ورقة بحثية مجلة مفتوحة

تطوير النظم الخبيرة وهندسة المعرفة

د.م. إيهاب الديباجة
(كلية الهندسة ، جامعة المنارة
البريد الإلكتروني: ihab.aldibaja@manara.edu.sy)

الملخص

تعرّف النظم الخبيرة Expert Systems بأنها برمجيات حاسوبية تحاول نمذجة العملية العقلية Mental Processes للخبراء البشريين، حيث تقوم تلك النظم بالتخاطب مع المستخدمين والوصول إلى الاستنتاجات انطلاقاً من العبارات والمعطيات التي تقدم إليها من قبل المستخدم.

أما هندسة المعرفة Knowledge Engineering، فهي تستخدم لجمع وترميز المعرفة والخبرة للخبراء البشريين، وتعمل بشكل موازٍ لهندسة البرمجيات باستخدام التقنيات التقليدية.

كلمات مفتاحية – نظم خبيرة، هندسة المعرفة، ذكاء صنعي، قواعد المعرفة.

I. مقدمة

تستخدم النظم الخبيرة مجموعة من قواعد If-Then من أجل توصيف المعرفة حيث يتم تجميع المعطيات من الأحداث التي يتم مراقبتها، ومن ثم يتم تحويل هذه المعطيات إلى شكل قابل للاستخدام كحقائق Facts، ويتم تخزينها في قاعدة المعرفة Knowledge Base، تتكون هذه القاعدة من مجموعة قواعد Rules، ومجموعة من الحقائق Facts، المكون الجوهري في الأنظمة الخبيرة هو محرك الاستدلال Inference Engine، الذي يقوم بالاستنتاج بالاعتماد على الحقائق، وباستخدام القواعد المخزنة في قاعدة المعرفة.[1]

لقد تمت برمجة هذه النظم لإعادة توليد الاستنتاجات، الحقائق، الطرق المختصرة، والبديهيات المتعلقة بخلفية الموضوع الذي يتم البحث فيه، والتي يلجأ الخبراء من البشر إلى استخدامها عند قيامهم بحل المشكلات.

II. هندسة المعرفة وبناء النظام الخبير:

تبرز الحاجة لهندسة المعرفة حيث يتطلب إشراك قدرات التفكير البشري Human Reasoning Capabilities في الحلول من أجل الأعمال الحرجة والهندسة والمسائل العسكرية (مثل جدولة المصادر، التحليل المالي، حل المشكلات الالكترونية، التحكم والسيطرة العسكرية،..)، وهو مايتطلب طريقة جديدة تماماً لتطوير البرمجيات الخاصة بهذه النظم، ويلاحظ أن الطلب على مهندسي معرفة ماهرين لخلق النظم الخبيرة الجديدة ينمو بسرعة، إذ يتطلب السعي الثابت لتطوير قدرات النظم الخبيرة، فهم إجرائية هندسة المعرفة نفسها، وتدريباً خاصاً لتطوير مهندسي معرفة جدد.[2]

تقوم عملية بناء النظام الخبير على الدمج بين المعارف والخبرات التابعة لاختصاصات مختلفة، فعلى سبيل المثال، يحتاج النظام الخبير المصمم للتشخيص الزراعي، إلى دمج معارف تتعلق بتغذية النبات، وعلم الأمراض، وعلم الحشرات، وتربية المحاصيل، إضافة إلى الإنتاج الزراعي، لذا، وعند حدوث مشكلة ما، فإن النظام يكون قادراً عند على مساعدة المستخدم بالتعرف على مسبب تلك المشكلة بطريقة أكثر فعالية من البحث في الوثائق، كما أنه يوفر النصح والحلول لتلك المشكلة.

تمكّن النظم الخبيرة الحواسيب من تحديد المشكلات التي كان المعقد جداً القيام بأتمتتها سابقاً من خلال تجميع المعرفة الناتجة عن خبرات الإنسان، وقد أصبحت النظم الخبيرة الآن مجديةً تجارياً واقتصادياً بسبب الطاقة الحسابية الهائلة والذواكر المتاحة بأسعار منخفضة نسبياً، وتعمل هذه النظم على محاكاة الطريقة التي يتصرف بها الإنسان حيال مشكلات معقدة

بسبب قدرتها على اتخاذ أحكام باستخدام الطرق المجربة التي تم ملاءمتها من الخبراء البشريين، وتستطيع اتخاذ قرارات ذات معنى Meaningful Decisions عندما تواجه معلومات معقدة أو غامضة.

III. البرمجة التقليدية وإجرائية هندسة المعرفة:

تستخدم النظم الخبيرة تقنيات مأخوذة من أبحاث الذكاء الصنعي، تتضمن القدرة على استخدام الرموز، تقنيات البحث المعقدة، وبنى المعرفة والبرمجة المبينة على القواعد Rule-Based Programming، بشكل مشابه لتلك المستخدمة من قبل الإنسان، ولأن هذه الميزات غير موجودة في لغات البرمجة التقليدية، فقد باءت محاولات المطورين الذين حاولوا تحقيق النظم الخبيرة بلغات C أو Pascal بالفشل، بل إن لغات الذكاء الصنعي مثل Lisp قد لا تكون كافية لدعم تطوير النظم الخبيرة، لأن البنى والوظائف المتوفرة مع هذه اللغات ليست قوية بشكل كاف لتعطى المبرمج مساحة من الحرية تسمح له بمهمة التركيز على ترميز المعرفة.[3]

بالنتيجة، أصبح المطورون متورطين في تعقيدات البرنامج وخسروا إمكانية تتبع تفاصيل معرفة الخبراء نفسها، وهو ما يجعل الأدوات المتخصصة متطلبات أساسية من أجل تطوير النظم الخبيرة بشكل ناجح، بسبب الطبيعة المعقدة الملازمة لهذه النظم.

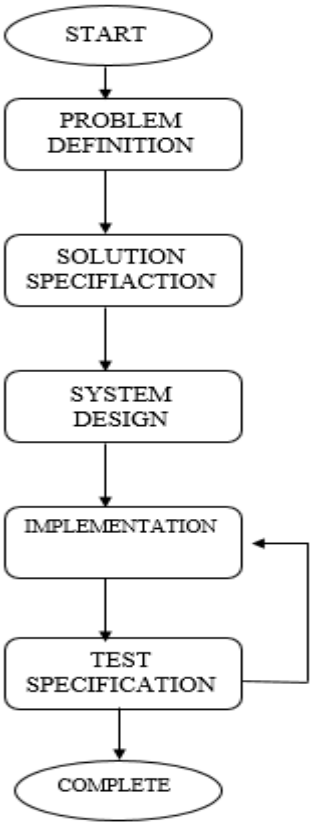
إن هدف لغات البرمجة التقليدية هو تعريف بنى المعطيات والاجرائيات بشكل كامل من أجل استخدامها بشكل مسبق لتحقيق البرنامج، كما يجب أخذ جميع أشكال الخرج من البرنامج بعين الاعتبار بشكل مسبق لإنشاء الترميز النهائي للنظام، وهذا المستوى من التعريف غير ممكن في النظم الخبيرة، لأن مجال المعرفة Knowledge Domain كاملاً يكون عادةً غير معرف بشكل كافٍ ليكتب بشكل ملخص أو موجز.

حتى عندما تتم صياغة الحالات العامة والإجرائيات السببية Reasoning Procedure في النظام، ويتم تجريب المعرفة على حالات في العالم الحقيقي، سوف يكون هنالك عدد كبير من الاستثناءات التي قد تظهر، والتي قد يكون الخبير قد نسي أن يضمها في الوصف الأصلي، حتى أن الخبير قد يكتشف بأنه لا يوجد أساس ثابت لبعض القرارات.

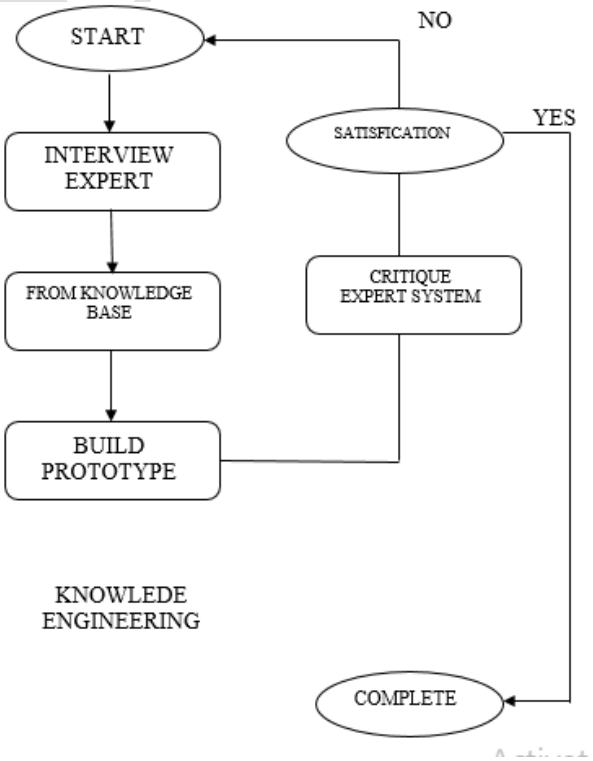
إذاً، يتوجب على مهندس المعرفة أن يشكل نموذجاً بدئياً Prototype للإجرائية السببية وأن يضمنها أكبر عدد ممكن من الحقائق، المفاهيم، العلاقات، والحالات الخاصة التي لها صلة بالموضوع. ويكون نموذج النظام الخبير عندها جاهزاً للاختبارات ومقارنة طريقة تفكيره واستخلاصاته لتلك التي تتم بالخبرة الحقيقية. [4]

إن المرشحين الأكثر احتمالاً كمهندسي معرفة ليسوا المبرمجين الأكثر خبرة، وذلك لأن هندسة المعرفة هي أصعب بكثير من البرمجة التقليدية، كما أن مهارات الاتصال وحل المشكلات تعتبر أمراً ضرورياً لمهندسي المعرفة وهي ترتبط بشكل أكبر بمحللي النظم، أكثر مما هي مرتبطة بالمبرمجين، كما يتوجب على مهندسي المعرفة استخدام كافة الأدوات المتاحة لاستخراج كل المعرفة التي لها صلة بالموضوع من خبرة الإنسان من ثم إسقاطها على بناء النظام الخبير، وكلما كان البناء الموفر من قبل أدوات النظم الخبيرة أقرب للمفاهيم الطبيعية وعملية التفكير، كلما كانت مهمة البرمجة أسهل.[5]

يبين كل من الشكلين (1) و (2) أن البرمجة التقليدية قد يتم انجازها بطريقة خطية، مع محددات كاملة للبرنامج قبل البدء بالتصميم والفحص، وذلك مقارنة مع إجرائية هندسة المعرفة التي تتطلب طريقة تكرارية لتطوير البرنامج بسبب فهمنا المحدود للإجرائية السببية التي يتطلبها حل المشكلات المعقدة.



الشكل 1 . إجرائية البرمجة التقليدية



الشكل 2. إجرائية هندسة المعرفة

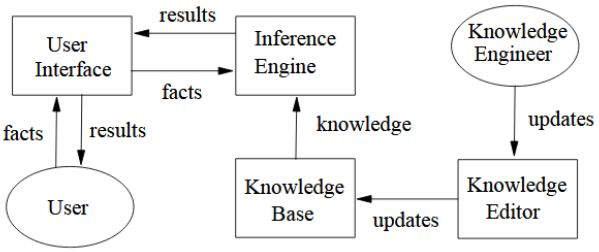
IV. مسألة ترميز المعرفة:

إن أحد الخصائص الرئيسية التي تميز أي مجال هي الوصول إلى كمية كبيرة من المعرفة في مجال المشكلة، ومن أجل محاكاة حل المشكلات بنجاح، يجب أن يرمّز مقدار كبير من هذه المعرفة في النظام الخبير متضمنة الحقائق والمفاهيم والقواعد والاستراتيجيات والعلاقات الهرمية التي تتضمنها هذه الجوانب من المعرفة بشكل فعال، وهي يجب أن تعيد المعرفة الصحيحة كلما كانت مطلوبة خلال محاولة حل المشكلة.

تكون مهمة التعبير عن كل أنواع المعرفة صعبة مع لغات البرمجة التقليدية بشكل كبير، بل إن محاولة كتابة اجرائيات تأخذ بعين الاعتبار كل المعرفة المتعلقة بالظروف المحتملة على شكل عبارة If – Then المضمنة في تسلسل ثابت سرعان ما تتجاوز قدرة المبرمج على مجاراة درجة تعقيد المشكلة.[6]

إن إطار عمل النظام الخبير هو أداة برمجة أو بيئة تتضمن تقنيات ذكاء صنعي تمت هندستها بشكل خاص من أجل تطوير النظم الخبيرة. يجب أن تملك أداة النظام الخبير طريقة واضحة وقوية لتمثيل كل نماذج المعرفة المهمة والمتعلقة بمجال المشكلة، ويجب أن تملك طرقاً كافيةً لتطبيق هذه المعرفة عندما تصبح مطلوبة وذات صلة بالمشكلة.

تتكون معظم النظم الخبيرة من جزأين رئيسيين هما قاعدة المعرفة Knowledge Base ومحرك الاستدلال Inference Engine، كما هو مبين في الشكل (3).



الشكل 3. بنية النظام الخبير

تتضمن قاعدة المعرفة:

- الحقائق المطلقة: تصف العلاقة المنطقية بين العناصر والمفاهيم ومجموعة الحقائق المستندة إلى الخبرة والممارسة للخبراء في النظام.
- طرق حل المشكلات وتقديم الاستشارة.
- القواعد المستندة على صيغ رياضية.

تعتبر قاعدة المعرفة بمثابة القلب النابض للنظام، لأنها تحتوي على كافة الحقائق المتعلقة بالمشكلة المطلوب حلها، بالإضافة إلى حصيلة الخبرة المكتسبة والمتاحة للخبراء في هذا المجال، ولذلك تسمى النظم الخبيرة أحيانا بالنظم المبنية على المعرفة Knowledge-Based Systems. يمكن أن تحتوي قاعدة المعرفة على القواعد والنظريات بحيث تمثل في نهاية الأمر مصدر الذكاء للنظام الخبير، وهذا المصدر يتيح لمحرك الاستدلال الوصول إلى النتائج عن طريق الاستنتاج المنطقي .[7] تعتبر أداة التفكر المؤتمت ART Automated Reasoning Tool من شركة Inference. مثالاً عن أدوات النظم الخبيرة، وهي أداة تتكون من قاعدة معرفة، مع بنى ذات صلة لتمثل المعرفة، ومحرك استدلال يطبق قاعدة المعرفة على مشكلة معينة من قبل المبرمج. تمتلك قاعدة المعرفة إمكانيات مرنة لوصف الحقائق والمفاهيم والارتباطات التي تسمح لمهندسي المعرفة بنمذجة المعرفة بطريقة أقرب بكثير للطريقة التي يفكر بها الإنسان، أكثر مما تسمح به لغات البرمجة التقليدية.[8]

إن مهندسي المعرفة ليسوا بحاجة لأن يكونوا مختصين في الذكاء الصنعي، لأن أطر عمل النظام الخبير مثل حزمة ART موجودة بشكل يمكن تطبيقه مباشرة على النظم الخبيرة، ولكن من الجيد أن يكون لدى مهندسي المعرفة فهم تشغيلي جيد للأداة التي سوف يستخدمونها من أجل ترميز المعرفة والخبرة، والتعامل مع البنى المتاحة في إطار عمل النظام الخبير، وذلك قبل محاولة تطوير النظم الخبيرة.

بمجرد الانتهاء من بناء قاعدة المعرفة تبدأ مرحلة بناء برنامج التحكم للمساعدة في معالجة المعارف داخل القاعدة، وذلك بغرض الاستدلال واتخاذ القرار وحل المشكلات، وهذا البرنامج هو عبارة عن خوارزمية تتحكم بعمليات الاستنتاج المنطقي Logical Conclusion، ويطلق عليها عادة اسم محرك الاستدلال. يقوم برنامج التحكم هذا بتوجيه عمليات البحث ضمن قاعدة المعرفة، وتحديد أي من تلك القواعد سيتم اختباره، وأي من البدائل سيتم حذفه، وما هي الخواص والصفات المميزة المطلوب مطابقتها. يستخدم محرك الاستدلال تقنيات مطابقة النموذج Model Matching للتعرف على المعرفة ذات الصلة بالمشكلة التي بين يدينا، لذلك لا يتوجب على مهندس المعرفة متابعة التفاصيل عند هذا المستوى.[9]

في حقيقة الأمر، هنالك جزء ثالث يمكن إضافته إلى هذه البنية، ألا وهو قاعدة المعرفة Knowledge Base، والتي هي عبارة عن بنية تتضمن المعارف المتعلقة بالمسألة التي يتم حلها، وتتضمن تلك البنية في البداية معطيات المسألة، ومن ثم يتم إغناؤها وتطويرها عن طريق تطبيق القواعد أو عن طريق أجوبة المستخدم، وذلك حتى الوصول إلى حل. [10]

٧. بناء النظام الخبير:

إن التحدي الأساسي الذي يواجهه مهندس المعرفة هو تحديد كم هو مناسب بناء نظام خبير من أجل تطبيق معين، وقد يكشف ذلك عن مستوى تعقيد عال جداً للمشكلة قيد الحل، فهي قد تكون غير مفهومة بشكل جيد، أو أن المفاهيم غامضة جداً من أجل نمذجتها بلغة إجرائية، ولكن حتى باستخدام أدوات النظام الخبير فإن التطبيقات يجب أن تحقق المعايير التالية:

1- يجب أن يملك التطبيق مجالاً محدداً بشكل جيد.

2- يجب أن يوجد خبير أو أكثر يملكون الخبرة والكم والمعرفة المختصة المطلوبة.

3- يجب أن يكون الخبير قادراً (بمساعدة مهندس المعرفة) على التعبير عن طريقة إنجاز المهام المطلوبة.[11]

عادة ما يبدأ مهندس المعرفة عمله بمقابلة مع الخبراء البشريين، ويحاول أن يشكل نموذجاً أساسياً لمجال المعرفة بتحديد المهام والمفاهيم الأساسية لحل المشكلة.

تعد المقابلات الشاملة مع الخبراء أحد البنى الأساسية للمعرفة، وفيها، يطور مهندس المعرفة نموذجاً أصلياً بدئياً وذلك بإدخال أكبر قدر ممكن من العبارات عن التطبيق. تتضمن هذه العبارات

عادة الحقائق حول بنية التطبيق العامة مثل القواعد الاستدلالية والاستنتاجية التي تمثل الارتباطات المستخدمة من قبل الخبير في حل مشكلة معينة، وهي تتضمن أيضاً حقائق استنتاجية وتجريبية تمثل الارتباطات التي يعتقد الخبير أنها صحيحة، أو الحقائق التشغيلية المستخدمة من قبل الخبير لحل مسألة معينة.

لأن أدوات النظام الخبير مثل ART ليست إجرائية، فإن الترتيب الذي تدخل به العبارات ليس مهماً خلال التنفيذ، يتأكد محرك الاستدلال من أخذ جميع القواعد بعين الاعتبار عند الضرورة. يمكن لأطر عمل النظام الخبير أن تنمذج المعرفة بشكل فعال لأنها تتعامل مع التدوين الرمزي.Symbolic Approach في ART، أي تسلسل من الأرقام أو الأحرف يمكن أن يستخدم لتمثيل المعرفة كحقيقة، على سبيل المثال، معرفة يمكن أن تتكون من الكلمات (عناصر الذكاء الصنعي تتطلب المهارة والأرضية المناسبة AI Components Need Power And Ground)، أو من الأرقام (1.2363)، أو من المعادلات (c=d+b*3.1416). [12]

تمثل هذه الحقائق في صيغة الكود لـ ART، بالشكل التالي:

```
Def Facts AI Component Requires power
and ground
Power can be +5 or -12
The return pin connects to the ground
plane
Def Facts constant
1.2363
Def Facts equation
X=d+b*3.1416
```

تتضمن ART آليات مطابقة نماذج معقدة تسمح لها بالتعرف على الحقائق التي توافق الشروط الموجودة في القواعد في قاعدة المعرفة الخاصة بها، يستطيع بعدها محرك الاستدلال أخذ هذه الحقائق بعين الاعتبار خلال الحل.

على الرغم من أن أطر النظم الخبيرة مصممة للسماح بالتغييرات، فإنه يبقى من المهم بالنسبة لمهندس المعرفة صياغة نموذج مفاهيمي Conceptual Model مناسب لمجال المعرفة، يساعد هذا النموذج في هيكلة قاعدة المعرفة بشكل فعال، ويحدد الحقائق والقواعد التي ترتبط بشكل فعلي بأهداف النظام والتي يجب أن تضمن في قاعدة المعرفة. يعتبر اختيار مدى التطبيقات بشكل واسع كفاية لإظهار البنية الأساسية لقاعدة المعرفة، بدون الكثير من التعقيد قبل أن يعمل النموذج الأولي بشكل جيد، واحداً من المفاهيم الأكثر حساسيةً لمهندسي المعرفة.

يعتبر مخطط تمثيل المعرفة Knowledge Representation Schema أحد آليات الهيكلة الرئيسية للنظم الخبيرة، والذي يمكن النظام من ترتيب المعرفة كمجموعة من الأغراض التي تشترك في مجموعة كاملة من الصفات. سوف تتعلم ART بشكل أوتوماتيكي أن حواسيب IBM تملك ناقل ولوحة ووحدة تغذية، معالج وذاكرة ومكونات أخرى على سبيل المثال، عند ادخال المخطط المسمى ((*Computers*)) والذي يوصف على أنه يملك خصائص مثل الناقل، ألواح، وحدة التغذية، المعالج، الذاكرة، والمكونات الأخرى، وإدخال عبارة "The IBM PC Is A Computer" إلى قاعدة المعرفة بالشكل التالي:

```
Schema "Computers"
            (Bus,     Boards,     Power
Supply, CPU, memory, component)
Schema "IBM PC"
            (Subset of computers)
```

هذه الإمكانية، تسمى الوراثة Inheritance، وهي مهمة كثيراً في تنظيم تعقيد المعرفة المطلوبة لتطبيقات النظم الخبيرة الاعتيادية. يمكن أن تتضمن الوراثة أيضا الحقائق والارتباطات التي تطبق على المخطط والتي تسمح لمهندسي المعرفة بوصف المعرفة عند مستويات عديدة من التجريد، مبادئ التجريد هذه تم تطبيقها في لغات أخرى للمساعدة على إدارة التعقيد، على أية حال، لا يمكن اعتبار اللغات غرضية التوجه أطراً للنظم الخبيرة، لأنها لا تزال مبنية على الإجراءات (تسلسل معرف صراحة من العمليات explicit sequence of steps to follow).[13]

VI. تقييم النموذج الأولي:

حالما يقوم مهندس المعرفة ببناء النظام الأولي الموثوق الذي يشمل المعلومات الأكثر عمومية التي تم الحصول عليها من الخبراء، تبدأ مهمة تقييم النظام الخبير، والتي هي جزء جوهري من عملية التطوير للنظام الخبير، وهنا يكون المكان الذي تختلف فيه هندسة المعرفة عن البرمجة التقليدية بشكل

فعلي، ذلك أن الاختبار يعتبر فعالية وقائية Preventive Activity في البرمجة التقليدية، بينما هي جزء أساسي من عملية التطوير للنظام الخبير، ويتوجب أن يتم فحص النظام الخبير من قبل خبير حقيقي قادر على التحقق من العديد من الحالات الخاصة والتوقعات.

يعتبر تعديل أطر عمل النظام الخبير أمراً سهلاً نسبياً، لأن إضافة المعرفة الجديدة الناتجة عن اعتبارات لم تكن مغطاة مسبقاً (مثل الحقائق الجديدة أو الحالات الاستثنائية للقواعد)، تتم بشكل مباشر وسريع، وإن تقييم التعديل بدون تأخير طويل سوف يؤدي إلى تجميع المعلومات التاريخية عن دقة وصحة القرارات التي تم اتخاذها، وهو أمر مفيد تماماً في تقييم صحة النظام الخبير.

يجب أن تتم مراجعة النظام أيضاً من قبل المستخدمين – الذين هم ليسوا خبراء– والذين سوف يقومون بتحديد فيما إذا كانت المعلومات المطلوبة والتي تم الحصول عليها قابلة للفهم ومفيدة.

VII. إجرائية هندسة المعرفة:

تشمل عملية هندسة المعرفة خمس نشاطات يمكن تلخيصها بالنقاط التالية:

اكتساب المعرفة:

يشمل هذا النشاط اكتساب المعرفة من الخبراء، والكتب، والوثائق، وأدوات الاستشعار، أو الحساسات، إضافة إلى ملفات الحاسب. يمكن توصيف المعرفة لتناسب نطاق مشكلة معينة، والطرق الإجرائية لحل هذه المشكلة، أو يمكن توصيفها كمعرفة عامة.

تمثيل المعرفة:

يتم في هذه المرحلة تنظيم المعرفة المكتسبة بعملية تسمى تمثيل المعرفة، والتي تشمل إعداد خريطة المعرفة Knowledge Map، وفك ترميز Knowledge Decoding تلك المعرفة المتوفرة ضمن قاعدة المعرفة.

تصحيح المعرفة:

يتم تصحيح وتدقيق المعرفة الموجودة في القاعدة باستخدام حالات اختبار للوصول إلى جودة ودقة مقبولتين.

الاستدلال:

يشمل هذا النشاط تصميم البرمجيات التي تمكن الحاسب من القيام بعمليات الاستدلال المبنية على أساس قاعدة المعرفة التي لدينا، ومن ثم إسداء النصح للمستخدم في موضوع معين (وهو نطاق المعرفة المتاحة للنظام الخبير) .

الشرح والتبرير Explanation and Justification:

يتضمن هذا النشاط عملية تصميم وبرمجة القدرة على شرح وتبرير الحلول، على سبيل المثال القدرة على برمجة الإجابة على الأسئلة من قبيل: لماذا يحتاج الحاسب إلى معلومة معينة؟ أو كيف يمكن الوصول إلى استنتاج معين عن طريق الحاسب؟

VIII. خواص النظام الخبير/ الذكاء الصناعي:

1. تستخدم أسلوب مقارن للأسلوب البشري في حل المشكلات المعقدة.
2. تتعامل مع الفرضيات بشكل متزامن وبدقة وسرعة عالية.
3. وجود حل متخصص لكل مشكلة ولكل فئة متجانسة من المشكلات.
4. تعمل بمستوى علمي واستشاري ثابت لا تتذبذب.
5. يتطلب بناؤها تمثيل كميات هائلة من المعارف الخاصة بمجال معين.
6. تعالج البيانات الرمزية غير الرقمية من خلال عمليات التحليل والمقارنة المنطقية.

IX. الاستنتاجات:

إن أطر النظم الخبيرة المتخصصة تمثل الأداة الأكثر فعالية لبناء النظم الخبيرة مقارنة مع الأدوات والطرائق البرمجية التقليدية.

مهندس المعرفة أقرب من ناحية المهارات المطلوبة إلى محلل النظم منه إلى المبرمج.

فعاليات الاختبار والتحقق من عمل النظام تعتبر أمراً أساسياً في بناء النظام الخبير مقارنةً مع أهمية هذه الفعالية في البرمجة التقليدية.

تجميع أكبر قدر من الحقائق حول المسألة المطلوب معالجتها باستخدام النظام الخبير، وتضمينها في قاعدة المعرفة، يجعل من هذا النظام أكثر قدرة على الوصول إلى استنتاجات منطقية وإعطاء التفسير المنطقي المناسب لتقديم هذه الاستنتاجات.

المراجع:

[1]. Md. S. Hossain1, K. Andersson2, and S. Naznin,A Belief Rule Based Expert System to Diagnose Measles under Uncertainty,Int'l Conf. Health Informatics and Medical Systems | HIMS'15|

[2]. Rogers I?. Hall and Dennis F. Kibler ,Differing Methodological Perspectives in Artificial Intelligence Research,Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2021.3116866(2021),

[3]. Su Myat Marlar Soe and May Paing Paing Zaw, Design and Implementation of Rule-based Expert System for Fault Management, World Academy of Science, Engineering and Technology 48 2008

[4]. Ankita Daghottra , Dr. Divya Jain, From Humans to Robots : Machine Learning for Healthcare,Computer Science and Engineering, The Northcap University,Gurugram, Haryana, India .Ankita Daghottra et al Int. J. Sci. Res. Comput. Sci. Eng. Inf. Technol, May-June - 2021, 7 (3) : 705-714

[5]. Aline T. Nicolini' ,Using Competence Modeling to create Knowledge Engineering Team, in IFIP International Federation for Information Processing, Volume 218, Professional Practice in Artificial Intelligence, eds. ,T. Debenham, (Boston: Springer), pp(2006)159-151.

[6]. Jean-Philippe Poli, Jean-Paul Laurent. Touch interface for guided authoring of expert systems rules. 2016IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), Jul 2016, Vancouver, Canada. pp.7737906, ff10.1109/FUZZ-IEEE.2016.7737906ff. ffhal-01890364f

[7]. Bharath, Reddy,From Past to Present – A Comprehensive Technical Review of Rule-based Expert Systems from 1980 - 2021,ACM Southeast Conference – ACMSE 2022 – Session 1: Full Papers – ISBN: 978-1-4503-8697-5 Virtual Event, USA, April 18-20, 2022

[8]. Umair Abdullah , Muhammad Shaheen, and Farhan Sabir Ujager, Implementing Rule-based Healthcare Edits,KSII TRANSACTIONS ON INTERNET AND INFORMATION SYSTEMS VOL. 16, NO. 1, Jan. 2022 116(2022)

[9]. Roee Shraga, (Artificial) Mind over Matter Humans In and Humans Out in Matching, Proceedings of the VLDB 2020 PhD Workshop, August 31st, 2020. Tokyo, Japan. Copyright (C) 2020

[10]. Manuel Casal-Guisande, Alberto Comesaña-Campos, Alejandro Pereira, José-Benito Bouza-Rodríguez and Jorge Cerqueiro-Pequeño ,A Decision-Making Methodology Based on Expert Systems Applied to Machining Tools Condition Monitoring, Mathematics 2022, 10, 520.https://doi.org/10.3390/math10030520

[11]. Haocheng Tan, A brief history and technical review of the expert system research, 2017 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 242 012111

[12]. Svetlana Kveskoa, Anna Kornienko, Bronislav Kvesko, Nataliya Chicherina,EXPERT SYSTEMS AS THE BASIS OF DECISIONS IN THE KNOWLEDGE SOCIETY,MATEC Web of Conferences 155, 01009 (2018) https://doi.org/10.1051/matecconf/201815501009 IME&T 2017

[13]. J. ZUCKER & A. DEMAID (1992) The Role of Evolutionary Inheritance in Developing Knowledge Bases for Conceptual Design of Engineering Products, European Journal of Engineering Education, 17:2, 173-180, DOI: 10.1080/03043799208923170

منشورات المؤلف:

[1]. الديباجة، ايهاب ، توظيف خوارزميات التنقيب عن البيانات في تحليل حوادث المرور، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد (73) العدد (2)2102

[2]. الديباجة، ايهاب. سليمان، علي، تحسين خوارزميات كاش الويب باستخدام خوارزمية Means-K العنقدة المستندات، مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (2) العدد (1)2018

[3]. الديباجة، ايهاب. سليمان، علي، تقييم أداء خوارزميات كاش الويب في تطوير نظم المعلومات العاملة في الشركة العامة لمرفأ اللاذقية، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (5)2017

[4]. الديباجة، ايهاب. سليمان، علي، تطوير خوارزمية كاش الويبGDFSباستخدام مسافة غوغل المقيّسة، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (6)2017

[5]. الديباجة، ايهاب ، تقليل تلوث كاش الويب في خوارزمية الكاش GDFS باستخدام مسافة غوغل المقيسة للتشابه الدلالي NGD، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد (43) العدد (4)2021

[6]. الديباجة، ايهاب ، تطوير منهجية تحليلية وتصميمية لقواعد البيانات متعددة الأبعاد الخاصة بمستودعات البيانات، جلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد (44) العدد (1)2022

[7]. Suleiman, A., Aldibaja, I. Improving GDFS Web Cache Algorithm Using Semantic Similarity Measures. (2017). *International Journal of Computer Science Trends and Technology (IJCST)*, Volume 5 Issue 5.