

تطبيقات النظم الخبيرة في مجال الهندسة الإنشائية: الحالة الراهنة

عباس برياس

قسم تقنية التشييد، كلية التقنية بأبها، ص.ب. ٢٣٨، أبها، المملكة العربية السعودية

(استلم في ١٨/١١/١٩٩٧م؛ وقبل للنشر في ٢/٣/١٩٩٨م)

ملخص البحث. لقد أصبحت الهندسة الإنشائية من أهم ركائز الحضارة الحديثة، حيث إنها ساهمت في تطوير وبناء الإنشاءات الحديثة التي تعكس تطور هذه الهندسة منذ القدم. إن تصميم وتنفيذ أي مشروع إنشائي يحتاج إلى تجربة ومعرفة هندسية واسعة متفرقة على عدة مراحل. وقد استعمل الحاسوب في مساعدة المهندسين في التحليل، التصميم وتنفيذ المشاريع الإنشائية. من أبرز تقنيات الحاسوب الحديثة التي استعملت في الهندسة الإنشائية هي الذكاء الاصطناعي والنظم الخبيرة التي استعملت في مختلف مجالات الهندسة المدنية وخاصة المجالات صعبة النمذجة مثل التصميم المبدئي (أول المفاهيمي). وقد أصبح تطبيق تقنيات النظم الخبيرة في مجال الهندسة الإنشائية في مرحلة متقدمة ولا تزال الأبحاث جارية في المجالات الأخرى صعبة البرمجة باستخدام البرامج التقليدية (مثل التصميم المبدئي والنهائي).

يقدم هذا البحث تعريفاً بمفهوم تقنيات الذكاء الاصطناعي، النظم الخبيرة ومكوناتها، خصائصها وأهميتها في مجال الهندسة الإنشائية. ويعرض البحث أيضاً أهم اللغات المستعملة في بناء النظم الخبيرة ويقدم مقارنة بين النظم الخبيرة وبرامج الحاسوب التقليدية. بعد ذلك يعرض البحث بعض التطبيقات التي أنشأت في مجال الهندسة الإنشائية مثل التصميم المبدئي conceptual design، التحليل الإنشائي structural analysis، التصميم المفصل detailed design، تأويل قوانين ممارسة العمل وتوثيق التصميم code processing،

معانة وإصلاح المباني المتضررة assessment design والتصميم المقاوم للزلازل Earthquake resistant design. وأخيرا يعرض البحث باختصار فوائد، نواقص ومستقبل تقنيات النظم الخبيرة في مجال الهندسة الإنشائية.

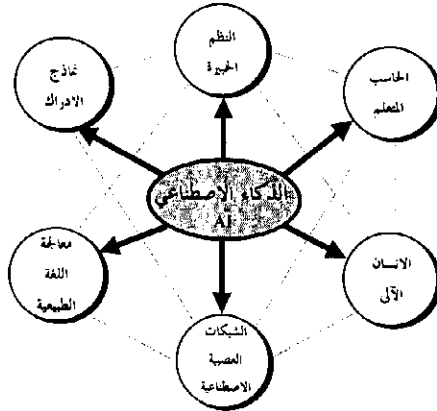
الذكاء الاصطناعي

الذكاء الاصطناعي [1] Artificial Intelligence هو عبارة عن فرع من علم الحاسوب computer science والذي يهتم بالمواضيع التالية :

(أ) حل المسائل عن طريق استعمال التفكير الرمزي أو الاستنتاج الرمزي symbolic reasoning.

(ب) تصميم حاسبات وبرامج يمكن أن تقلد أو تحاكي بعض خصائص الإنسان مثل الذكاء، التفكير المنطقي، الاستنتاج، التعلم وإلخ...

ويرجع تاريخ بزوغ علم الذكاء الاصطناعي إلى أوائل سنة ١٩٥٧م في الولايات المتحدة الأمريكية، وفي بداية سنة ١٩٧٠م ظهر علم النظم الخبيرة وهندسة المعرفة knowledge engineering.



شكل رقم (١) أهم فروع الذكاء الاصطناعي.

فروع الذكاء الاصطناعي AI Applications

أهم فروع الذكاء الاصطناعي موضحة في شكل (١) وهي كالتالي:

١) معالجة اللغة الطبيعية Natural language processing

يهتم هذا المجال بتصميم البرامج التي تساعد في التفاعل بين الإنسان والحاسوب بحيث تسمح للحاسب أن يفهم اللغات المكتوبة والمنطوقة. وهذا المجال ينقسم إلى قسمين: القسم الأول يهتم بفهم قواعد اللغة المكتوبة syntax ويسمى فهم اللغة الطبيعية (الاعتيادية) natural language understanding والقسم الثاني يهتم باللغة الطبيعية المنطوقة spoken language والذي يبحث في أنواع الأصوات والنطق، وأحد تطبيقاته الترجمة من لغة إلى أخرى باستعمال الحاسوب.

٢) علم الإنسان الآلي (أوالروبوتيك) Robotics

يهتم هذا المجال بتصميم برامج لحاسب له إمكانية التحكم وتوجيه الآلات من بعد وأقرب في بيئة ديناميكية dynamic environment ويصدر لها الأوامر بأداء عمل معين. فمثلا في مجال الهندسة المدنية يمكن استعمال الإنسان الآلي في تلحيم وتركيب الأعضاء الإنشائية المعدنية مثل الكمرات والأعمدة في الموقع.

٣) نماذج الإدراك Cognitive modelling

يهتم هذا المجال بإيجاد نظريات تبحث في كيفية إيجاد نماذج للعقل البشري ومقدرته في حل المشاكل. هذا المجال من علم الحاسوب مازال في طور البحث.

٤) الحاسوب المتعلم (أوتعلم الآلة) Machine learning

الحاسوب المتعلم هو أحد فروع الذكاء الاصطناعي الذي مازال في طور البحث والهدف من إنشاء حاسب متعلم هو فهم عملية التعلم وكيف يمكن إنشاء حاسب له

القدرة على أن يتعلم. أهم التقنيات المستعملة في تطوير الحاسوب المتعلم هي: التعلم من الأمثلة learning from examples ، التعلم بالقياس learning by analogy ، التعلم بالاكشاف learning by discovery ، التعلم عن طريق التجربة learning by experimentation والتعلم عن طريق التحليل السببي learning by causal analysis.

٥) الشبكات العصبية الاصطناعية Artificial neural networks

وهي عبارة عن شبكة من الوحدات المعالجة processors المتصلة مع بعضها البعض ويمكن أن تؤدي عمل معين باستعمال التدريب والتعلم عن طريق تقنيات معينة. كل وحدة معالجة تقبل مجموعة من الإدخال من طرف مجموعة أخرى من الوحدات وتقوم بعملية حساب وإخراج النتائج إلى مجموعة أخرى من الوحدات. والهدف من الشبكات العصبية الاصطناعية هو محاولة محاكاة وظيفة العقل البشري وذلك عن طريق ملاحظة شبكة الخلايا العصبية وكيف تقوم بوظائف معينة. إذن، فإن الشبكات العصبية الاصطناعية تتدرب لمعرفة كيف تقوم بوظيفة معينة واستنتاج النتائج الملائمة لمسألة معينة.

٦) النظم الخبيرة Expert systems

النظم الخبيرة [٣؛٢] وتعرف أيضا باسم النظم الخبيرة المستندة على المعرفة Knowledge-based expert systems وتعتبر من أهم فروع الذكاء الاصطناعي وأكثرها تطوراً. وقد بدأ البحث في النظم الخبيرة في أوائل سنة ١٩٥٠م في الولايات المتحدة الأمريكية وبعد ذلك بدأ يتطور هذا المجال إلى يومنا هذا حيث أصبحت شركات الحاسوب العالمية تطور النظم الخبيرة التجارية التي أصبحت تستعمل تقريبا في كل التخصصات بما فيها الطب، الهندسة، الجيولوجيا، الطيران، التجارة وأسواق المال.

هناك أكثر من تعريف واحد للنظم الخبيرة ولم يتفق علماء الحاسوب على تعريف عالمي واحد. أحد أهم هذه التعريفات هو تعريف Gasching [٤]. والذي ينص على:

"النظام الخبير هو عبارة عن برنامج حاسب يحتوى على خبرة الإنسان expertise ، ملكة التمييز judgement ، قواعد الاستنتاج rules of thumb ، البديهة Intuition ، وخبرات أخرى لتقديم نصائح وحلول في تخصص أو مجال معين."

يمكن للنظم الخبيرة تخزين والمحافظة على الخبرة النادرة التي توجد عند عدد محدود من الخبراء والتي يكون من الصعب استشارتهم في أي لحظة عند اللزوم. بعبارة أخرى فإن النظم الخبيرة تحاول تقليد أو محاكاة الإنسان في تفكيره وطرقه لحل المسائل في مجال معين.

تطبيقات النظم الخبيرة

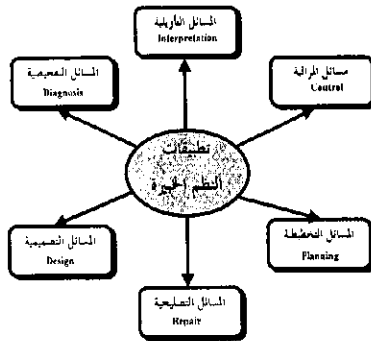
Expert Systems Applications

لقد طورت النظم الخبيرة لحل عدد كبير من المسائل وخاصة المسائل الغير التنظيمية ill-structured problems أي التي تتميز بعدم وجود قوانين ذات خطوات ثابتة لحلها (لا تعتمد على حل خوارزمي معين) مثل المسائل التصميمية التي تحتاج إلى الطرق أو الحلول التقييمية heuristic solutions وهي أكثر المسائل بحيث نجد النظم الخبيرة تطبقا لها. أهم تطبيقات النظم الخبيرة مبينة في الجدول (١) والشكل (٢).

يمكن اعتبار النظم الخبيرة أداة تأييد أو دعم لمساعدة المهندسين أقل خبرة في حل المسائل في مجال معين وذلك بتزويدهم بالخبرة اللازمة لذلك. ومن أهم النظم الخبيرة التي أنشئت أو طورت مبكرا كانت في مجال الطب والجيولوجيا. فمثلا النظام الخبير MYCIN [٥] يعتبر من أقدم النظم الخبيرة في مجال الطب وهو يساعد الأطباء في تحليل ومعالجة الدم من الأمراض المعدية. نظام خبير آخر اسمه PROSPECTOR [٦] يساعد أخصائيي الجيولوجيا في البحث واكتشاف مواقع ترسبات معدن الذهب في الأرض.

جدول رقم (١). أهم تطبيقات النظم الخيرة

مجال التطبيق	مثال للمسألة
المسائل التأويلية Interpretation	استنتاج وشرح حلول باستعمال مثلاً جهاز قارئ المعطيات sensor data. مثال على هذا النوع شرح من المسائل هي مسألة تحليل مكونات الطبقات الجيولوجية للأرض باستعمال النظام الخبير Prospector
المسائل التنبئية Prediction	استنتاج عواقب أو ما يحدث لواقعة معينة حسب معطيات أولية.
المسائل التصميمية Design	تصميم أجهزة أو أنظمة حاسب تحت معطيات وشروط معينة. مثلاً نظام KI يقوم بتصميم أجهزة حاسب من نوع VAX.
المسائل التخطيطية Planning	تخطيط طرق عمل للوصول إلى أهداف معينة. مثلاً النظام الخبير Molgen يقوم بتخطيط طرق للاختبارات الطبية التي تستعمل في علم الوراثة.
مسائل المراقبة Monitoring	مقارنة ملاحظات معينة لاستنتاج نتائج معينة.
المسائل التصليحية Repair	تصليح عطب في أجهزة باستعمال طرق معينة.
المسائل التفحصية Control	فحص أجهزة ومراقبة سلوكها حين تشغيلها.



شكل رقم (٢). التطبيقات العامة للنظم الخيرة.

الفرق ما بين النظم الخبيرة وبرامج الحاسوب التقليدية

إن معظم البرامج التقليدية (مثل Fortran, Basic, Pascal) المستخدمة إلى يومنا هذا (خاصة في مجال التصميم الإنشائي structural design) تعالج المسائل ذات الطبيعة الحاسوبية algorithmic وهي غير قادرة على أن تحل بفعالية المسائل التي تعتمد على الخبرة الهندسية وملكة التمييز engineering judgement، كذلك فإن هذه البرامج كانت قد طورت من قبل مؤسسات أو جامعات مختلفة والتي لم توفر استراتيجيات موحدة بحيث يمكن لها أن تستبدل المعلومات والمعرفة فيما بينها. إن النظم الخبيرة يمكن أن تغلب على المشاكل التي تواجهها البرامج التقليدية. الفرق الأساسي بين النظم الخبيرة ولغات البرمجة التقليدية هو أن النظم الخبيرة يمكن أن تشرح طريقة حلها للمسائل، حيث إن هذه الخاصية غير موجودة في البرامج التقليدية (تعتمد على الحلقات التكرارية الحاسوبية فقط). كذلك فإن النظم الخبيرة تتصف بأن لها قاعدة معرفة منفصلة عن ماكينات الاستدلال وهذا عكس البرامج التقليدية. يمكن للأنظمة الخبيرة أن تعطي أكثر من حل واحد للمسألة الواحدة أما في حالة البرامج التقليدية فإنها تعطي حل واحد فقط للمسألة.

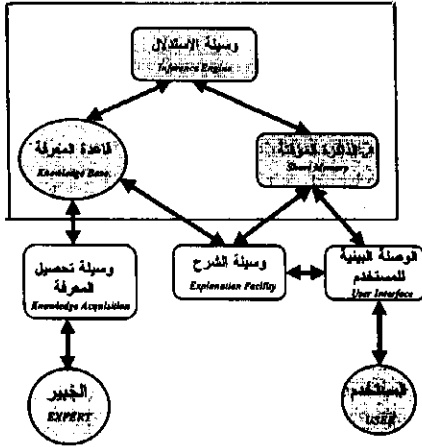
إن النظم الخبيرة يمكن تطويرها باستعمال جزء بسيط من المعرفة ثم إضافة المعرفة بالتدرج إلى قاعدة المعرفة بدون التأثير على بنية النظام الخبير، وهذا يمكن لأن كل قاعدة إنتاجية rule هي مستقلة عن الأخرى. كذلك فإن المعرفة المحتواة في النظم الخبيرة تمتاز بالشفافية transparency (أي أن المعرفة سهلة الشرح بالنسبة لمستعمل النظام الخبير). ويبين الجدول (٢) أهم الفوارق ما بين النظم الخبيرة والبرامج التقليدية مثل الفورتران.

جدول رقم (٢). الفرق ما بين النظم الخبيرة والبرامج التقليدية.

البرامج التقليدية Conventional programming	النظم الخبيرة Expert systems
تمثيل واستعمال البيانات data	تمثيل واستعمال المعرفة knowledge
البيانات وهيكل التحكم مندجان	المعرفة وهيكل التحكم منفصلان
معالجة عديدة	معالجة رمزية
عدم توفير إمكانية الشرح خلال تشغيل البرنامج	إمكانية الشرح خلال تشغيل البرنامج

مكونات النظام الخبير

تختلف مكونات النظم الخبيرة تماما عن مكونات برامج الحاسوب التقليدية conventional programs مثل لغة الفورتران Fortran. وأهم مكونات النظام الخبير موضحة في الشكل (٣) وهي كالتالي:



شكل رقم (٣). مكونات النظام الخبير.

١) قاعدة المعرفة Knowledge base

تحتوي قاعدة المعرفة على مجموعة من القواعد rules ، الحقائق facts والمعرفة المبينة على التجربة. هذه المعرفة تكون مخزنة على شكل قواعد إنتاجية production rules أو على شكل قوالب frames وشبكات موضوعية semantic network. في بعض النظم الخبيرة يستعمل ما يسمى بالقواعد الفوقية أو المعرفة الفوقية meta-rules وهي نوع من مستوى ثاني للمعرفة ينظم المستوى الأول منها.

ب) الذاكرة المؤقتة Context or working memory

دور الذاكرة المؤقتة هو التخزين المؤقت للمعطيات الأولية، النتائج والحلول أثناء تشغيل النظام الخبير. الجزء الذي يتحكم في استعمال وتغيير المعلومات في الذاكرة المؤقتة هو وسيلة الاستدلال inference engine أو مترجم القواعد rule interpreter.

ج) وسيلة الاستدلال Inference engine

تقوم وسيلة الاستدلال بمعالجة قواعد الإنتاج الموجودة في قاعدة المعرفة، إضافة للحلول والمعلومات الجديدة إلى الذاكرة المؤقتة، بعبارة أخرى فإن وسيلة الاستدلال تقوم بإدارة نظام الخبير وهي تكون منفصلة عن قاعدة المعرفة والذاكرة المؤقتة ولذلك فهي لا تعتمد على وظيفة النظام الخبير.

د) الوصلة البيئية للمستخدم User interface

تعتبر الوصلة البيئية للمستخدم قناة وصل بين المستخدم، النظام الخبير وتسمح بالتفاعل بينهما. الوصلة البيئية لابد أن تسمح باستعمال النظام الخبير بكل سهولة ودون تعقيد.

هـ) وسيلة تحصيل المعرفة Knowledge acquisition facility

تلعب وسيلة تحصيل المعرفة دور الوسيط بين الإنسان الخبير والنظام الخبير وهي تسمح وتسهل إدخال وتغيير المعرفة المخزنة في قاعدة المعرفة.

و) وسيلة الشرح Explanation facility

تقوم وسيلة الشرح بشرح وتوضيح عملية التفكير، طرق الحل لدى النظام الخبير explanation of the reasoning process وعرض الاستدلالات التي يقوم بها النظام الخبير للتوصل إلى الحلول أو الاستنتاجات.

ويجب على النظام الخبير أن يتمكن من توضيح لماذا يقوم بطرح سؤال معين لتعريف المستخدم بما يحاول القيام به ، كما يجب أن يكون له إمكانية تفسير كيف توصل إلى استنتاجاته. وهذه الخاصية مهمة جدا حيث إنها تؤثر على مدى قبول مستخدم النظام لحلول النظام الخبير.

الوسائل والأدوات لبناء النظم الخبيرة Programming Tools

إن اختيار المسألة المناسبة لتطبيقات النظم الخبيرة واختيار وسائل البرمجة المناسبة لبنائها يعتبر من أصعب الخيارات ، ويعود هذا إلى أن معظم أدوات بناء النظم الخبيرة غير متخصصة أو غير عامة لنوع معين من المسائل. هناك عدة وسائل أو أدوات برمجة تسهل عملية البناء ، وتنقسم معظم الأدوات المستعملة من الناحية التطبيقية إلى ثلاثة أصناف حسب نوعية وتركيبية البرمجيات وهي كالتالي :

١- لغات البرمجة Programming languages

تنقسم لغات البرمجة إلى قسمين : لغات البرمجة الإخبارية declarative languages ولغات البرمجة التقليدية procedural languages. مثال على لغات البرمجة الإخبارية لغة برولوج Prolog [٧] ولغة ليسب Lisp ، حيث إنهما من أكثر اللغات ملاءمة لبرمجة المسائل التي تحتاج إلى المعالجة الرمزية symbolic processing وخاصة مسائل تطبيقات الذكاء الاصطناعي والنظم الخبيرة. وكلمة ليسب تعني معالجة القوائم list processing ، أما لغة البرولوج فإنها تعني البرمجة باستعمال المنطق programming in logic. ومثال على لغات البرمجة التقليدية هي لغة الفورتران وباسكال ، وهي أكثر استعمالا لبرمجة المسائل الحسابية المتكررة.

٢- محیط البرمجة Programming environment

إن محیط المبرمج هو عبارة عن لغة تمثيل عامة التطبيق أو أدوات مختلفة تساعد على إنشاء النظم الخبيرة وهي تحتوي على عدة أصناف من وسائل تخزين المعرفة التي تساعد على بناء النظم الخبيرة، وهي تختلف عن لغات البرمجة التقليدية. إن محیط المبرمج هو أقل تقييدا من النظم الخبيرة الهيكلية expert system shells وتسمح بمجال كبير من السيطرة على البرمجة.

٣- النظم الخبيرة الهيكلية Expert system shells

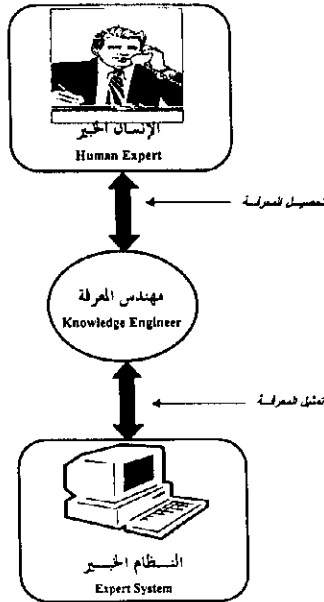
النظم الخبيرة الهيكلية عبارة عن نظم خبيرة تحتوي على وسيلة الاستدلال وقاعدة معرفة knowledge base مفرغة (أي فرغت منها المعرفة الأصلية بمجال التخصص). وقد أنشئت معظم النظم الخبيرة الهيكلية الابتدائية من نظم خبيرة بتفريغ قاعدة المعرفة من معرفتها الأصلية. إن استعمال النظم الخبيرة الهيكلية يسهل ويوفر الوقت اللازم لبناء النظم الخبيرة، ومن أمثلة النظم الخبيرة الهيكلية نظام EMYCIN [٨، ص ٤٣] الذي يعني Empty-MYCIN وهو عبارة عن النظام الخبير MYCIN من دون المعرفة الأصلية.

طرق تحصيل المعرفة والخبيرة

Knowledge Acquisition

لبناء أي نظام خبير لابد من توافر الخبرة والمعلومات التي تخزن على شكل صيغة معينة في قاعدة المعرفة. وتعتبر مرحلة تحصيل المعرفة والخبرة اللازمة لحل أي مسألة هندسية من أصعب وأطول مراحل تطوير النظام الخبير، حيث إن هذه المرحلة تكون متواصلة من بداية تطوير النظام الخبير إلى مرحلة تقويم واختبار النظام الخبير. وتعرف هذه المرحلة باسم "الرقبة" bottle-neck لتطوير النظام الخبير وذلك لصعوبتها. الشخص الذي يقوم بتحصيل وتمثيل المعرفة يعرف باسم مهندس المعرفة knowledge engineer، وقد يكون هذا الأخير

خبير أو غير خبير في مجال تطبيق المعرفة وهو يمثل الوصلة بين الشخص الخبير في مجال معين والنظام الخبير الموجود في الحاسوب. وبين الشكل (٤) العلاقة بين الإنسان الخبير ومهندس المعرفة من جهة، وبين النظام الخبير ومهندس المعرفة من جهة أخرى. هناك عدة طرق وأتقنيات لتحصيل المعرفة والخبرة من الخبراء والمصادر الأخرى، ومن أهم طرق تحصيل المعرفة والخبرة هي [٩]: طريقة التحليل النصية، طريقة الحوار مع الخبير، وطريقة التحليل السلوكي.



شكل رقم (٤). نقل وتمثيل المعرفة من الإنسان إلى النظام الخبير.

تطبيقات النظم الخبيرة في الهندسة الإنشائية

إن تصميم أي منشأ يمر على عدة مراحل وكل مرحلة تختلف عن الأخرى من ناحية المعلومات والمعرفة والطرق الهندسية المستعملة. وأهم هذه المراحل هي :

- يحدد المهندس وظيفة المنشأ.

- استكشاف الموقع ومعرفة خصائص التربة بما فيها قوة التربة والطبقات المكونة للتربة وطبيعة الموقع (هل هي منطقة زلزالية أم لا ... الخ).

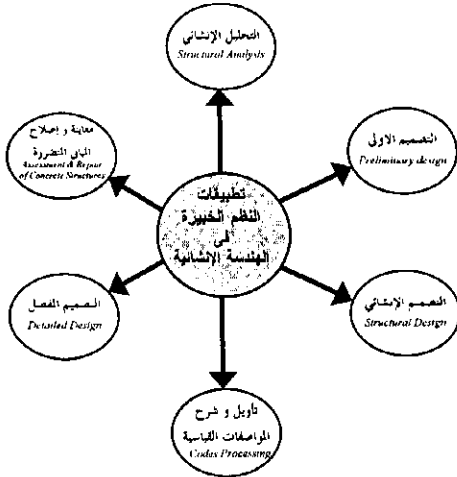
- اختيار هيكل إنشائي للمنشأ من عدة اقتراحات، وعمل التحليل والتصميم الإنشائي لهذا الهيكل وحساب الإجهادات الداخلية لكل عضو إنشائي (كمر، عمود، حائط الخ). وكذلك يتم حساب الإزاحة للهيكل الإنشائي تحت تأثير القوى المؤثرة. ويتم كذلك حساب التكلفة الاقتصادية للهيكل الإنشائي.

- تنفيذ المنشأ حسب المعلومات والمعرفة المستنتجة في المراحل السابقة.

إن استعمال الحاسوب في تحليل، تصميم وتشيد المنشآت يحتاج إلى معرفة وخبرة هندسية في مجال الهندسة الإنشائية والتنفيذية، وكذلك لا بد التأكد من أن هذه المعرفة تستعمل أو تطبق في المسار الصحيح حتى لا تحدث أخطاء يمكن أن تؤدي إلى كوارث أو أخطار بالنسبة للمنشأ وحياة الأشخاص. والمعرفة التي تعتمد على خبرة المهندسين في مجال هندسة التشيد تكون في أغلب الأحيان صعبة النمذجة والتمثيل في الحاسوب، أضف إلى هذا، إن هناك معرفة أخرى تكون مخزنة في المواصفات القياسية وهذه الخبرة هي حصيلة سنوات من البحث والتحليل.

لقد تطور تطبيق برامج الحاسوب التقليدية في حل المسائل الإنشائية وخاصة المسائل التحليلية والحسابية ولكن المعرفة التي تعتمد على الخبرة العملية والتجربة مازالت لم تحظى بحظ واسع باستعمال البرامج التقليدية وهذا راجع إلى صعوبة تمثيل الخبرة العملية باستعمال البرامج التقليدية. تعتبر تطبيقات النظم الخبيرة في مجال الهندسة الإنشائية في مرحلة متقدمة

ولا تزال الأبحاث جارية في المجالات التي تعد صعبة التنفيذ (مثل التصميم المبدئي). هناك عدد كبير من الأنظمة الخبيرة التي طبقت في مجال الهندسة الإنشائية لمساعدة المهندسين في حل المسائل المختلفة، وبين الشكل (٥) أهم مجالات تطبيق النظم الخبيرة في الهندسة الإنشائية وهي كالتالي:



شكل رقم (٥). تطبيقات النظم الخبيرة في الهندسة الإنشائية.

تطبيقات النظم الخبيرة في مجال التصميم الأولي Preliminary design

• النظام الخبير HI-RISE

يعتبر النظام الخبير HI-RISE [١٠] من أوائل النظم الخبيرة التي طبقت في مجال الهندسة المدنية وهو يساعد المهندس الإنشائي في تصميم المباني العالية والمستطيلة الشكل والتي يتجاوز ارتفاعها عشرة طوابق، ويفيد في إيجاد مجموعة من الأشكال الهيكلية أو المعمارية للمبنى واختيار الشكل الأكثر ملاءمة من الناحية الاقتصادية والإنشائية. طور هذا

النظام باستعمال هيكل البرمجة PSRI [١١]. وقد استعملت القواعد الإنتاجية لتمثيل المعرفة الخاصة باستراتيجية التصميم design strategy للتحكم في تسلسل أو ترتيب المهام التي يقوم بها النظام الخبير HI-RISE، واستعملت الرسومات أو الأشكال الهندسية schemas لتمثيل المعرفة الخاصة بالأشكال المعمارية للمبنى ومكوناته.

• النظام الخبير LOW-RISE

يقوم النظام الخبير LOW-RISE [١٢] بتصميم المباني الصناعية المنخفضة الارتفاع. مثلت المعرفة والمعلومات الخاصة بنوع الهياكل الإنشائية والرسومات المعمارية باستعمال القواعد الإنتاجية عن طريق البرنامج OPS5. مثلت الطرق الحسابية والتحليلية باستعمال لغة ليسب Lisp والوصلة بين النظام LOW-RISE وقاعدة البيانات عن طريق برنامج بلغة سي C. إن هذا النظام يقوم بإيجاد أنسب مجموعة من الهياكل الإنشائية وترتيبها بحيث تعطي أكثر اقتصاد في المساحة الداخلية ما بين الأعمدة.

• النظام الخبير RETWALL

يقوم النظام الخبير RETWALL [١٣] بالتصميم المبدئي للجدران الساندة للتربة earth retaining structures. وقد أنشأ هذا النظام باستخدام البرنامج BUILD [١٣] وهو نظام خبير هيكلي يعتمد على قواعد الإنتاج ويتميز بخاصية المعرفة الفوقية meta-knowledge التي تتحكم في المعرفة العامة المخزنة في قاعدة المعرفة. المعرفة والخبرة التي تُخص تصميم واختيار الجدران الساندة الملائمة تعتمد على ارتفاع الجدار، موقع البناء، كمية وخصائص تربة الردم backfill، حالة الأساسات، والمناظر الفنية والجمالية للمبنى aesthetics.

تطبيقات النظم الخبيرة في مجال التحليل الإنشائي Structural analysis applications

• النظام الخبير SACON

يساعد النظام الخبير SACON [١٤] المهندسين المدنيين على استعمال برنامج التحليل الإنشائي MARC (الذي يعتمد على نظرية العناصر المنتهية FEM) لتحليل الإنشاءات

الخطية وغير الخطية Linear and non-linear structures. وقد قسمت المعرفة والخبرة في هذا النظام إلى عدة وحدات ، كل وحدة تهتم بنوع معين من المعرفة (مثلا المعرفة الخاصة بنوع الأحمال والمعرفة الخاصة بنوع مواد البناء والمعرفة الخاصة بنوع الهياكل الإنشائية ، ، الخ). يقوم هذا النظام بإعطاء النصائح التالية: طريقة التحليل الإنشائي ، الخطأ المتوقع في التحليل الإنشائي ، إيجاد الإجهادات والانفعالات القصوى في مختلف أعضاء المنشأ. وقد طور نظام SACON باستعمال البرنامج الهيكلي EMYCIN [٨].

• النظام الخبير FEMOD (Finite Element Modeling)

يقدم النظام الخبير FEMOD [١٥] الإرشادات والنصائح لصياغة النماذج التحليلية analysis modelling المستعملة في برنامج العناصر المتناهية EAL خلال التحليل الإنشائي. يحتوي النظام FEMOD على المعرفة الهندسية الخاصة باختيار العناصر المتناهية elements ، العقد nodes ، وتوليد وتعديل شبكات العناصر المتناهية mesh generation. يختار نظام FEMOD العناصر وفق المعطيات التالية: نوع المنشأ (هل هو آلية أو منشأ تحميل mechanism or load carrying structure) ، تقسيم المنشأ على شكل جملون truss أو على شكل هيكل من الكمرات والأعمدة beam frame assembly ، التحليل باستعمال طريقة الإجهاد في مستوى plane stress أو الانفعال في مستوى plane strain ، ونوع الأحمال (استاتيكية أو ديناميكية).

• النظام الخبير FEASA

يقوم النظام الخبير FEASA [١٦] ، ص ص ١١ - ٢١] بمساعدة المهندس المدني في مسائل التحليل الإنشائي وخاصة في النمذجة الفيزيائية physical modelling للمنشأ. ويحتوي هذا النظام على خبرة واسعة في هذا المجال بحيث بإمكانه إرشاد المهندسين في مسائل التحليل الإنشائي مثل طرق النمذجة وكيفية توليد الشبكات الخاصة بالعناصر المتناهية. وقد أنشأ هذا النظام باستعمال النظام الخبير الهيكلي SAVOIR.

• النظام الخبير PLASHTRAN

يقوم النظام الخبير PLASHTRAN [١٧، ص ص ٢٩١-٣٠٢] بتحليل وتصميم البلاطات plates والمنشآت القشرية shells وكذلك يساعد في استعمال برنامج العناصر المتناهية [MCS/Nastran] [١٧]. ويستعمل هذا البرنامج العناصر الثنائية البعد في التحليل الإنشائي. وقد أنشأ النظام PLASHTRAN باستعمال البرنامج LOOPS الذي هو عبارة عن لغة برمجة الكيانات المهيكلية object-oriented language التي تسمح بدمج هيكل البيانات مع القواعد الإنتاجية. إن نظام PLASHTRAN يساعد المستفيد في اختيار العناصر الملائمة، وأنواع الأحمال ومواد البناء وخصائصها وكذلك طريقة تسليح الأعضاء الخرسانية.

تطبيقات النظم الخبيرة في مجال التصميم الإنشائي Structural design application

• النظام الخبير INDEX

يقوم النظام الخبير INDEX [١٨] بتصميم المنشآت الصناعية industrial buildings وهو يتكون من عدة وحدات معرفة knowledge modules تتخاطب مع بعضها البعض عن طريق ما يسمى نظام اللوحة السوداء blackboard system. إن المعطيات والبيانات الأولية لهذا النظام هو التخطيط العام general layout للمبنى. إن قاعدة المعرفة في INDEX مقسمة إلى جزئين: الجزء الأول يحوى المعرفة والخبرة الخاصة بتصميم المباني، الجزء الثاني يحوى البرامج الحسابية وقوانين المواصفات القياسية الخاصة بالتصميم الإنشائي. وقد طور نظام INDEX باستعمال لغة برولوج Prolog.

• النظام الخبير SPEX

يقوم النظام الخبير SPEX [١٩] بتصميم الأعضاء الإنشائية باستعمال قوانين المواصفات القياسية. وهو يحتوى على ثلاثة أنواع من المعرفة: المعرفة المدونة في المواصفات، المعرفة الخاصة بمواد البناء والهياكل الإنشائية، والخبرة الموجودة عند المهندسين المحترفين

استراتيجية التصميم في هذا النظام غير مقيّدة بنوع واحد من دساتير المواصفات. وقد مثلت المعرفة باستعمال القواعد الإنتاجية والقوالب ولغة فورتران.

• النظام الحبير BRIDEX

يقوم النظام الحبير BRIDEX [٢٠، ص ص ٢٠٥ - ٢٠٩] بتصميم الجسور الخرسانية سابقة الإجهاد باستعمال طريقة الباع span by span method. قاعدة المعرفة في BRIDEX على شكل وحدات معرفة متصلة مع بعضها البعض، ومثلت المعرفة المخزنة باستعمال لغة برولوق وفورتران ولغة سي C. وقد طور نظام BRIDEX بلغة برولوق Prolog.

• النظام الحبير ADAIL

يقوم النظام الحبير ADAIL [٢١، ص ص ٢١١ - ٢١٧] بإرشاد المهندسين في اختيار الهياكل المعدنية المناسبة في تصميم المباني الصناعية ذات الطابق الواحد. ويقوم هذا النظام بحساب التكلفة التقريبية لتصميم الهيكل الواحد باستعمال طريقة نموذج عدم اليقين uncertainty model. وقد مثلت المعرفة باستعمال القواعد الإنتاجية والقوالب، وقد استعمل معامل اليقين المحصور ما بين الرقم ١- والرقم ١+ لتمثيل دقة effectiveness الحل، حيث إن الرقم ١- يعني أن التصميم غير مقبول والرقم ١+ يعني أن التصميم مقبول. وطور النظام ADAIL باستعمال النظام الحبير الهيكلي Arity Expert.

• النظام الحبير SDES

يقوم النظام الحبير SDES [٢٢] بتصميم البلاطات الخرسانية ذات الاتجاهين باستعمال طريقة التصميم المباشرة التي تركز على المواصفات الأمريكية ACI. وقد مثلت المعرفة في هذا النظام باستعمال القواعد الإنتاجية واستعملت قاعدة بيانات لتخزين خواص مواد البناء والبيانات الخاصة بالبلاطة. ويقوم النظام بتقويم كمية حديد التسليح اللازمة للبلاطة وعرض النتيجة على شكل رسومات إنشائية تبين مكان وضع حديد التسليح في البلاطة.

تطبيقات في تشخيص وتقييم الإنشاءات Design assessment & diagnosis

• النظام الخبير COBDA

يقوم النظام الخبير COBDA [٢٣، ص ص ١٥١ - ١٥٧] بتشخيص وتقييم الجسور الخرسانية المتضررة أو المتصدعة، وتعتمد طريقة التشخيص على العوامل التالية: نوع الضرر، عمق التصدع ودرجة الضرر في الجسر. وقد استعمل في نظام COBDA ثلاثة طرق لمعالجة عدم اليقين وهى: دليل الأداء performance index، المنطق الغامض fuzzy logic وطريقة بايز الاحتمالية Bayesian probability. تنقسم وسيلة الاستدلال في COBDA إلى جزئين: الجزء الأول يحتوى على نظام إدخال البيانات والعمليات الحسابية، ونموذج المنطق الغامض، الجزء الثاني يحتوى على الوصلة البيئية للمستخدم. وقد طور نظام COBDA باستخدام البرنامج PDC Prolog.

• النظام الخبير TRUSSEX

يقوم النظام الخبير TRUSSEX [٢٤] بمعاينة وتشخيص الجملونات الخشبية من نوع "وران" Warren، وهو يستعمل البرنامج المبني على الكيانات object-oriented language، المعرفة والخبرة حصلت من الخبرة الهندسية العسكرية والمواصفات القياسية الكندية. وتم دمج تقنيات النظم الخبيرة مع تقنيات النص المتشعب hypertext والبرمجة المبينة على الكيانات.

تطبيقات النظم الخبيرة في توثيق المواصفات القياسية Application to code processing

• النظام الخبير WINDLOADER

يقوم النظام الخبير WINDLOADER [٢٥] بتأويل وشرح قوانين المواصفات القياسية الخاصة بقوى الرياح المؤثرة على المباني في استراليا. وقد برمج هذا النظام باستعمال لغة برولوج Prolog. وقد مثلت المعرفة المخزنة فيه على شكل قواعد إنتاجية، معادلات

رياضية وجداول تفسيرية. ويقوم هذا النظام أيضا بتقويم كل اتجاهات قوى الرياح الممكنة وحساب محصلة القوى على واجهات المبنى. طور هذا النظام باستعمال البرنامج الهيكلي Crystal PC shell [٢٥].

• النظام الخبير FCA

يقوم النظام الخبير FCA [٢٦] بمعاينة المباني ضد خطر الحريق باستعمال قوانين المواصفات القياسية الخاصة بالوقاية ضد الحرائق في المباني. وقد مثلت المعرفة المعمارية الخاصة بالمبنى باستعمال القوالب المعرفية والقوانين ومثلت المواصفات القياسية باستعمال القواعد الإنتاجية، واستعملت الخوارزميات الهندسية لتمثيل المخطط الإنشائي للمبنى. تحتوي البيانات الأولية التي يحتاج إليها النظام FCA على المعلومات الخاصة بكل أجزاء المبنى مثل عدد الطوابق، أبعاد الأبواب، توزيع الغرف.. إلخ. وقد طور النظام FCA باستعمال البرنامج الهيكلي KEE.

تطبيقات في مجال التصميم لمقاومة الزلازل Seismic engineering application

• النظام الخبير SDA

يقوم النظام الخبير SDA [٢٧] بمساعدة المهندس الإنشائي لتحليل وتصميم المباني الخرسانية العالية تحت تأثير قوى الزلازل. ويستعمل النظام منهجية التحليل والتصميم ضد قوى الزلازل للمباني العالية باستعمال طرق التحليل المرنة وغير الخطية (الديناميكية). إن منهجية التحليل والتصميم تمثل القاعدة الأساسية للمعرفة الموجودة في قاعدة المعرفة. وقد طبقت هذه المنهجية لتحليل وتصميم مبنى يتكون من ٢٠ طابق من جدران القص الخرسانية المسلحة المتصلة ببعضها البعض coupled shear wall. وقد طور هذا النظام باستعمال لغة برولوج و فورتران.

• النظام الخبير PADEX

يقوم النظام الخبير PADEX [٢٨] بالتصميم المبدئي للمباني العالية تحت تأثير قوى الزلازل حسب المواصفات القياسية اليونانية. ويحوى نظام PADEX على الخبرة والمعرفة الموجودة في المواصفات القياسية وهي ممثلة على شكل قواعد إنتاجية. ويقوم PADEX بالتأكد من أن المبنى يحقق شروط التناظر أفقياً ورأسياً واختيار طرق التحليل الإنشائي الملائمة للمبنى وتقويم المعاملات المستعملة في حساب القوى الزلزالية، وكذلك يقوم بنصح المهندس المدني في اختيار أنسب الهياكل الإنشائية لمقاومة تأثير الزلازل. وقد طور هذا النظام باستعمال لغة Turbo Prolog.

• النظام الخبير AMADEUS

يقوم النظام AMADEUS [٢٩، ص ١٤١ - ١٥٠] بتقديم الاستشارة للمهندسين المدنيين على تقويم المباني التي تأثرت بفعل قوى الزلازل. وطريقة التقويم في نظام AMADEUS مبنية على قاعدة الخطر العام global risk التي تعتمد على القياس النوعي qualitative measure لأمان المباني تحت الملاحظة والكشف inspection. إن هذا النظام ينصح أويستنتج الإرشادات التالية بعد تقويم المبنى: مبنى قابل للإسكان habitable، مبنى قابل للإسكان مع بعض الاحتياطات provisions ومبنى غير قابل للإسكان not habitable. وقد مثلت المعرفة باستعمال القواعد الإنتاجية وقد أنشأ النظام باستخدام البرنامج البيكلي PcPlus الذي يستعمل لغة ليسب Lisp.

• النظام الخبير QUAKE

يقوم النظام الخبير QUAKE [٣٠، ص ٢٣٣ - ٢٣٩] بمساعدة المهندس الإنشائي في اختيار بيانات الزلازل الخارج من مجموعة من الزلازل المخزنة في قاعدة البيانات والتي تستعمل في التحليل الديناميكي للمنشأ. وتعتمد طريقة اختيار الزلازل الخارج على العوامل

التالية: نوع وأهمية المنشأ، نوع وقوة التربة، والخصائص الجيولوجية للموقع. وبحوى نظام QUAKE على قاعدة بيانات تحتوى على بيانات الزلازل السابقة التي حدثت في مواقع مختلفة.

فوائد النظم الخبيرة

Advantages of Expert Systems

إن النظم الخبيرة سوف تلعب دورا مهما في المساعدة على حل المسائل الهندسية التي تحتاج إلى الخبرة الميدانية بحيث إنها توفر تقنيات جديدة في علم الحاسوب والتي تسمح بحل المسائل التي تحتاج إلى الخبرة والتجربة والتأويل. ويمكن تلخيص فوائد النظم الخبيرة في النقاط التالية:

- إنشاء النظم الخبيرة يسمح بتخزين المعرفة والتجربة بحيث تكون جاهزة للاستعمال في أي وقت.
- النظم الخبيرة تساعد في اتخاذ القرارات لحل مسائل معينة في أقصر وقت ممكن وكذلك تسمح بثبات في الحلول.
- النظم الخبيرة يمكن أن تساعد في توضيح الفجوة ما بين النظريات الهندسية وتطبيقاتها في الميدان مما يؤدي إلى إنشاء نظم حاسب موثوق بها.
- يمكن استعمال النظم الخبيرة في تدوين قوانين المواصفات القياسية code of practice بحيث تصبح سهلة الفهم.
- يمكن أن تتفوق النظم الخبيرة على الإنسان في الاستعمال الاعتيادي والتكراري للمعرفة لأن النظم الخبيرة ليس لها خاصية النسيان أو التعب ويمكن أن تستعمل المعرفة بدقة وأن توفر حلول في أي وقت.
- النظم الخبيرة يمكن أن تحاكي (نسبيا) الإنسان الخبير في طرقه لحل المسائل وفي اتخاذ القرارات.

- النظم الخبيرة تفوقت في حل (نسبياً) مسائل التصميم المفاهيمية conceptual design التي هي صعبة الحل باستعمال برامج الحاسوب التقليدية.

تقييدات النظم الخبيرة

Limitations of Expert Systems

- وصفت النظم الخبيرة بأنها من أهم فروع الذكاء الاصطناعي فهي كذلك لها بعض النواقص ومن أهمها التي ذكرها Fennes [٣١، ص ١ - ١٩] وهي:
 - معظم النظم الخبيرة الحالية تتصف بأنها ساكنة static أي أنها لا يمكن أن تغير من "سلوكها" خلال حلها للمسائل.
 - المعرفة المخزنة في النظم الخبيرة تكون بصفة عامة محدودة حيث إنها تمثل خبرة شخص واحد أو عدد قليل من الأشخاص في مجال محدد.
 - تقنيات النظم الخبيرة الحديثة ما زالت عاجزة عن معالجة بعض المسائل التصميمية design المعقدة.
 - النظم الخبيرة لا يمكن أن تتحلّى بقابلية تكوين الآراء التي تعكس التفكير السليم common sense أو "الحياة اليومية" التي يتصف بها الإنسان حين يستعملها خلال حله للمسائل.
 - النظم الخبيرة غير قادرة على الإبداع الهندسي engineering creativity.

إن بزوغ تقنيات جديدة في مجال الذكاء الاصطناعي مثل التفكير القياسي reasoning by analogy والحاسوب المتعلم (أو تعلم الآلة) machine learning والشبكات العصبية الاصطناعية artificial neural network سوف تلعب دوراً كبيراً في مساندة وتقوية النظم الخبيرة إذا دجت معها. يهتم التفكير القياسي أو الاستنتاج بالتناظر بحل المسائل باستعمال مجموعة واسعة من حلول سابقة تمثل الخبرة في نفس المجال وأخذ الحالة أو الحل الأكثر

مطابقة أو ملاءمة للمسألة المراد حلها. تعتبر الشبكات العصبية الاصطناعية فرع جديد من البرمجة التي تختلف عن البرمجة الحاسوبية والبرمجة الرمزية وهي مازالت في طور البحث. لقد استعملت الشبكات العصبية في مجال ميكانيكا الإنشاءات structural mechanics [٣٢، ص ١٦٨ - ١٧٦] لاستنتاج العلاقة بين الحمل load والإزاحة displacement بدون حساب مصفوفة الصلابة stiffness matrix وذلك باستعمال طريقة التعلم الذاتي self-learning.

الخلاصة

لقد عرض هذا البحث مفهوم تقنيات الذكاء الاصطناعي والنظم الخبيرة وتطبيقاتها في مجال الهندسة الإنشائية. ويمكن القول إن تطبيقات النظم الخبيرة في الهندسة الإنشائية أصبحت في مرحلة متقدمة وسوف تلعب دورا مهما في المستقبل في دعم وتطوير برامج الهندسة الإنشائية. ويمكن اعتبار النظم الخبيرة مكملة لبرامج الحاسوب التقليدية. لقد ساهمت النظم الخبيرة في تخزين وتبادل المعرفة والتجربة الهندسية بحيث أصبحت متوافرة للمهندسين. وكذلك تساعد النظم الخبيرة المهندسين في أخذ القرارات اللازمة خلال مراحل التصميم الإنشائي.

إن النظم الخبيرة التي أنشئت أو طورت إلى يومنا هذا في مجال الهندسة المدنية لعبت أدوارا مهمة نذكر منها:

- توثيق الخبرة الموجودة عند خبراء الهندسة المدنية وكذلك المعرفة الموجودة في نظم ممارسة العمل code of practice مما يؤدي إلى سهولة استعمال وتبادل المعرفة.
- تضيق الفجوة بين الأبحاث النظرية والخبرة التطبيقية بحيث تصبح هذه الخبرة متوافرة لدى مهندسين أقل خبرة وهذا يؤدي إلى إنتاج تصاميم هندسية موثوق بها وأكثر دقة.
- تعتبر النظم الخبيرة أداة أو وسيلة قوية لتخزين واستعمال كميات كبيرة من المعرفة والخبرة الهندسية بحيث تصبح جاهزة للاستعمال في أي وقت من طرف مهندسين أقل خبرة.

- توفير الدقة والأمان في التصميم الإنشائي structural design.
- إدماج المعالجة الرمزية symbolic processing مع المعالجة الحسابية numeric processing من أجل إنشاء برامج حاسب يمكن بها توفير حلول لمسائل التحليل والتصميم الإنشائي.
- مساعدة وتدريب طلبة الجامعات في تعلم أسس التحليل والتصميم الإنشائي وفي اختيار النماذج التحليلية analytical models أثناء القيام بالتحليل الإنشائي وفي تأويل نتائج هذا التحليل analytical results.
- إن تقنيات النظم الخبيرة سوف تلعب دورا مهما في تسهيل نقل وتبادل المعلومات والمعرفة الهندسية بين المهندسين على مختلف مراحل التصميم الإنشائي، وبالتالي المساعدة في بلورة وتمثيل المعلومات الهندسية بشكل صيغة موحدة بحيث يمكن فهمها من طرف برامج الحاسوب المختلفة.
- دمج النظم الخبيرة مع الشبكات العصبية الاصطناعية لتحليل المعطيات التي تدخل على النظم الخبيرة. وكذلك سوف تستعمل في تقويم طرق الاستدلال عن طريق توفير برامج رياضية.

المراجع References

- [١] Turban, F. *Expert Systems and Applied Artificial Intelligence*. NY: Macmillan, 1992.
- [٢] Waterman, D. A. *A Guide to Expert Systems*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1986.
- [٣] Mockler, R. J. and Dologite D. G. *An Introduction to Expert Systems*. New York: Macmillan Publishing, 1992.
- [٤] Gasching, J; Reboh, R. and Reiter, J. "Development of a Knowledge-Based System for Water Resources Problems" *SRI Project Report 1629*. SRI Stanford Research Institute, Stanford University, USA, August (1982).
- [٥] Shortliffe, E. H. *Computer-Based Medical Consultations: MYCIN*. New York: American Elsevier, 1976.
- [٦] Duda, R. O. et al. "A Computer-Based Consultant for Mineral Exploration." *Final Report SRI Project 6415*. SRI International, Stanford University, USA (1979)
- [٧] Clocksin, W. F. and Mellish C. S. *Programming in Prolog*, 3rd revised and extended edition. NY: Springer-Verlag, 1987.

- Adeli, H. "Expert Systems Shells." in *Expert Systems in Construction and Structural Engineering*, (Ed. H. Adeli). England: Chapman and Hall, 1988. [۱۸]
- Anna, Hart "Knowledge Elicitation: Issues and Methods." *Journal of Computer-Aided Design*. Springer-Verlag, NY, Vol. 17, No. 9 (1985). 455-561. [۱۹]
- Maher, M. I. and Fennes, S. J. "HI-RISE: A Knowledge-Based Expert System for the Preliminary Structural Design of High Rise Building." *Report No. R-85-146*, Dept. of Civil Engineering, Carnegie-Mellon University, Pittsburg, Pennsylvania, USA (1985) [۱۱۰]
- Rychener, M. D. "PSRL: An SRL-Based Production Rule System." *Reference Manual*, Pittsburg: Carnegie University, 1984. [۱۱۱]
- Maher, M. *Expert Systems for Civil Engineers: Technology and Application*. New York: ASCE. American Society of Civil Engineers, 1987. [۱۱۲]
- Hutchinson, P.J.; Rosenman, M. A. and Gero, J. S. "RETWALL: An Expert System for the Selection and Preliminary Design of Earth Retaining Structures." *Knowledge-Based System*, Springer-Verlag, London, Vol. 1, No. 1, December (1987), 11-23. [۱۱۳]
- Bennet, J.; Creary, L.; Englemore, R. and Melosh, R. "SACON: Knowledge-Based Consultant for Structural Analysis." *Report STAN-CS-78-699*, Stanford University, Palo Alto, California (1978). [۱۱۴]
- Chen, J. L. and Hajela, P. "FEMOD: A Consultative Expert System for Finite Element Modelling." *Computers & Structures*, Springer-Verlag, London, Vol. 29, No. 1 (1988). 99-109. [۱۱۵]
- Ian, I. Taig "Expert Aid to Finite Element System Application." Application of Artificial Intelligence to Engineering Problems. D. Sriram and R. A. Adey (Eds.). London: Springer-Verlag, 1986. [۱۱۶]
- Schmitt, G. "Architectural Pre-Processor for Engineering Expert Systems." in *Proceeding of the IABSE Colloquium Expert Systems in Civil Engineering*, International Association for Bridges and Structural Engineering, Italy: Bergamo, 1989. [۱۱۷]
- Kumar, B. and Topping, B. H. V. "INDEX: An Industrial Building Design Expert." *Civil Engineering System*. Gordon & Breach Science, Malaysia, Vol. 5, No. 2, June (1988), 65-76. [۱۱۸]
- Garret, J. and Fennes, S. J. "A Knowledge-Based Standards Processor for Structural Component Design." *Engineering with Computers*. Springer-Verlag, London, 2(219), (1987), 219-238. [۱۱۹]
- Sundaram, H. J.; Burgoyne, C. J. and Jayasinghe, M. T. R. "Development of an Expert System for the Design of Prestressed Concrete Bridges." in *Developments in Artificial Intelligence for Civil and Structural Engineering*, B. H. V. Topping (Ed.). Edinburgh: CIVIL-COMP Press, 1995. [۱۲۰]
- Tizani, W. M. K., Davies, G., and Whitehead, A. S. "A Knowledge-based Expert System to Advice on the Selection of Cost Effective Steel Frames for Single Storey Industrial Buildings." In *Developments in Artificial Intelligence for Civil and Structural Engineering*, B. H. V. Topping (Ed.). Edinburgh: CIVIL-COMP Press, 1995. [۱۲۱]
- Mo, Y. L. and Shih, K. H. "Two-Way Design Expert System." *Journal of Practice Periodical on Structural Design and Construction*. ASCE, American Society of Civil Engineers, New York, Vol. 2, No. 3, August (1997), 95-97. [۱۲۲]
- Cabrera, J. G.; Kim, K. S. and Dixon, R. "COBDA: An Expert System for the Assessment of Deterioration of Concrete Bridges." In *Developments in Artificial Intelligence for Civil and Structural Engineering*, B. H. V. Topping (Ed.). Edinburgh: CIVIL-COMP Press, 1995. [۱۲۳]
- Foo, H. C. and Akhras, G. "A Knowledge-based System for the Damage Assessment of Timber Trusses." *Proceedings of the fifth Int. conference on computing in civil and building engineering*, ASCE, New York, 1993, 781-789. [۱۲۴]
- Sharpe, R. and Marksjo, B. "Expert Systems for Engineering Codes." in *Proceedings of the* [۱۲۵]

- IABSE Colloquium Expert Systems in Civil Engineering*, IABSE, International Association for Bridges and Structural Engineering, Bergamo, Italy, 1989, 383-391.
- Delis Ethymios, A. and Delis, A. "Automatic Fire-Code Checking Using Expert Systems Technology." *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, New York, Vol. 9, No. 2 (1995), 141-156. [٢٦]
- Berrais, A. and Watson, A. S. "A Knowledge-Based Design Tools to Assist in Preliminary Seismic Design." *Microcomputers in Civil Engineering*, Elsevier Science, NY, No. 9 (1994), 199-209. [٢٧]
- Avramidis, I. E.; Manolis, G. D. and Andreadakis, M. G. "PADEX - A Preliminary Anti-seismic Design Expert System." *Proceedings of the Computing in Civil and Building Engineering*, Pahl & Werner (Eds), Balkema, Rotterdam, 1995, 215-220. [٢٨]
- Pagnoni, T.; Tazir, Z. and Gavarani, C. "AMADEUS: A Knowledge-based System for the Assessment of Earthquake Damaged Buildings." *IABSE Expert Systems in Civil Engineering*, Colloquium: Bergamo, 1989. [٢٩]
- Dussom, K.B.; Hadj-Hamou, T., and Bakeer, R. M. "QUAKE: An Expert System for the Selection of Design Earthquake Accelerogram." in *Artificial Intelligence Techniques and Applications for Civil and Structural Engineering*, B. H. Topping (Ed.), Edinburgh, CIVIL-COMP Press, 1989. [٣٠]
- Fenves, S. J. "Expert Systems: Expectations Versus Realities." *Expert Systems in Civil Engineering*, Colloquium, IABSE, International Association for Bridges and Structural Engineering, Italy: Bergamo, 1989. [٣١]
- Rehak, DR.; Thewalt, C.R. and Doo, L. B. "Neural Network Approaches in Structural Mechanics Computations." in *Computer Utilization in Structural Engineering*, James K. Welson, Jr. (Ed.), NY: ASCE, 1989. [٣٢]

Expert Systems Technology in Structural Engineering: An Overview

A. Berrais

Construction Department, Abha College of Technology,
P.O. Box 238, Abha, Saudi Arabia

(Received 18/11/1997; accepted for publication 2/3/1998)

Abstract. It is well known that structural engineering is one of the pillars of modern civilization. It has contributed to the development of modern structures, which reflect the progress of this field. The design of any structure involves many iterations of several knowledge-intensive stages. When creating computer-aided tools for assisting structural engineers, we must consider several aspects of this domain. The application of artificial intelligence and expert system technology to civil engineering problems is growing rapidly. Many expert system applications have been developed to assist civil engineers in solving wide range of problems.

This paper begins with a brief introduction to the concept of artificial intelligence and expert systems technology and their role in structural engineering. System architecture, programming tools, knowledge acquisition, and comparison with conventional programs are briefly presented. Then a brief overview of the application of expert systems technology to structural engineering is presented with reference to some of the latest applications. The prototype applications in structural engineering include: conceptual design, structural analysis and design, damage assessment and diagnosis, interpretation of codes of practice and design documentation. The paper concludes with a demonstration of the potential of expert systems technology, its limits, and future directions for the progress of structural engineering discipline.

Keywords. *Artificial intelligence, expert systems, structural engineering.*