نظام خبرة لتشخيص الشروخ في المباني الخرسانية باللغة العربية

سعيد بن حسن المصري[١]، عبدالله بن محمد الصقير[٢]، عبدالرحمن بن حسن ال الشيخ[٣]

١. مدير التخطيط الاستيراتيجي بتقنية المعلومات، شركه الاتصالات السعوديه
٢. أستاذ مساعد، هندسه وإدارة التشييد، جامعة الملك سعود
٣. وكيل الامين لشئون الخدمات, امانة مدينة الرياض

الملخص

تعرض هذه الورقة البحثية نتائج دراسة تمت لتطوير نظام خبرة لتشخيص الشروخ في المباني الخرسانية باللغة العربية. وقد تم استخلاص خبره هذا النظام من الكتب المتخصصة و الدوريات و الحالات الفعلية الموثقة عند وزارة الأشغال العامة و الإسكان و مقابلة الخبراء في هذا المجال. يقوم النظام بتشخيص الشروخ الخرسانية التي تظهر علي الأعضاء الخرسانية في المبني و التي تشمل الأساسات و الأعمدة و الكمرات و بلاطات الأسقف. تشمل الشروخ التي يشخصها نظام الخبرة في الأساسات ستة أنواع من الشروخ الراسية والعشوائية، وفي الأعمدة ستة أنواع من الشروخ الرأسية والأفقية والعشوائية، وفي الكمرات ثمانية أنواع من الشروخ الراسية و الأفقية والمائلة (القطرية)، وفي بلاطات الأسقف سبعه أنواع من الشروخ الطولية و العشوائية.

لقد صمم نظام الخبرة علي أن يكون سهل الاستخدام و تفاعلي مع المستخدم و بنفس الوقت باللغة العربية حتى يمكن الاستفادة منه من قبل شريحة كبيره من المهندسين. إن طريقة عمل النظام تقوم على أساس اتباع نفس النهج الذي يتبعه الخبير لتحديد أسباب الشروخ في المباني الخرسانية. تشمل خطوات الاستشارة الهندسية من البرنامج أن يطلب البرنامج من المستخدم تحديد العضو الخرساني الذي فيه الشرخ. ثم يعرض البرنامج عدد من الصور للشروخ الخرسانية و يطلب من المستخدم اختيار إحداها الذي يماثل الشرخ المراد تشخيصه. وبعد ذلك يقوم البرنامج بطلب معلومات تفصيلية عن الشرخ والتي قد تتضمن إجراء اختبارات للخرسانة و إدخال نتائجها للبرنامج. و بعد أن يحصل البرنامج علي المعلومات الكافية يقوم بتشخيص الشرخ.

لقد طور البرنامج باستخدام بيئة تطوير أنظمة الخبرة Level 5 Object والذي يدعم اللغة العربية بشكل كامل وهو ما قد يمثل سابقة في هذا المجال حيث أن اغلب الأنظمة الحالية لا تتوفر بها هذه الميزة. وقد طور بحيث يستخدم في الحاسبات الشخصية من قبل المهندسين.

كلمات دالة : الشروخ الخرسانية , الأعضاء الخرسانية , نظام الخبرة

ABSRTACT

This paper presents results of a study that was done to develope an arabic expert system for diagnosing cracks on concrete buldings. The knowledge base for the system was extracted from specialized books, journals, actual case studies from Minstry of Housing and Public Works, and meeting experts in the domain. The system is designed to diagnose concrete cracks that appear on the following building's structural members: foundations, columns, beams and roof slabs. The system diagnosis six types of vertical and random cracks in foundation, six types of vertical, horizontal and random cracks in columns, eight types of vertical, horizontal and diagonal cracks in beams, and seven types of longitudinal and random cracks in roof slab.

The system is designed to be user frindly , interactive, and support arabic language so it could be used by wide range of local engineers and speciliasts. The consultation sesion of the system follows the same procedure used by the expert. First, the user is required to specify the cracked concrete member. The system, then, presents several pictures of different kinds of concrete cracks and request the user to select the picture that is similar to the diagnosed crack. Following that the system requests detailed information about the crack which may include performing concrete tests. The expert system will diagnose the crack after obtaining the required information about the crack.

The expert system is developed using Level 5 Object which supports arabic language. This feature makes it possible to use arabic language in both the intearction with the user and writing the program which is considered to be unique in this field.

١ - مقدمه

تعتبر الشروخ من أهم أنواع العيوب التي تعاني منها المباني الخرسانية وأكثرها انتشارا وتسببا في حدوث الانهيارات والكوارث وذلك على الرغم من التطور الحاصل في مجال البناء والاهتمام بجودة التصميم وحسن التنفيذ. فقد تم خلال الاعوام الماضيه استثمار مبالغ طائلة في إنشاء أعداد ضخمه من المباني الخرسانية التي كلفت البلايين. تتعرض هذه المباني مع مرور الوقت للعديد من العوامل سواء كانت طبيعية (كالتقادم الزمني) أو غيرها تجعلها عرضة لهذه الشروخ والتصدعات المصاحبة لها مما يترتب عليه إهدار للأموال وقد يكون الأرواح ايضا في حالة انهيارها نتيجة لهذه الشروخ. لذا فانه يكون من الضروري اتخاذ كافة السبل لمعالجة الشروخ والذي يعتمد بصورة اساسية على تشخيص الاسباب المؤدية لها ممايؤدي بدوره في المحافظة على هذه المنشاءات وسلامتها من مخاطر هذه الشروخ خلال فترة استخدامها حفاظا على تلك الأموال التي أنفقت في تشييدها والأرواح التي تستخدمها. إن التشخيص السليم لا سباب الشروخ في المباني الخرسانية يعتبر من المهام الشاقة ويجب إن يخضع لأسلوب منهجي يأخذ في الحسبان كافة الأسباب والعوامل الممكنة لحدوث الشروخ حتى يتم القيام به على الوجه الصحيح وذلك نظرا لتنوع هذه الشروخ وتشابه صورها وأشكالها. هذه المهمة يجب إن يقوم بها اشخاص ذوو خبره ودراية واسعة في ترميم واعادة تأهيل المنشاءات. إن الطريقة التي يتم بها تشخيص الشروخ في المباني الخاضعه للتصدعات على المستوى المحلي قد لا يكون دقيق بالقدر الكافي فهي تتم وفقا لنهج تقليدي يعتمد في اغلب الأحيان على التخمين والتقدير الشخصي للاسباب الظاهرية دون

النظر والاهتمام الكافي بمسببات تلك الشروخ. ويترتب على ذلك في العديد من الاحيان تشخيص خاطىء للاسباب وينعكس ذلك حتما على أي وسيلة لمعالجة الشروخ.

ونتيجة لهذا الوضع فقد دعت الحاجة الىالبحث عن انظمة وبرامج تساعد في عمليات التشخيص تدعم المختصين في مجال ترميم واعادة تأهيل المنشاءات الخرسانية ومن في حكمهم وذلك نظرا للانتشار الواسع لهذه المباني محليا. وفي هذا الإطار تأتي هذه الورقة البحثية التي تعرض نتائج دراسة تمت لتطوير وسيله للتقليل والتخفيف من المشاكل القائمة في هذا المجال من المنظور المحلي لبيئة المملكة والذي يتمثل في نظام خبرة لتشخيص الشروخ في المباني الخرسانية باللغه العربيه ليسهل استخدامه من قبل اكبر شريحه ممكنة من المختصين بهذا المجال بغرض الاستفادة منه من قبل كافة القطاعات.

إن عملية تشخيص أسباب الشروخ في المباني الخرسانية تعتبر عملية شاقة ذات طابع معقد وهي غالبا تأتي في اطارأسلوب منهجي يشمل تقييم المنشاءة الجاري ترميمها بهدف الوقوف على حالتها والتعرف على الشروخ الموجودة بها وبالتالي محاولة تشخيص أسبابها (ابو المجد وغيره،١٤١٣هـ). ويقوم بهذا الدور غالبا الخبير في المجال الذي تتولى انظمة الخبرة محاكاته من خلال امكاناتها التي تتميز بها في حل المشكلات المعقدة. وقد حظيت تطبيقات الذكاء الإصطناعي (ومنها انظمة الخبرة) في مجالات التشخيص باهتمام الباحثين وذلك لمقدرتها في حل كثير من المشكلات لاسيما ذات الطابع المعقد وتعتمد على الخبرة البشرية التي قد تكون نادرة في كثير من الأحيان وتعتبر الأساس في حل هذه المشكلات(زين العابدين وشرف الدين ١٤١٩هـ). وقد تم تطوير عدد من أنظمة الخبره لتشخيص الشروخ الخرسانيه و منها نظام خبره لتشخيص عيوب الخرسانة سمي CONCEX (حامد ،١٩٩٣). تم تطوير هذا النظام لتشخيص عدد محدود من عيوب الخرسانة المتكررة الحدوث (٦ عيوب فقط) في الأسقف، و الكمرات والأعمدة ولم يتضمن هذا النظام منهجية محددة لتصنيف الشروخ. و تم تطوير نظام خبره يسمى (EXOBDR - Expert System On Building Diagnosis and Repair) لتشخيص وإصلاح عيوب الأسقف والكمرات بالمباني الخرسانية في سنغافوره (Koo et. al. 1993). وكذلك تم تطوير نظام أطلق عليه (REPCON) (An Expert System For Building Repair) (Kalyanssundram et. al. 1990) يقوم بتشخيص عيوب المباني وطرق إصلاحها. وتنحصر تطبيقات النظام على الأنواع التالية من العيوب: التشققات الخرسانية، تفكك أجزاء الخرسانة وسقوطها، تشققات أعمال البلوك، الرطوبة و تسربات الماء ولم يتطرق النظام إلى الأعضاء الخرسانية التي تظهر عليها هذه العيوب. وفي نفس الاطار تم تطوير نظام WADI وهو نظام خبره تم تطويره للتشخيص المبدئي لتدهور الحوائط الساندة (Chahine et. al. 1987) . وفي مشروع بحث لزين العابدين وغيره (١٤١٩هـ) تم تطوير أسس نظام المعرفة لتقويم تشققات الخرسانة والأضرار بالمباني في المملكة العربية السعوديه، وذلك لإيجاد نظام يدمج تقنيتي قواعد البيانات وأنظمة الخبرة لمحاكاة دور الخبراء في تقويم تصدعات المباني والحكم عليها.

٢- تطوير نظام الخبرة لتشخيص الشروخ في المباني الخرسانية

لقد مر تطوير نظام الخبرة لتشخيص الشروخ في المباني الخرسانية (المصري ، ١٤٢٠) (Expert System for Diagnosing Cracks in Concrete Building (ESDCCB)) بالعديد من الخطوات خلال مرحل تطويره. تتكون مراحل تطوير هذا نظام والتي يشار اليها بدورة حياة أنظمة الخبرة (Expert System Life Cycle) من الخطوات الآتية:

٢-١ تعريف المشكلة (Identification)

يتم في هذه الخطوه توضيح الاهداف والتعرف على أهم خصائص المشكلة و تحديد الموارد المطلوبة (مصادر المعرفه، امكانيات حاسوبية ،موارد مالية..الخ) والمشاركين في بناء النظام وادوارهم (مهندس المعلومات، الخبير) وكذلك نطاق الدراسه والذي يتضمن تشخيص الأسباب لشريحة معينة من أهم أنواع شروخ المباني الخرسانية الشائعة التي تظهر على أعضاء المبنى الخرسانية الكمرات و الأعمدة و الأساسات و بلاطات الأسقف. وقد تم تحديد عينة الشروخ التي سيتعامل معها النظام وتتكون منها قاعدة المعرفة وهي موضحة بجدول (١) بالنسبة للشروخ الخاصة بالكمرات.

جدول ١: الشروخ التي تظهر على الكمرات

أتجاه الشرخ	نوعه
الشروخ الرأسيه	شرخ رأسي رقم ١ شرخ رأسي رقم ٢ شرخ رأسي رقم ٣
الشروخ الافقيه	شرخ افقي رقم ١ شرح افقي رقم ٢
الشروخ المائله	شرخ مائل رقم ١ شرخ مائل رقم ٢ شرخ مائل رقم ٣

وكذلك تم في هذه الخطوه أختيار بيئة التطوير المناسبه. وقد تم أختيار برنامج Level 5 Object كبيئة تطوير لنظام ESDCCB نظرا لامكانية استخدامه في مجال كبير من التطبيقات سواء كانت عادية أو معقدة؛ و لايحتاج الى خبرة كبيرة في البرمجة؛ ويعتبر أداة تطوير ونقل في نفس الوقت، حيث أنه بمجرد إنشاء تطبيق معين يمكن نقلة بسهولة الى المستخدمين؛ ويوفر خصائص فريدة من نوعها للتعامل مع المشاكل ذات الطابع التشخيصي في العديد من المجالات من خلال أدواته ووسائله المتعددة التي توفر الدعم المطلوب لهذا النوع من المشاكل؛ بالاضافه الي امكانيه صياغه قاعدة المعرفه و واجه المستخدم باللغه العربية.

٢-٢ التصور أو الادراك Conceptualization

تم في هذه الخطوه تحديد الافكار والعلاقات الرئيسيه التي تساهم في القيام بعملية التشخيص وكذلك تم صياغة المعلومات عن العناصر والعلاقات المتعلقه بكل عضو انشائي والشروخ التي تظهر عليه بعبارات تساهم في التشخيص كما هو موضح بجدول (٢).

بعـد تحديـد العناصر المطلوبه للشروخ تم استنباط المعرفة لها وهو مايشار اليه بعملية اكتساب المعرفه (Knowledge Acquisition). وقد تمت هذه العملية من خلال مراجعة ماهو متوفر من المراجع والدوريات والكتب المتخصصه بالاضافه الى الاطلاع على حالات موثقه موجوده بوزارة الاشغال العامه والاسكان. وكذلك مقابلة الخبراء في مجال الترميم والصيانه والتعرف على خبرتهم في المجال. بعد ذلك تم القيام بدراسة وتحليل المعرفة المكتسبه عن

كل شرخ للوصول الى الصيغة المناسبة لعرضها بالنظام ومن ثم تم توثيق هذه المعرفة في قوائم منفصلة لكل شرخ اشير اليها بحالات الشروخ و تشتمل هذه الحالات على منهجية التشخيص التي يعتمد عليها النظام. ويوضح جدول (٣) حالة شرخ يظهر على الكمرات. المعلومات الموثقة بحالات الشروخ تمثل كافة المعلومات عن الشرخ والتي تم استخلاصها من جميع مصادر المعرفة وتم صياغتها وفقا لنفس النمط الذي يتبعه الخبير للقيام بهذه المهمة.

جدول ٢: العناصر المتعلقة بالشرخ

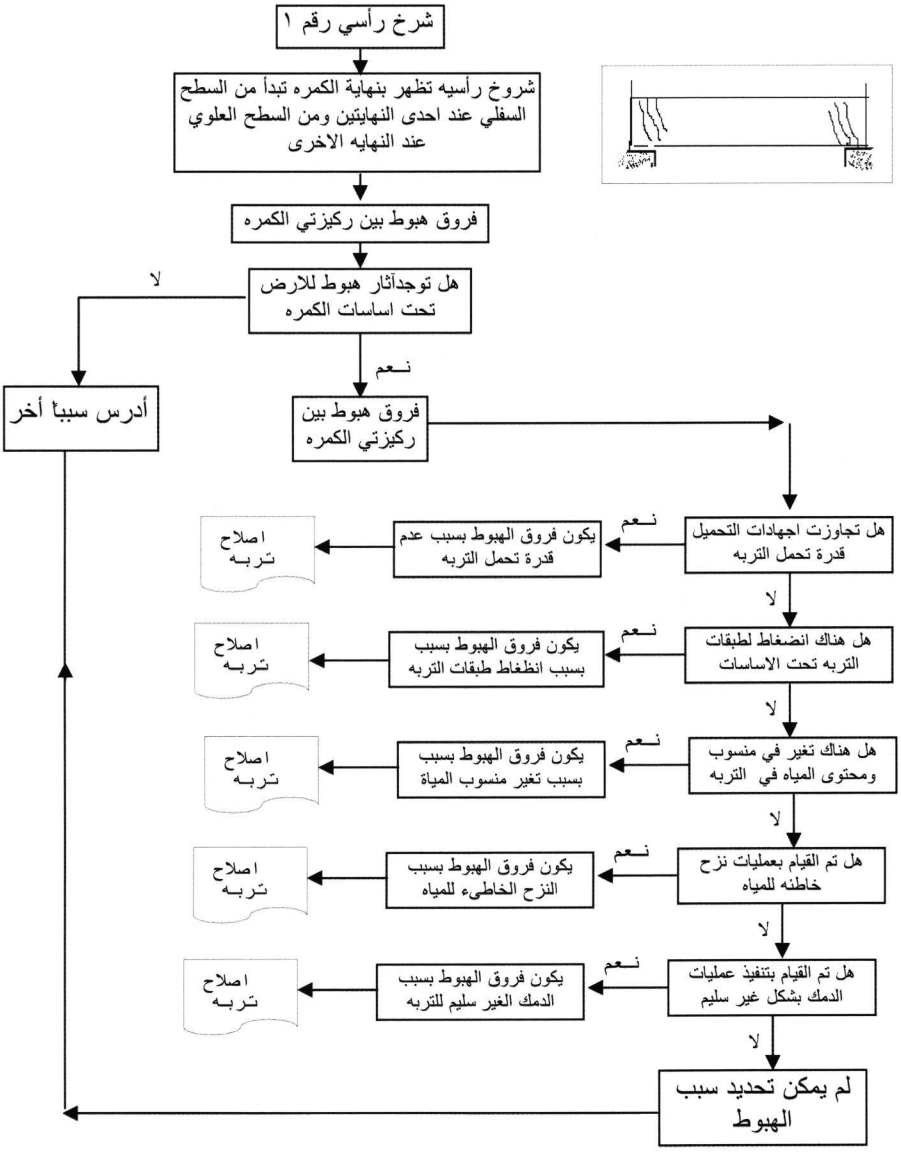
العنصر	الوصف
العضو	العضو الانشائي المتصدع .
التصنيف	تصنيف الشرخ حسب اتجاهه .
العيب(الشرخ)	نوع العيب (الشرخ) .
الاعراض	وصف الشرخ والسمات المتعلقه به .
الاسباب	الاسباب المحتمله لحدوث الشرخ .
الفحوصات	حقائق يتعين التأكد منها لتشخيص الاسباب بشكل قطعي.
التشخيص	سبب او مجموعه من الاسباب الاكثر احتمالا للعيب .

٢-٣ تنظيم المعرفة Formalization

تتضمن هذه الخطوة التعبيرعن الأفكار الرئيسية والعلاقات التي تم التطرق اليها في المرحلة السابقة وتحسينها (عرض المعرفة). وذلك من خلال استخدام أسلوب عرض بياني للافكار والعلاقات بواسطة مايسمى بشجرة القرارات (Decision Tree) أو المخطط الانسيابي للوصول الى القراروتحقيق النتائج المطلوبة. تم اعداد المخططات الانسيابية لنظام الخبرة ESDCCB والتي ينتهجها النظام للقيام بمهمة التشخيص والوصول الى القرار المطلوب من واقع حالات الشرخ التي تم تطويرها في المرحلة السابقة وتتضمن منهجية عملية التشخيص بالنظام. يوضح شكل(١) شجرة القرارات لشرخ رأسي يظهر على الكمرة.

جدول ٣: حالة شرخ رأسي رقم١ في كمرة

الاعراض	شروخ رأسيه عند نهايتي الكمره تبدأمن السطح السفلي عند احدى النهايتين ومن السطح العلوي عند النهايه الاخرى.
الاسباب المحتمله	فرق هبوط بين ركيزتي الكمره .
المكان	اسفل واعلى نهايتي الكمره .
الملاحظات	مجاوره،اشجار كبيره،مجاري مياه ، تسرب مياه من شبكات تغذيه ونحوه ،عمليات نزح مياه خاطئه ، اهتزازات لمعدات ثقيله او نحوه
الفحوصات/ملاحظات اخرى	- هل يمكن ملاحظة آثار هبوط للارض بالمنطقه المحيطه للعضو ؟ - بدراسة المنطقه المحيطه للعضو هل يمكن ملاحظة ايا من العوامل الاتيه: – هل يوجد حفريات بالمنطقه ؟ أو هل تم تنفيذ عملية الردم ودمك التربه بطريقه غير سليمه ؟
الاختبارات	اختبار تحليل نوع التربه –للتأكد من نوعية التربه وخصائصها.



شكل (١) – شجرة القرارات لشرخ رأسي رقم١-كمرات

٢-٤ صياغة البرنامج والتطبيق-(Implementation)

يتم في هذه المرحلة تحويل وصياغة محتويات المعرفة المنسقة بالمخططات الانسيابية إلى مجموعة قواعد Rules)) يتم إدخالها إلى الحاسب للقيام بمهمة التشخيص. تعتبر القواعد الشرطية (IF-THEN Rules) من اشهر الطرق التي يمكن من خلالها تمثيل المعرفة في قواعد البيانات للقيام بحل المشكلات. كما أن هناك وسائل أخري تؤدي نفس لغرض مثل الأساليب (Methods) وهي عبارة عن مجموعة من الأوامر المرتبطة بعناصر المشكلة. توفر بيئة تطوير L5OBJECT كلا الوسيلتين لتمثيل المعرفة والقيام بعملية معالجة البيانات بالحاسب للوصول إلى القرارات المطلوبة

وقد تم هنا استخدام طريقة (WHEN-CHANGED Method) لاعداد برنامج النظام و يعتمد هذا الاسلوب على منهجية التسلسل الأمامي(Forward chaining) في البحث في قاعدة المعلومات. و يتطلب تعريف الصنف (الشرخ) والخصائص (أتجاه الشرخ) و الحدث (أفقي).

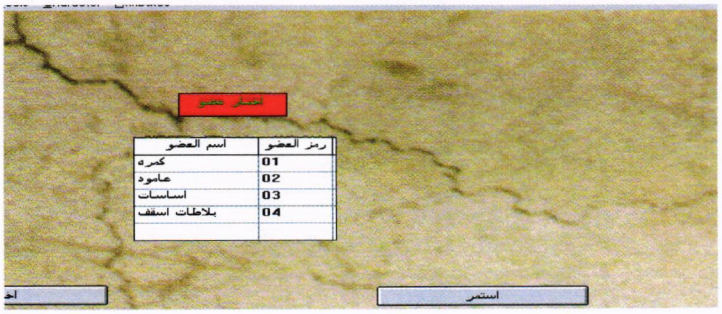
٣- تطبيق عملي على استخدام البرنامج (حالة دراسية)

تعتمد طريقة عمل برنامج ESDCCB أساسا على وجود تفاعل مشترك بين المستخدم والنظام والذي يقوم بنفس الدور الذي يقوم بة الخبير في عملية تشخيص أسباب الشروخ. يبدأ النظام بإعطاء المستخدم مجموعة من الخيارات وهي عن نوع العضو الخرساني الذي تظهر علية الشروخ وعن التصنيف الرئيسي للشرخ (شروخ رأسية، أفقية، مائله٠٠ الخ) وعن نوع الشرخ وأعراضه، ثم يقوم النظام باقتراح أسباب محتملة للشرخ بناء على اختيارات المستخدم. بعد ذلك يبدأ النظام في عملية التشخيص للشرخ بتوجية أسئلة للمستخدم وفقا للإجابات التي يتلقاها منه إلى أن يتم تشخيص السبب ومن ثم بناء علية يقترح الإصلاح المناسب. و فيما يلي خطوات أستشاره برنامج الخبره لتشخيص شرخ في كمرة:

١- بعد تشغيل البرنامج تظهر شاشة العنوان للبدء باستخدام النظام يتم اختيار مفتاح الاستمرار كما هو موضح بالشكل (٢) .

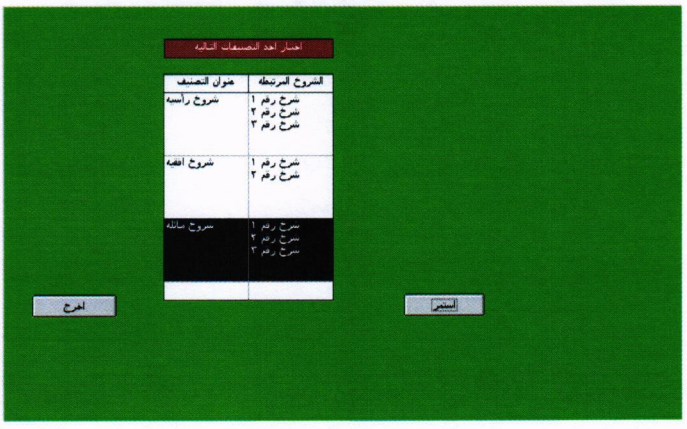
شكل (٢) – شاشة العنوان

٢- بعد ذلك تظهر شاشة الأعضاء الخرسانية وتعرض الأعضاء الخرسانية التي يتعامل معها النظام ويتم الطلب من المستخدم لاختيار العضو الذي تظهر عليه الشروخ كما هو موضح بالشكل (٣).



شكل (٣) – شاشة الاعضاء الخرسانية

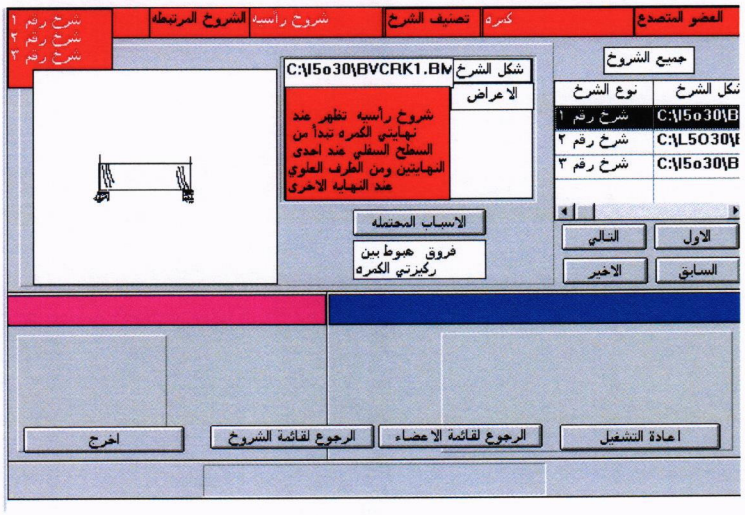
٣- بعد اختيار الكمرات والضغط على مفتاح الاستمرار تظهر شاشة التصنيف وتعرض اصناف الشروخ الرئيسية التي تظهر على الكمرة (شروخ رأسية وشروخ افقية وشروخ مائلة) وانواع الشروخ المرتبطة بهذه التصنيفات كما هو موضح بالشكل (٤).



شكل (٤) – شاشة تصنيف الشروخ

٤- يتم اختيار احد هذه الأصناف الرئيسية وليكن شروخ رأسية على سبيل المثال ومن ثم الضغط على مفتاح الاستمرار.

٥- تظهر على ضوء ذلك الشاشة الرئيسية والتي تشتمل على إطار بيمين الشاشة يعرض قائمة بانواع الشروخ الرأسية التي تظهر على الكمرات و الموجودة بقاعدة النظام كما هو موضح بالشكل (٥). وتشتمل هذه الشاشة ايضا على إطار لوصف اعراض الشرخ بوسط الشاشة بالإضافة الى إطار صورة يسار الشاشة لتوضيح شكل الشرخ لتسهيل عملية التعرف عليه.كما تعرض هذه الشاشة إطار صغير بأسفل إطار الإعراض يوضح الأسباب المحتملة للشرخ. كما توجد بهذه الشاشة العديد من المفاتيح مخصصة لاستعراض انواع الشروخ ولتنفيذ الأوامر الخاصة في البدء بعملية التشخيص ومن هذه المفاتيح هناك أربعة مفاتيح (مفاتيح الأول والتالي والأخير والسابق).

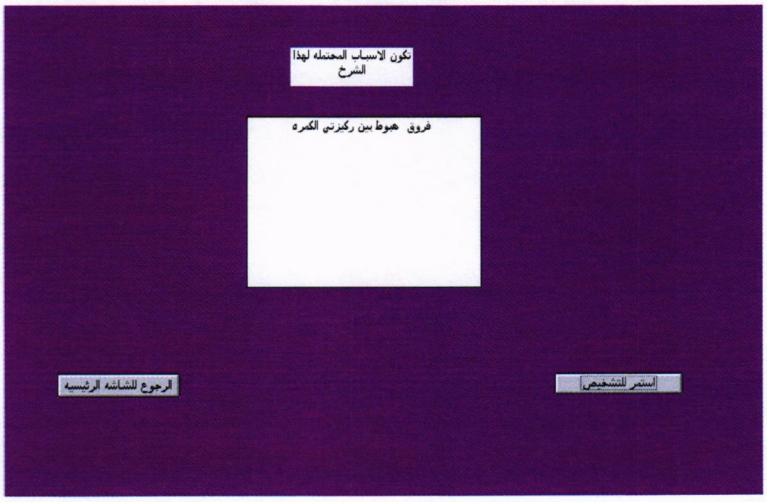


شكل (٥)- الشاشة الرئيسيه

يتم استخدام هذه المفاتيح للتنقل عبر قائمة انواع الشروخ والتعرف على اشكال الشروخ الموجودة بهذه القائمة ومقارنتها بشكل الشرخ المطلوب تشخيص أسبابه والذي يظهر على العضو الخرساني المتصدع تحت الدراسة.

٦- يتم التحرك عبر إطار قائمة انواع الشروخ واستعراض اعراض الشروخ وصورها التي تسهل من مهمة التعرف عليها ومن ثم اختيار واحد منها وليكن شرخ رأسي رقم ١ على افتراض أنه يطابق وصف الشرخ المطلوب تشخيصه بالحالة. تظهر بالشاشة على ضوء ذلك صورة الشرخ ووصف لأعراضه وهي لشروخ رأسية تظهر عند نهايتي الكمرة تبدأ من السطح السفلي عند احدى النهايتين ومن السطح العلوي بالنهاية الأخرى كما هو موضح بالشكل (٥). للبدء بعملية التشخيص للشرخ يتم اختيار مفتاح الأسباب المحتملة الموجود أسفل إطار الأعراض مباشرة.

٧- تظهر عندئذ شاشة الأسباب المحتملة والتي تعرض الأسباب المحتملة للشرخ وفي هذه الحالة تكون الأسباب المحتملة للشرخ فروق هبوط بين ركيزتي الكمرة. ويظهر بادنى الشاشة مفتاح للاستمرار يطلب من المستخدم اختياره للاستمرار بعملية التشخيص كما هو موضح بالشكل (٦).

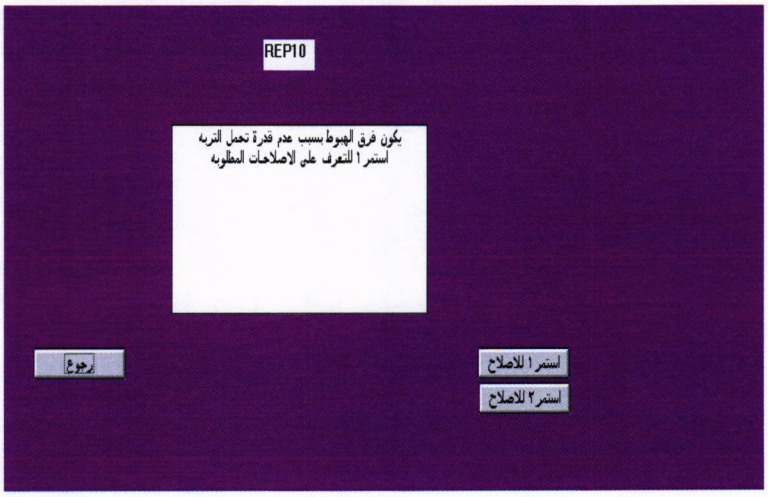


شكل (٦) – شاشة الأسباب المحتملة

٨- عند اختيار مفتاح الاستمرار للتشخيص تظهر شاشة الفحوصات والاختبارات كما هو موضح بالشكل (٧) ويطلب النظام من المستخدم الإجابة على بعض الاستفسارات التي تتطلب القيام ببعض الفحوصات أو القيام باجراء اختبارات تأكيديه (مسار التشخيص) تؤدي في نهاية الأمر الى تشخيص أسباب الشرخ. وبناء على نوع الإجابة التي يقوم بها المستخدم قد تظهر شاشات اخرى متتابعة تعرض استفسارات او توجيهات اخرى ويتعين على المستخدم الإجابة عيها بدقة حتى يتم تشخيص السبب الفعلي للشرخ او اكثر الأسباب احتمالا. يجب التنويه انه في بعض الحالات وبناء على اجابات المستخدم ايضاً على الاستفسارات قد لايتمكن النظام من تشخيص الأسباب حيث يوجه في تلك الحالة بدارسة أسباب اخرى.

شكل (٧)- شاشة الفحوصات والاختبارات

٩- يتم الإجابة على الاستفسارات التي تظهر على شاشة الاختبارات والفحوصات الى ان يتم التوصل الى نتيجة التشخيص النهائية وليفترض ان هبوط التربة تحت الأساسات بسبب عدم قدرة تحمل التربة كانت هي النتيجة النهائية للتشخيص (الأسباب الفعلية للشروخ) كما هو موضح بالشكل (٨).



شكل (٨) – شاشة التشخيص النهائي

٤ الخلاصة

عرضت هذه الورقة نتائج دراسه تمت لتطوير نظام خبره لتشخيص الشروخ في المباني الخرسانيه. وقد تم تطوير هذا النظام باللغه العربيه باستخدام برنامج Level 5 Object . ويقوم هذا النظام بتشخيص الشروخ في الاعضاء الخرسانيه و التي تشمل الكمرات و الاعمده و الاساسات وبلاطات الاسقف. تشمل قاعدة المعرفه لهذا النظام عدد ٨ أنواع من الشروخ في الكمرات؛ و عدد ٦ أنواع من الشروخ في الاعمدة؛ وعدد ٦ انواع من الشروخ في الاساسات؛ وعدد ٧ أنواع من الشروخ في بلاطات الاسقف. وقد صمم هذا البرنامج بحيث يكون تفاعلي مع المستخدم و كذلك سهل الاستخدام. ولتسهيل استخدامه تم دعم الاسئله بعدد من الاشكال حتي تسهل الاجابه علي المستخدم. ولكي يتم استخدامه من قبل المهندسين فقد تمت كتابه البرنامج و واجهة المستخدم باللغه العربيه كما هو موضح في الحاله الدراسيه والتي تعتبر سابقه في هذا المجال.

المراجع

١. أبو المجد، شريف وغيره(١٤١٣ هـ) " تصدع المنشاءات الخرسانية وطرق إصلاحها"، دارالنشر للجامعات المصرية، مكتبة دار الوفاء، القاهرة.

٢. المصري، سعيد حسن، (١٤٢٠هـ)، نظام خبرة لتشخيص شروخ المباني الخرسانية وتقدير تكلفة إصلاحها، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المدنية، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

٣. زين العابدين، حبيب وشرف الدين، احمد(١٤١٩هـ) "نحو نظام خبرة لتقويم تدهور المباني الخرسانية في المملكة العربية السعودية"، سجل ندوة الإبداع والتميز للنهضة العمرانية بالمملكة خلال مائة عام، محور الهندسة المدنية (ص٣٢٣-٣٥٤)، الرياض.

4. Chahine, J.R., and Janson,B.N. (1987). "Interfacing databases with Expert Systems: a Retaining Wall Management Application." J. of Microcomputer in Civ. Engrg., ASCE, vol. 2, no. 1.

5. Hamed, G. M.(1993). "An Expert System For Concrete Diagnosis", Master Thesis, Civil Eng. Dept., King Fahad University Of Petroleum & Minerals, Dhahran, Saudi Arabia.

6. Kalyanssundarm, P. , Rajeef, S. And Udayakumar, H. (1990). "REPCON: An Expert System for Building Repair. " Computing in Civil Engineering, Vol. 4, No. 2, April, pp 84 -101.

7. Koo, T. K. and Tiong, R. (1993). " EXSOBDR: An Expert System for Assessing the Performance of RC Beams and Slabs. " Journal of Construction Management and Economics, Vol. 11, No. 5 , Sept. , pp 347 - 357 .