، أو بشرية بالنسبة للأدلة الموضوعية. فمن الخصائص المميزة للأدلة مثلا أنها تبني فهارسها الآلية انطلاقا من الرصيد الوثائقي المعتمد بالدليل فقط، بينما تتعدى المحركات الجزء البسيط من الدليل التي توفره لتقوم بتكشيف و فهرسة أكبر عدد ممكن من الوثائق التي يقوم البرنامج الآلي بحصرها و استيرادها أثناء جولاته عبر قنوات الإنترنت والتي لا يقع بالضرورة اعتمادها كليا في تهيئة الدليل الموضوعي الذي تقترحه. ويعتبر دليل الياهو (Yahoo) من أشهر الأدلة الموضوعية على الإنترنت نظرا لعمق هرمية الترتيب الموضوعي الذي توفره واجهة البحث. كما يعتبر محرك ألتافيستا (Altavista) من أهم المحركات عمقا وشمولية.

(ب) خدمات البحث

أما فيما يخص عمليات البحث، فلكل أداة واجهتها المميزة و خدماتها المتطورة رغم أن معظمها يتشابه من حيث التقنيات المعتمدة و التي يمكن تلخيصها فيما يلي :

1- استخدام المنطق البولي بأدواته الثلاثة (و، أو، ما عدى) و لو اختلفت أشكال كتابتها. فبعضها يعتمد الرموز الرياضية (* - +)، أو الكلمات (AND OR NOT)، أو اختيار ذلك في قائمة اقتراحات (معروضة أو منسدلة).

2- استخدام اللغة الطبيعية. تعتمد بعض المحركات هذه الطريقة لتسهيل عملية البحث للمستفيد العام الذي لا يُطلب منه التمكن من أدوات الربط البولي ، علمًا بأنه تتم إعادة تفكيك للسؤال من قبل النظام في مستوى ثاني من الواجهة لمعالجته وفق معايير المنطق البولي وبحضور ملفات الكلمات الجوفاء التي تُستخدم لإزالة ما ورد منها بتركيبة البحث الطبيعية.

3- استخدام أدوات الجوار والتقارب بين المصطلحات لتحديدٍ أدقٍّ لنوعية الوثائق المطلوبة. تكوّن هذه الأدوات تقنية هامة جدا بالنسبة لعمليات البحث للوثائق النصية، إذ هي تمكن من حصر نتيجة البحث على الوثائق التي تكون بها المصطلحات المطلوبة متقاربة حسب المسافات أو عدد الكلمات التي تفصل بينها.

4- توجيه المستفيد إلى مصادر خاصة للمعلومات كمواقع الويب، أو أرشيفات الأخبار (News)، أوالصفحات الصفراء. توفر المحركات للمستفيد إمكانية الاختيار لمجالات البحث بتصويب عمليته البحثية تجاه نوعية معينة من الوثائق تستهدف علاوة على ما وقع ذكره لغة معينة أو جهة محددة.

1- التركيز على نمط معين من البيانات متعددة الوسائط. توفر العديد من أدوات البحث إمكانية التخصيص في استهداف نمطية معينة من الوثائق المتعددة الوسائط كالصور أو الفيديو أو الملفات الغنائية.

ولأن الأدلة الموضوعية والمحركات أهم الأدوات البحثية على الشبكة، فإن تفاقم حجم المعلومات من جهة و محدودية مساحات التكشيف لهذه الأدوات من جهة أخرى جعلت عمليات البحث منقوصة دائما نظرا لعدم شمولية فهارس المحركات و تباين عمق الأدلة الموضوعية. لذا، كان من الضروري عند كل عملية بحث التوجه إلى أكثر عدد ممكن من المحركات و الأدلة لاسترجاع أكثر عدد ممكن من الوثائق. إلا أنه صار من غير الممكن القيام بهذه العمليات لاعتبارات عدة، منها: مدة البحث المطولة التي تتجرّ عن هذه العمليات المتكررة، وازدواجية الوثائق المسترجعة من قبل عدد كبير من المحركات، واختلاف لغات التساؤل المستعملة، ...إلخ.

لهذه الأسباب و غيرها ظهرت شاكلة أخرى من الأدوات عرفت بالمحركات المتعددة تختلف عن سابقاتها من حيث الوظيفة والتركيبة الداخلية. فمن خصائص هذه المحركات المتعددة أنها في حقيقة الأمر لا تطور لوحدها عمليات التوريد والتكشيف كبقية المحركات، بل هي في نهاية الأمر واجهات تطبيقية تقوم بدور الوسيط بين المستفيد و جملة من المحركات والأدلة. يأخذ المحرك المتعدد تركيبة البحث ليتولى إرسالها إلى مجموعة من أدوات البحث التي صُمّم للتعامل معها. تعالج هذه الأدوات التركيبة انطلاقا من فهارسها، ثم تتولى إرسال النتائج للمحرك المتعدد الذي يقوم عادةً بإعادة هيكلتها لإزالة ازدواجية الوثائق و إضفاء لونه الخاص عليها مع ذكر مصدر كل

وثيقة تم العثور عليها. من أشهر هذه المحركات المتعددة نذكر على سبيل المثال Metacrawler، Mamma، Use-It، Alltheweb.

(ج) عملية الاسترجاع:

أما استرجاع نتائج البحث فيكون عادة في شكل قائمة لمجموع الوثائق التي تستجيب لعناصر البحث و التي وقع حصرها خلال عملية التكشيف. وتكون هذه القائمة في شكل ملخصات تذكر عنوان الوثيقة على الشبكة (URL)، وملخصاً لمحتواها، وحجمها ... مع إضافة الربط التشعبي الذي يوصل إلى موقعها على الشبكة. كما تمكن بعض المحركات المستفيد من حصر مدة البحث، وتحديد عدد الوثائق المسترجعة بالشاشة الواحدة، و كذلك تركيبة التسجيلة المعرفة للوثيقة.

أما أولوية سرد النتائج فهي تخضع أيضا إلى معايير تقييمية يتم بواسطتها إسناد قيمة ترتيبية للوثيقة حسب تطابق محتواها مع تركيبة البحث. تسند هذه القيم عادة حسب مقاييس معينة كنسبة تكرار المصطلح في الوثيقة، مكان تواجده بها (الرأس، بداية الوثيقة، نهايتها)، قيمة مكان تواجدها بالوثيقة (عنوان رئيسي، عنوان فرعي، تذييل ...)، تاريخ إنشاء الوثيقة أو تاريخ تحديثها. وتوجد اليوم منافسات شديدة بين مصممي مواقع الويب لجعل أعمالهم تتصدر نتائج البحث ضمن الوثائق العشرة الأولى ضمانا لقراءتها أو تثبيتا لقيمة وظيفتها الإشهارية. فقد يعمد بعضهم إلى شحن رؤوس وثائقهم بأكبر عدد ممكن من المصطلحات مع الإطناب في تكرارها (Spamming) حتى تقوم المحركات بإعطائها القيمة القصوى. غير أن العديد من المحركات تفطنت إلى هذه الطرق الملتوية وواجهتها بعدم فهرسة الصفحات التي يلاحظ بها اعتماد هذه الطريقة(Anti Spamming).

➢ جوانب الذكاء الاصطناعي لدى آليات البحث الحديثة

قامت تقنيات البحث على شبكة الإنترنت بتوظيف جوانب الذكاء الاصطناعي المختلفة في تقديم بحث ذكي لمحتويات الانترنت، فعلى سبيل المثال نجدها قد استفادت من النظم الخبيرة بواجهاتها الذكية و محركاتها الاستنتاج (inference engine) التي

تمكنها من استخلاص النتائج بمقارنة البيانات المخزنة والحقائق المعرفية الثابتة، استفادت من ذلك في أن تولد بحثاً ذكياً لمعلومات الشبكة. كما استفادت من الشبكات العصبية في توفير تدريبات (تعلم الشبكة) في شكل تلقينات متكررة للتصرفات المطلوبة من قبل الشبكة لتحقيق تطابق لتصرفات الشبكة مع متطلبات صاحبها. كما استفادت من المنطق الغامض (Fuzzy logic) في اتخاذ منهج الفرضيات لمعالجة المسائل الصعبة، واتخاذ القرارات المعقدة، وقبول النتائج شبه الصحيحة.

وكنتيجة لكل هذه الاستخدامات تمكنت تقنيات البحث في الانترنت أن تقدم خصائص ذكية مميزة جعلت البحث في الانترنت يأخذ منهجاً خاصاً يستوجب الوقوف عليه، ولا سيما إننا نتناول في كتابنا هذا الجوانب الحديثة للذكاء الاصطناعي. فما هذه الخصائص ؟ وكيف تعمل؟ وما درجة الذكاء التي تحققها؟.

3.6 الخصائص الذكية لآليات البحث الحديثة

لعل أبرز خدمة تقوم بها البرامج الذكية الموجودة على آليات البحث الحديثة (الوكيل الذكي أو الأعوان الذكية Intelligent Agent) تتمثل في حفظ هوية و خصائص مستعمليها للاستجابة لخدماتهم آليا دون تتدخل مسبق منهم. فبعد تسجيل كافة المعطيات حول المستفيد تتولى الأعوان الذكية القيام بعمليات البحث و الانتقاء ثم إيداع النتائج الأخيرة في علبة رسائله الإلكترونية، أو توجيهه آليا إلى المواقع التي تحتوي على البيانات المطلوبة. فللأعوان الذكية عدة وظائف أخرى تمتاز بها كالقيام بالأعمال الروتينية التي يسعى المستفيد التخلص منها كالإجابة عن رسائله الإلكترونية، القيام بعمليات الحجز الآلي، التصرف الموقوت في التنبيه و التذكير و أخذ المواعيد.

تتكون الأعوان الذكية من عدة مكونات تساهم في إضفاء صفة الذكاء عليها، فهي في حقيقة الأمر جملة من البرمجيات و الخوارزميات المندمجة تتداول في إنجاز مختلف الوظائف الخاصة به و تتداخل على مستويات عدة لإتمام عملية معينة.

يمتلك العون الذكي أو الوكيل الذكي عادة قاعدة معرفية مسبقة يتصرف على ضوئها للاستجابة لطلبات المستفيد. على أنه يمكن للعون الذكي أن يطور هذه القاعدة

المعرفية بمعارف أخرى يمكنه اكتسابها خلال عمليات التعلم التي يخضع إليها طيلة مدة عمله.

كما للعون الذكي أيضا روتينيات آلية لتصميم نوعية و طريقة الخدمة التي يستوجب عليه إدلاؤها للمستفيد. وفي حالة التعذر عليه القيام بذلك يمكنه إما التفاعل مع المستفيد أو الالتجاء إلى أعوان آخرين للتزود بمزيد الإرشادات قصد الإجابة على تساؤل أو القيام بعملية محددة.

للقيام بكل هذه الخدمات، تمتاز الأعوان الذكية **بالخصائص التالية:**

- الاستقلالية الذاتية في التصرف و أخذ القرار و المتابعة المحكمة لكافة العمليات.
- التعاون و العمل المشترك مع أعوان ذكية أخرى، أو التفاعل مع المستفيد لاستجابة أمثل لطلباته.
- القدرة على التدرب و التكيف مع حاجيات المستفيد بالملاحظة المستمرة للخدمات السابقة.
- المعالجة الموجهة للأشياء من خلال تعبيرات البحث للمستفيد.
- التدريب الذاتي وذلك بالتكيف مع تغيرات خصائص المستفيد الذي هي بصدد خدمته.

➢ **درجات الذكاء لدى الأعوان الذكية في محركات البحث:**

كامتداد لتطورات أدوات البحث التي ذكرناها سابقا، وقع إدراج الأعوان الذكية كجزء أساس لدى عدد كبير من محركات البحث على شبكة الإنترنت. لذا نجد اليوم عددا هائلا من أدوات البحث الذكي التي تقدم أنواعا مختلفة من الخدمات المتفاوتة الذكاء منذ الإعانة عن البحث إلى التكفل التام بعمليات البحث والاسترجاع ثم البث و التوزيع. و سنتعرض هنا إلى بعض النماذج من هذه الأدوات والوسائل وفق درجة ذكائها و قدرتها على التعامل المتطور مع المستفيد.

(1) أدوات البحث ذات الذكاء النسبي

في حقيقة الأمر وقعت إضافة جانب كبير من الذكاء على كافة محركات البحث التقليدية، وذلك تحت وطأة المنافسة التي تشهدها كافة الخدمات على شبكة الإنترنت. فالخدمات الإضافية من نوع تحديد مجالات الإشهار التي توفرها المحركات للمستفيدين حسب طلباتهم أو خدمات تشخيص البرقيات الإخبارية التي توفرها محركات و أدلة ك"ياهو" و "إكسايت" من خلال صفحاتهم المشخصة (MyExcite MyYahoo)، كلها خدمات يمكن وصفها بالذكاء المحدود إذا تمت مقارنتها بالذكاء الكامل الذي سنتعرض إليه لاحقا.

على أن هذا الجانب من الذكاء وقع تطويره وإعطاؤه البعد اللازم حتى يشكل بديلا كاملا للمحركات والأدلة الحالية، و ذلك في شكل أدوات إضافية بحثية تلقى اليوم إقبالا كبيرا في مجالات البحوث المختصة و الأكاديمية.

هذه الأدوات البحثية ذات الذكاء النسبي أو المحدود تأخذ من هندسة الذكاء الصناعي قدرتها على التعامل مع المستفيد بطريقة آلية ومتكررة دون ضرورة تحميلها أو الالتجاء إليها كلما وقعت الحاجة لها.

فمحرك البحث "إنفورمانت" Informant على سبيل المثال وشريكه الجديد "تريسرلوك" (Tracerlock) يمكّنان المستفيد من التسجيل لديهم ثم تحديد مجالات بحثه. و يتكفل المحرك بعد ذلك بالقيام بالبحث المتواصل على المواقع و الوثائق التي تتعلق بمواضيع البحث المذكورة ليرسل بقائمة فيها على العنوان البريدي للمستفيد، أو ليعرضها عليه حسب حداثتها عند قدوم هذا الأخير على موقع المحرك.

تقوم محركات أخرى من هذا النوع بعمليات المراقبة المستمرة على المواقع لترصد التغيرات أو التحديثات التي تتم عليها لتبلغ بذلك كل مستفيد مسجل لديها عبَّر عن اهتمامه بها (مثال محرك ناتمايند).

تبرز ظاهرة الذكاء لدى محرك "آسك دجيفز" (Askjeeves) باعتماده مبدأ النظم الخبيرة في معالجة اللغات الطبيعية للمستفيد و إعادة صياغتها في تركيبات بحثية

تتم معالجتها بواسطة خوارزميات ألسنية لاستخراج الكلمات المفاتيح منها. يقع اعتماد هذه الكلمات إثر ذلك في محاورة النظام الخبير المعتمد عليه إما لاسترجاع عناوين الوثائق التي تتماشى و سؤال المستفيد، أو لإعطاء جملة من المقترحات البديلة لكيفية طرح السؤال المتعلق بموضوع البحث الجاري. فعادة ما يخزن هذا المحرك الأسئلة المطروحة عليه من قبل كافة المستفيدين و يقوم باقتراحها كبدائل للسؤال كلما دعت الحاجة إلى ذلك.

تطورت هذه النظم و أفرزت فصيلة أخرى من النظم المتطورة ذات قدرات أكبر و أشمل.

(2) أدوات البحث ذات الذكاء المتطور

يُعتبر هذا النوع من النظم الذكية آخر ما وصلت إليه تقنيات البحث و الاسترجاع للمعلومات على شبكة الإنترنت. وهي تندرج في مجال عرف كثيرا بمجال "تكنولوجيا الدفع" (Push Technology) نظرا لاعتماده طريقة معاكسة للنظم التقليدية التي تستوجب من المستفيد السعي الدائم و المتكرر إليها للحصول على الخدمة أو المعلومة.

فالنظم الذكية المتطورة اليوم هي التي تسعى من ناحيتها للوصول إلى المستفيد لتقديم الخدمات إليه بطريقة آلية وغالبا ما تكون مجانية دون طلب منه، إذ يكفي هذا الأخير التعريف بنفسه لدى المحرك الذكي أو الموزع الذي يأويه ليتصل باستمرار بآخر ما صدر في مجال اختصاصه من معلومات و أخبار جديدة.

أما الجديد في هذا المجال فهو الطريقة التي تتم بواسطتها عملية الاتصال بين المحرك و المستفيد. هذه العملية مأخوذة عن تقنية قديمة عرفت بها المكتبات باسم النشر الانتقائي للمعلومات إذ يتم إيصال المعلومات الواردة حديثا على المكتبة أو مركز التوثيق عبر البريد أو مباشرة إلى أصحابها حسب قائمة يقع ضبطها مسبقا وفق مراكز اهتماماتهم. مطابقة لذلك يتم من خلال شبكة الإنترنت إرسال المعلومات في كافة أشكالها

و بطريقة مسترسلة و دائمة إلى المستفيدين المسجلين الذين يتلقون تلك المعلومات في شكل قوائم منسدلة أو أشرطة انسيابية تظهر على شاشاتهم أثناء عملهم على الإنترنت.

من أهم الموزعات التي عرفت بهذه الخدمات الذكية، نذكر على سبيل الذكر و لا الحصر موزع "بوينتكاست" (PointsCast) و "ماريمبا" (Marimba) و "إنفوقايت" (Infogate) و غيرها من الموزعات في العالم التي تستعمل تكنولوجيا الدفع الانتقائي للمعلومات.

يبقي في هذا المجال أن نذكر أن كل هذه الأشكال من الخدمات بكل درجات ذكائها تبقي جامدة و غير متحركة على مستوى محتوى المعلومة الموصولة إلى المستفيد. فهذه الأنظمة تعنى أساسا بعملية الاتصال و لا تتصرف على مستوى المحتوى المعلوماتي للوثيقة أو الخدمة المنجزة. لهذا يبقى مجال الخدمات المعلوماتية في البحث و الاسترجاع منقوصا حسب نظرنا من شيء نعتبره أساسيا و جوهريا ألا وهو مسألة الخدمات ذات القيمة المضافة للمعلومات. لهذا الغرض نخصص الجزء التالي لهذا الموضوع الهام.

4.6 خدمات القيمة المضافة للمعلومات

نهدف من خلال مفهوم الإضافية في هذا المجال الدلالة على كل ما يحدث للمعلومة المسترجعة من وظائف تكميلية تسهل درجة و كيفية استخدامه لها. و هذه الخدمات في حقيقة الأمر تهم المستفيد القارئ أو المستفيد المصمم للمواقع والوثائق الإلكترونية على حد السواء. ونعني بذلك مثلا خدمات الترجمة متعددة اللغات و التقييم الموضوعي حسب تركيبة البحث و كذلك عنصر الإيقاع للوثيقة في مجالها المعرفي بالشبكة.

(1) الترجمة الآلية:

تمثل خدمة الترجمة الآلية للوثائق الإلكترونية على الشبكة من الخدمات المضافة الأكثر رواجا اليوم. فأغلبية المحركات و المواقع المختصة توفر إمكانية الترجمة الآنية (على الطائر) للوثائق المسترجعة في عدد كبير من اللغات. نذكر من

جملة هذه المحركات محرك Voilà الفرنسي (http://www.voilà.fr)، Altavista (http://www.altavista.com)...

لكن تجدر الإشارة إلى أن هذه الترجمة تبقى إلى حد اليوم ترجمة أولية و غير معمقة نظرا لعدة اعتبارات من أهمها:

- عدم اعتماد المحركات في هذه العملية الخوارزميات اللسانية المختصة للمعالجة الموضوعية و النحوية للنصوص، بل تقتصر على تقنيات قوائم المصطلحات الموازية مع خوارزميات نحوية مبسطة للقيام بالتراجم الموازية دون تعمق في التحليل الموضوعي و المعرفي للوثائق.
- سطحية المجال المعرفي للمحركات، وبالتالي عدم قدرتها على الترجمة المختصة في مجالات معرفية دقيقة تستوجب مجموعة من المصطلحات الخاصة.

(2) التحليل الموضوعي:

ظهرت خلال السنوات الأخيرة نوعية جديدة من التطبيقات المختصة هدفها مواجهة التدفق المتصاعد للمعلومات على شبكة الإنترنت، هذا التدفق الذي كما ذكرناه سابقا غير مفهوم البحث عن المعلومات من وضعية بحثية إلى عملية انتقائية نظرا للقدر الهائل من المعلومات التي تسترجعها المحركات مع كل عملية بحث. وظيفة هذه البرامج ذات القيمة المضافة إعادة النظر في محتوى نتائج البحث لصياغتها من جديد حسب أهميتها مع تركيبة البحث الأولية و تقديمها للمستفيد في شكل أكثر وضوحا و شفافية.

من هذه البرمجيات المختصة ذات القيمة المضافة نذكر مثلا برنامج UmapWeb (http://www.umap.com) الشهير الذي يعالج نتائج البحث التي يقوم بها بنفسه على الشبكة أو التي يتم تزويده بها ثم يقوم بعرضها بطريقة خرائطية و في أشكال مختلفة لإبراز مدى علاقة الوثائق المسترجعة مع نواة السؤال المطروح و مدى ترابطها فيما بينها.

(3) عنصر الإيقاع على الشبكة (Web Impact Factor)

من خدمات القيمة المضافة الأخرى التي بدأت تأخذ مكانها خصوصا بالنسبة للباحثين و المؤسسات العلمية المختصة، نذكر عنصر الإيقاع المعرفي لأي وثيقة على الشبكة. و نعني بذلك مدى إشعاع الوثيقة على محيطها العلمي والمعلوماتي و ذلك بالنظر إلى درجة اعتمادها كمرجع يقع الاستناد إليه و بالتالي ذكره أو إنشاء روابط تشعبية نحوه. فمن شأن هذه الخدمة المضافة أن تضفي طابعا علميا على محتوى الوثيقة و أن تعطيه أكثر مصداقية لدى القارئ.

اعتنت بهذه الظاهرة عدة محركات على الشبكة و أدرجتها كخدمة من جملة الخدمات الإضافية التي تقترحها على مستوى واجهات بحثها الرئيسية. مثلنا في ذلك محركات Altavista و Google.

الخلاصة

الشبكات العصبية من العلوم الحديثة التي تسعى لإنتاج حواسيب تعمل بنفس فكرة العقل البشري ، وقد قدمت بعض الحلول والتطبيقات في مجالات عدة ، تحتاج الشبكات العصبية لوحدات إدخال ووحدات معالجة تتم فيها عمليات حسابية تضبط بها الأوزان . الفكرة التي تعمل وفقها الشبكات العصبية تتلخص في مرحلة التعليم ومرحلة الاختيار.

النظم الخبيرة هي برامج للمعرفة المكثفة تعمل على علاج المشاكل الصعبة التي لا تعالج إلا من قبل الخبراء من البشر (مثل التشخيص الطبي) ، ومكونات هذه النظم : قاعدة المعرفة، و نظام الاستنتاج، و نظام الحوار. و بناء النظام الخبير يتطلب : تحديد الميدان، و تفسير عملية الاستنتاج أو الاستدلال، و المستخدم ، وتمثيل المعرفة.

تمييز الأنماط ومعالجة الصور فرع من فروع الذكاء الاصطناعي يهتم بـ: التعرف على الصور المدخلة للحاسوب، و إجراء عمليات على الصور المدخلة للحاسوب ، ومراحل التعرف على أي نمط يمر بمرحلتين هما: مرحلة التعليم، مرحلة

إجابات التدريبات

تدريب 1

نبدأ من جديد بتطبيق عملية الجمع :

$$S_j = \sum_{i=1}^{n} a_i w_{ji}$$

$$S= 1.0 \times 0.1 + 0.0 \times (-0.2)$$

$$S=0.1$$

ثم قاعدة التحويل :

$$S= 0.1 \rightarrow S> 0.0$$

$$X=1 \quad \text{إذاً}$$

وبعد ذلك عملية ضبط الأوزان :

الناتج الهدف للمدخل الثاني هو 0 أيضاً، والناتج الذي توصلت له الشبكة هو 1 بطرح ناتج الشبكة من الناتج الهدف يعطي القيمة 1- وهي غير مساوية للصفر لذا لا بد من ضبط جميع أوزان الشبكة .

$$w_{ji}new = w_{ji}old + C(t_j - X_j)a_i$$

$$w_{11}new = 0.1+ 0.5 \times (-1) \times 1.0 \rightarrow \quad w_{11}new =-0.4$$

$$w_{12}new =-0.2+ 0.5 \times (-1) \times 0.0 \rightarrow \quad w_{12}new = -0.2$$

ننتقل للمدخل الرابع والأخير مستخدمين الأوزان بعد التعديل :

نبدأ من جديد بتطبيق عملية الجمع :

$$S_j = \sum_{i=1}^{n} a_i w_{ji}$$

$$S= 1.0 \times -0.4 + 1.0 \times (-0.2)$$

$$S=0.6$$

ثم قاعدة التحويل :

$$S= -0.6 \rightarrow S<= 0.0$$

$$X=0 \quad \text{إذاً}$$

وبعد ذلك عملية ضبط الأوزان :

الناتج الهدف للمدخل الثاني هو 1 والناتج الذي توصلت له الشبكة هو 0 بطرح ناتج الشبكة من الناتج الهدف يعطي القيمة 1 وهي غير مساوية للصفر لذا لا بد من ضبط جميع أوزان الشبكة .

$$w_{ji}new = w_{ji}old + C(t_j - X_j)a_i$$

$$w_{11}new = -0.4 + 0.5 \times (1) \times 1.0 \rightarrow w_{11}new = 0.1$$

$$w_{12}new = -0.2 + 0.5 \times (1) \times 1.0 \rightarrow w_{12}new = 0.3$$

وبهذا نكون قد انتهينا من عرض جميع الأمثلة(متجهات من الأنماط) على الشبكة وعرض جميع الأمثلة على الشبكة تسمى محاولة، ففي هذه المحاولة أعطت الشبكة نتيجة واحدة فقط صحيحة من أصل 4 نتائج، أي أن الشبكة لم تتعلم بعد وتحتاج لمحاولات أخرى بنفس الطريقة، حتى تستطيع إعطاء إجابات صحيحة لكل الأمثلة، حينها نقول إن الشبكة تعلمت، ويتبقى فقط اختبارها .

تدريب 2

للتعرف على صورة تفاحة، أولاً نحدد ما هي خصائص التفاحة التي نخزنها في مرحلة التعلم؟ على سبيل المثال: اللون، الشكل، الدوران، المنطقة السفلى، المنطقة العليا.... إلخ، وكذلك يتم التعرف على التفاحة، تقسم الصورة إلى أجزاء وكل جزء يقارن بالخصائص الموجودة فيه مع خصائص الصنف المخزنة وهكذا. الصعوبة في هذه الطريقة تكمن في اختيار مجموعة الخصائص لكل فئة وقواعد القرار في التعرف على النمط.

تدريب 3

من الممكن أن تصنف الصورة على أنها صورة نظارة مع الأخذ بالاعتبار الخصائص الأخرى وعلاقتها فيما بينها، أما لو كانت المسافة بينهم متراً تقريباً فمن الممكن أن تصنف على أنها أنوار سيارة مع الأخذ بعين الاعتبار الخصائص الأخرى طبعاً... وهكذا. تستخدم هذه الطريقة في التعرف على الأهداف أو الصواريخ وكذلك في التعرف على الأحرف (character recognition) وغيرها.

تدريب 4

1- غموض الكلمات:

" **تجنب المصارف**"

فكلمة المصارف قد تعني البنوك كما قد تعني مصارف المياه.

2- غموض الألفاظ :

"**الدجاج جاهز للأكل**"

نلاحظ أن هذه الجملة قد تعني أنه حان الوقت لإطعام الدجاج وأيضا قد يفهم منها إن الدجاج صار جاهزاً لكي يؤكل.

3- غموض الضمائر:

"**والد أحمد يحضره كل يوم فيصير مجهدا** "

هذه الجملة يمكن أن تفسر بأن الذي يصير مجهدا هو والد أحمد كما يمكن أن تفسر بأن الذي يصير مجهدا هو أحمد.

مسرد المصطلحات

❖ **عملية جمع الأوزان Weighted Sum**

تقوم كل وحدة معالجة بعملية الجمع لكل وزن مدخل لها و الملحق بالوصلة البينية التي تربط بينها وبين الوحدة الموجودة في الطبقة التي تسبقها، مضروباً في القيمة الخارجة من تلك الوحدة، وهو على الصيغة :

$$S_j = \sum_{i=1}^{n} a_i w_{ji}$$

حيث w_{ji} هو الوزن الملحق بالوصلة البينية التي تربط وحدة المعالجة j بالوحدة i الموجودة في الطبقة التي تسبقها، و a_i هي القيمة الخارجة من الوحدة i ، و S_j هي ناتج عملية الجمع لكل وحدة معالجة j .

❖ **عملية التحويل (Transformation) :**

تتم هذه العملية في الطبقة الأخيرة من طبقات المعالجة حيث يتم تحويل ناتج عملية الجمع المذكور في العملية السابقة إلى أحد القيم التي يفترض أن تكون ضمن نواتج الشبكة المرغوب بها. فمثلاً لو كانت الشبكة ستتعلم كيف تصنف الأعداد إلى فردي وزوجي، على أن تعطي كل عدد فردي القيمة 0 و كل عدد زوجي القيمة 1 .

❖ **عملية ضبط أوزان الشبكة (weights adjustment) :**

بعد إتمام عملية التحويل يتم مقارنة الناتج الذي تعطيه الشبكة مع الناتج الصحيح الذي يفترض أن تعطيه الشبكة، وذلك عن طريقة طرح الناتج الهدف(الصحيح) من ناتج الشبكة، فإذا كان ناتج الطرح مساوياً للصفر فهذا يعني أن الشبكة أخرجت ناتجاً صحيحاً، أما إن كان غير ذلك فالشبكة تحتاج لضبط أوزانها، وذلك من خلال قاعدة التعليم (learning rule) **التالية:**

$$w_{ji}new = w_{ji}old + C(t_j - X_j)a_i$$

❖ **المعالجة الأولية (Pre-processing)**

وهي العمليات التي تسبق المعالجة الأساسية للصوت وهي عبارة عن تحويل الصوت المدخل إلى الحاسوب إلى إشارات ثنائية (0&1) حتى يتمكن المنسق (Recognition) التعامل معه.(المنسق (Recognizer) يتمثل في جزئيين هما البرامج (SW): والتي تتعامل مع الإشارات الصوتية الخاصة بالتعرف على الصوتيات والجهاز (HW): والذي يمثله جهاز الحاسب وكرت الصوت).

❖ **المطابقة (Recognition)**

و هي مرحلة التعرف على الصوت المدخل وتنقسم هذه المرحلة إلى قسمين:

- التعرف على الصوت (Identification).
- التحقق من الصوت (Verification).

❖ **نظم التعرف على المتكلم (Speaker Recognition system)**

والتي تهدف إلى التمييز بين المتكلمين والتعرف عليهم .

❖ **نظم التعرف على الكلام المنطوق (Speech Recognition System)**

وتهدف هذه إلى التعرف على الكلام المنطوق ونوع الأوامر والاستفسارات الموجهة للجهاز .

❖ **الفونيم (Phoneme)**

إن أفضل ما يقال في تعريف الفونيم ، أنه أصغر وحدة صوتية غير قابلة للتجزئة.

المراجـــــع

المراجع العربية

1- المهندس أسامة الحسيني، 1989م ، **الذكاء الاصطناعي ومدخل إلى لغــة ليسب**. دار الراتب الجامعية بيروت 1989م.

2- آلان بونيه، ترجمة د. علي صبري فرغلي ،1993م، **الذكاء الاصــطناعي واقعه ومستقبله**. عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنــون والآداب، الكويت.

3- دكتور مهندس خالد ناصر السيد ، 2004 م، **أصول الــذكاء الاصــطناعي**. مكتبة الرشد 2004م.

4- د. صباح محمد أمين الخياط و د. جنان عبــدالوهاب فيضــي ،1998م، **الذكاء الاصطناعي مفاهيمه تقنياته أساليبه برمجتــه**. دار حنــين للنشــر والتوزيع. عمان، الأردن. 1998م.

5- بروفسير شمبول عدلان، **الذكاء الاصطناعي والنظم الخبيــرة**. مــذكرة، جامعة الخرطوم 1993م.

6- د. المختار بن هندة،2001، **البحث الذكي وخــدمات القيمــة المضــافة للمعلومات على شبكة الإنترنت**، المعهد الأعلى للتوثيق. جامعة منوبــة. الجمهورية التونسية

7- ترجمة وإعداد المهندسة زينب الزرقاء والمهندس أيمن عــودة، 2005م، **لذكاء الصنعي في لغة PROLOG ومواضيع في النظم الخبيرة**. شــعاع للنشر والعلوم، 2005م.

Reference:

1- Allen, J. F. ,1995, "Natural Language Understanding", Benjamin/Cumming, Redwood City, California. 1995.
2- Anthony, M. and Bartlett, P. ,1999, " Neural Network Learning: Theoretical Foundations". Cambridge University Press, Cambridge, UK. 1999
3- Bishop, C. M. ,1995, "Neural Networks for Pattern Recognition". Oxford University Press, Oxford, UK. 1995.
4- Bratko, I. ,2001, "Prolog Programming for Artificial Intelligence". Third edition, Addison-Wesley. 2001.
5- Russell, Stuart and Peter Norvig,2003, "Artificial Intelligence A Modern Approach". Second edition, Prentice Hall, 2003.
6- Sowa, J. ,1999, "Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations". Blackwell, Oxford, UK. 1999.
7- Dr. Ziad Algadi & Dr. Rashad Rasras 2003 " Artificial Intelligence ", مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع, الأردن عمان, 2003.
8- Zimmermann, H. J., 2001," Fuzzy Set Theory and its Application". Forth edition. Kluwer, Dordrecht, Netherlands. 2001

مواقع الانترنت

1- http://perso.wanadoo.fr/colin.barker/tpro1/tpro.htm
2- http://www.jfsowa.com/krbook/
3- http://www.wtec.org/loyola/kb/
4- http://www.c4arab.com/showsection.php?secid=16