تعليم التحليل والتصميم الانشائي المقاوم للزلازل باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي

عبـاس برايـــس[١]

١: قسم تقنية التشييد، الكلية التقنيـــــة بأبها، ص. ب. ٢٣٨ أبهـــا، المملكة العربية السعودية

Tel/Fax: 072245020
E-mail: *aberrais@yahoo.com*

الملخص

يقدم هذا البحث تعريفا بتقنيات الذكاء الاصطناعي والنظم الخبيرة Expert Systems Technology ومدى ملاءمتها فى دعم تعليم التحليل والتصميم المقاوم للزلازل لطلبة الجامعات والمهندسين وذلك عن طريق تطوير بـرامج تعليميـة تساعد المدرس في التعليم وكذلك الطالب في التعلم الذاتي. بعد ذلك نقدم استراتيجية تشرح كيفية إنشاء برامج تعليمية في مجـال التصـميم المقـاوم للزلازل التي تعتمـد على تقنيـات الـنظم الخبيـرة. ثـم نقـدم نظـام خبيـر اسـمه (Educational Design Assistant) EDA والذي يقوم بمساعدة طلبة الهندسة المدنية في تعلم تحليـل وتصـميم المباني الخرسانية لمقاومة قوى الزلازل باستخدام وسائل الشرح البسيطة والتفاعل المتبادل ما بين الطالـب والحاسـب الآلي، وقد طور هذا النظام باستعمال برامج لغة المنطق Quintec-Flex و Quintec-Prolog وباسـتعمال محطـة حاسب SUN Workstation تحت نظام التشغيل UNIX.

كلمات الدالة : التعليم الهندسي، الذكاء الاصطناعي، النظم الخبيرة، التحليل والتصميم المقاوم للزلازل.

ABSTRACT

Computers have been introduced as an element into the teaching environment for a long time now. Until recently, computers have been used for relatively routine calculations such as: report writing, spreadsheets, drafting, and simple simulations. Very rarely are computers used to help teach and visualize fundamental concepts, or to explore the alternative solutions of a design project. Today the most interesting and exciting branch in computer applications is expert systems technology. Expert system technology can play a great role in enhancing the processes of teaching and learning in engineering education.

This paper addresses the impact of Expert Systems (ES) technology in providing the necessary support for developing earthquake engineering computer-aided education. An introduction to ES technology is briefly presented. Then, the benefits from the application of ES in engineering education are outlined. A theoretical strategy is proposed for developing ES prototypes for engineering education purposes. An educational prototype ES for teaching earthquake resistant design of buildings is briefly presented. The prototype was developed using a SUN SPARCstation under the UNIX operating system, and using Quintec-Prolog, Quintec-Flex, and FORTRAN 77 as programming environment. The paper concludes with a summary and recommendations on future impact of artificial intelligence and ES technologies on computer-aided engineering education.

١. مقدمة

لقد استخدم الحاسب الآلي فى الوسط التعليمي منذ فترة زمنية طويلة، ومن أهم الوظائف التي يستخدم فيها الحاسب في التعليم هى: كتابة التقارير، الرسم المدعم بالحاسب، برامج الجدولة spreadsheets، برامج المحاكاة simulation والحسابات المتكررة. أما في مجال التعليم الهندسي والتعلم الذاتي self-learning فأن دور الحاسب الآلي مازال محدودا وخاصة فيما يتعلق بالتعلم التفاعلي interactive learning. لقد برزت في العقود لأخيرة تقنيات حديثة في مجال الحاسب الآلي مثل الذكاء الاصطناعي والنظم الخبيرة expert systems وشبكة العنكبوت العالمية WWW التي يمكن أن تساعد المتعلم في استخدام الحاسب الآلي في التعليم والتعلم الذاتي وكذلك التفاعل مع محتوى المادة العلمية بطريقة سهلة. إن دمج تقنيات الحاسب فى التعليم العالي في البلدان العربية مازال محدودا وخاصة في مجال التصميم الهندسي الذي يعتمد على التجربة والبديهة intuition والإبداع creativity. إن مسائل الهندسة الإنشائية تمتاز باستعمال الطرائق الرياضية والتحليلية المعقدة وتحتاج إلى حلول تعتمد على طرائق رياضية دقيقة وبيانية، وبرامج المحاكاة simulations وبرامج المعالجة الرمزية للبيانات الهندسية.

إن التعليم الهندسي يحتاج الى تقنيات الحاسب الآلي التي تساعد الطالب على كيفية حل مسائل التصميم design problems باستعمال التجربة والبديهة "What-If design scenarios" وبالتالي تساعده في تحصيل المعرفة والتجربة بسرعة مقارنة مع وسائل التعليم التقليدية (السبورة والطبشور) بحيث يصبح التعليم مركز حول الطالب وليس المعلم. للوصول إلى هذه الغاية لابد للجامعات والكليات من إدخال مواد دراسية في مناهجها تهتم باستخدام تقنيات المعلومات في التعليم الهندسي والتي تهتم بحل المسائل الهندسية بطريقة تفاعلية بعيدة عن التلقين والحفظ على المدى القصير. وهناك فائدة من دمج المواد النظرية مع برمجيات الحاسب، وعلى طالب الهندسة المدنية أن يتعلم قواعد البرمجة وطرائق التحليل الإنشائي والتصميم الإنشائي باستعمال تقنيات الحاسب الآلي.

من أهم التقنيات التي يمكن أن تلعب دورا مهما كوسيط في التعليم الهندسي هى: الذكاء الاصطناعي artificial intelligence والنظم الخبيرة expert systems وشبكة الإنترنت وشبكة العنكبوت العالمية WWW، والوسائط المتعددة multimedia ويمكن استعمال هذه التقنيات فى تدريس المواد الهندسية مثل علم السكون statics، علم الحركة dynamics، التحليل والتصميم الإنشائي structural analysis and design. يمكن استعمال تقنيات الذكاء الاصطناعي والنظم الخبيرة لإنشاء برامج تكون سهلة وتوفر الوصلة البينية student-interface التي تساعد في التفاعل مع محتوى المادة العلمية ودعم التعليم الذاتي للطالب [Siekmann, 1990]. كذلك تلعب برامج الوسائط المتعددة دورا مهما في التعليم التفاعلى بحيث تسمح للطالب أن يتفاعل مع المادة العلمية بمرونة.

وأصبح بما يسمى "برامج التعليم الذكية" Intelligent tutoring system أو التعليم بمساعدة الحاسب Computer-Aided Instruction تلعب دورا مهما في التعليم الحديث وتعتمد برامج التعليم الذكية على قاعدة المعرفة التي تحتويها بحيث يمكن أن تتفاعل مع الطالب مثل المعلم.

٢. المنهج الحديث في التعليم الهندسي باستخدام تقنيات الحاسب الآلي

ان الاستعمال التقليدي للحاسب الآلي فى تعليم أوتدريب الطالب هو محصور فقط في إدخال البيانات لبرامج الحاسب وتحصيل وتحليل النتائج [Rodriguez 1990& Souto]. باستعمال هذه الطريقة، فان برامج الحاسب تمثل معرفة

ثابتة (غير ديناميكية) بحيث لا يمكن للطالب أن يتفاعل معها وكذلك فهى غير فعالة في مجال تعليم الطالب لحل مسائل التصميم التي أصبحت أكثر تعقيدا. إضافة إلى أن تركيبة برامج الحاسب الحالية التي تهتم بتدريب الطالب غير مزودة بالوصلة البينية Student-Interface التي تراعي مستوى الطالب من ناحية الاستيعاب والتعلم Areiti, 1990, [Henry, 1994]. إن استعمال النظم الخبيرة يتيح للطالب الفرصة لكي يتفاعل ويتعاون مع البرنامج في فهم وحل المسائل الهندسية مما يؤدي إلى تحفيز وتشجيع الطالب على التعلم الذاتي. ويبين الشكل رقم ١ نموذج التعليم الهندسي باستخدام تقنيات النظم الخبيرة، حيث أن هناك علاقة متبادلة ما بين الطالب والمدرس والنظام الخبير (أنظر شكل ١).

وقد اقترح Vanegas [Vanegas, 1993] إطار أو منهجية للتعليم باستعمال الحاسب الآلي لتدعيم متطلبات مواد التدريس لهندسة التشييد، وقد اقترح استعمال الحاسب الآلي كشريك طبيعي للطالب أثناء مرحلة التعلم وتطوير قابلية الطالب لتعلم التقنيات والطرائق الأساسية للمواد مثل برمجة الحسابات وتقنيات المعلومات وفن رسم البيانات. في هذه الحالة فان الطالب سوف تتطور لديه المقدرة والفهم على دمج تقنيات الحاسب أثناء الممارسة العملية. ان دمج تقنيات النظم الخبيرة مع الطرائق التقليدية للتعليم سوف يؤدي إلى نظام تعليمي يعتمد على الحاسب الآلي وبالتالي سوف يدعم العملية التعليمية للطالب. وللنظم الخبيرة عدة إيجابيات مقارنة مع الوسائل التقليدية للتعليم ومن أهمها:

- تخزين المعرفة والتجربة العلمية في قاعدة المعرفة مقارنة بالكتب
- امكانية تجديد وإضافة المعرفة بحيث يمكن استعمالها في أى وقت
- عدم تعرض النظام الخبير للإرهاق مقارنة بالمدرس
- حفظ التجربة الهندسية التي يمكن أن تتعرض للفقدان أو النسيان

على الطالب أن يكون ملما كحد أدنى بكيفية التعامل مع الحاسب الآلي وكذلك المعرفة بحدود الطرائق الحسابية [Wriggers et al, 1990]. ومن المستحسن دمج الطرائق الحسابية مع المواد النظرية وتقنيات الحاسب فى مادة واحدة، ولهذا الغرض فأن تقنيات النظم الخبيرة يمكن أن تلعب دورا في دعم هذه العملية وتبسيط المواد إلى مستوى فهم الطالب.

٣. متطلبات التعليم الهندسي باستعمال تقنيات الحاسب الآلي

ان تطوير برامج التعليم باستخدام تقنيات الحاسب ليس بالأمر السهل، حيث أن هذا يحتاج إلى وقت وتمويل ومختصين في مجال التعليم وتقنيات المعلومات. ولا بد لبرامج الحاسب التفاعلية لغرض التعليم أن توفر عدة وظائف تعليمية بحيث تسهل عملية التعليم والتعلم بفعالية. بطريقة أخرى لابد لبرامج الحاسب أن تسهل من نقل المواد التعليمية مثل النظريات والتطبيقات الهندسية والتجارب المعملية واستخدامها بفعالية في برامج حاسب خاصة. لا بد من معرفة أنه مهما تكن قوة أو "ذكاء" برامج الحاسب التعليمية فإنها لن تستطيع أن تعوض عن الاتصال الشخصي والمعنوي بين المدرس والطالب. والهدف هو تطوير برامج حاسب تعليمية تستطيع على الأقل أن تقلد التفاعل ما بين المدرس والطالب.

المكونات الأساسية لتقنيات التعليم الهندسي بالحاسب هى المواد النظرية المرتبطة بالطرائق الرياضية. مثلا، إذا أراد طالب الهندسة المدنية أن يتعلم نظرية المرونة theory of elasticity فيمكن أن يستعمل طريقة العناصر المتناهية finite element method لحل المسائل المعقدة ولفهم هذه الطريقة فأن على الطالب أن يكون ملما بنظرية المصفوفات matrix algebra. ولهذا لابد لبرامج الحاسب للتعليم الهندسي من أن تشجع الطالب على استعمال مختلف الطرائق الرياضية وتقنيات الحاسب للحصول على الحلول والتأكد من صحة ونقد هذه الحلول.

لقد اقترح Pudlowski [Pudlowski, 1990] بعض المتطلبات للتعليم الهندسي باستعمال الحاسب وهى كتالي:

- أن يكون تدريب الطالب في مواد تخصص معينة بحيث يمكن للطالب أن يركز على المواد الهندسية التي تخدم حاجاته.
- يجب أن يكون تعليم الطالب على مراحل منظمة ومنطقية
- دعم التدريب والتعليم بطريقة الأسئلة والأجوبة المتبادلة بين الطالب والحاسب بحيث يزيد من التفاعـل بـين الطرفين.
- يجب أن تكون برامج التعليم بالحاسب مكملة لوظيفة المدرس
- إمكانية تطوير ومراجعة المواد الهندسية
- تشغيل برامج التعليم الهندسي على شبكة الإنترانت Intranet والإنترنت Internet

٤. تقنيات النظم الخبيرة Expert Systems Technology

تعتبر الـنظم الخبيـرة Expert systems [Waterman, 1986 & Mockler, 1992] مـن أهـم فـروع الـذكاء الاصطناعي وأكثرها تطورا ويمكن تعريف النظام الخبير بأنه عبارة عن برنامج حاسب يحتوى على خبـرة الإنسـان Expertise وملكة التمييز Judgement وقواعد الاستنتاج Rules of thumb, والبديهة Intuition وخبرات أخـرى لتقديم نصائح وحلول في تخصص أو مجال معين. ويمكن للنظم الخبيرة التخزين والمحافظة على الخبرة النادرة التـي توجد عند عدد محدود من الخبراء والتي يكون من الصعب استشارتهم في أى لحظة عند اللزوم. بعبارة أخـرى فـان النظم الخبيرة تحاول تقليد أو محاكاة الإنسان في تفكيره وطرقه لحل المسائل في مجال معين.

لقد طورت النظم الخبيرة لحل عدد كبير من المسائل وخاصة المسائل غير التنظيمية ill-structured problems أي التي تتميز بعدم وجود قوانين ذات خطوات ثابتة لحلها (لا تعتمد على حل خوارزمي معـين) مثـل مسـائل التصـميم الهندسي التي تحتاج إلى الطرائق أو الحلول التنقيبية heuristic solutions وهى أكثر المسائل بحيـث تجـد الـنظم الخبيرة تطبيقا لها. يمكن اعتبار النظم الخبيرة كأداة تأييد أو دعم للمدرسين والطلبة 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 [Shortliffe, 1976]. وتختلف مكونات النظم الخبيرة تماما عن مكونـات بـرامج الحاسـب التقليديـة conventional programs. أهم مكونات النظام الخبير موضحة فى الشكل ٢.

٥. تطبيقات النظم الخبيرة في التعليم الهندسي Engineering Education Application

انه من الضروري إدخال تقنيات الحاسب الآلي في المراحل الأولى من التعليم الهندسي وذلك لتزويد الطالب بالمهارات اللازمة في تقنيات المعلومات لتمكينه من مواجهة المسائل الصعبة أثناء الممارسة الميدانية في المستقبل. وتقنيات البرمجة لمسائل الهندسة الانشائية لابد من إدراجها مبكرا خلال مرحلة تعليم الطالب. ويمكن لتقنيات النظم الخبيرة أن تدعم التعليم الهندسي، ولكن لم يستفد من هذه التقنيات في التعليم الجامعي. إن النظم الخبيرة يمكن أن تسهل نقل المعرفة والتجربة التعليمية من المدرس إلى الحاسب الآلي على شكل صيغة معينة، وكذلك يمكن أن تشرح هذه المعرفة والتجربة إلى الطلبة بطريقة تفاعلية ويمكن للمدرس اكتساب المعرفة من الكتب ومن التجربة وإدخالها إلى النظام الخبير بحيث

تصبح متوفرة للطالب في أي وقت شاء. ان دور النظم الخبيرة في الهندسة الإنشائية هو مساعدة الطلبة في عمل التحليل والتصميم الإنشائي للمنشأ باستعمال برامج العناصر المتناهية FEM بطريقة مبسطة، وإيجاد قيمة العزوم والقوى الداخلية والقيام بتصميم عناصر المنشأ وكذلك المساعدة في تفسير نتائج التحليل والتصميم الانشائي، وفي هذه الحالة فأن الطالب يتعلم بالممارسة learning by doing. ولا بد من استعمال أمثلة ومسائل بسيطة في المرحلة الأولى حتى يتمكن الطالب من التدرج في التعلم الذاتي.

إن تقنيات النظم الخبيرة تساعد الطالب في المشاركة خلال عملية التعلم وتسمح له بأن يستفسر عن موضوع الدراسة وكذلك تساعده في الربط ما بين المفاهيم الرمزية symbolic reasoning ومسائل التصميم والعمليات الحسابية. إضافة فان النظم الخبيرة تساعد الطالب في صياغة المسائل الهندسية واختيار الحل الأمثل من مجموعة من الحلول لمسألة وكذلك نقد الحلول. وبهذه الطريقة فأن الطالب سوف يكتسب التجربة خلال التعلم الذاتي ويتكون عنده الحافز للتعلم. وفي هذه الحالة فأن المدرس يمكن أن يلعب دور الوسيط بين الطالب والنظام الخبير حيث يتدخل عند الضرورة ويساعد الطالب في التفاعل مع النظام الخبير. المواد الدراسية في الهندسة المدنية التي تعتبر ملائمة لتطبيقات النظم الخبيرة هي المواد التي تتصف بالمعالجة الرمزية symbolic processing والتي تحتاج الى الشرح مثل التصميم البدائي conceptual design والتحليل الانشائي والتصميم المفصل detailed design.

٦. نموذج لنظام خبير لتعليم التحليل وتصميم المباني الخرسانية ضد قوى الزلازل

لقد طور هذا النظام الخبير واسمه (Educational Design Assistant) **EDA** لتعليم طلبة الهندسة الإنشائية في كيفية تحليل وتصميم المباني الخرسانية ضد قوى الزلازل باستخدام النظريات الإنشائية وطرائق التحليل والتصميم ضد قوى الزلازل والمعرفة المدونة في المواصفات القياسية. وقد مثلت المعرفة الهندسية في هذا النظام باستخدام لغة المنطق (أو لغة الذكاء الاصطناعي) مثل القواعد الإنتاجية production rules ، الحقائق facts ، الفقرات clauses، القوالب frames، وهيكل البيانات data structure. وقد استخدم لهذا الغرض لغتي Quintec-Prolog [Quintec System, 1989] وQuintec-Flex، أما بالنسبة للعمليات الحسابية فقد مثلت باستعمال لغة فورتران FORTRAN 77. ويقوم النظام الخبير **EDA** بأداء الوظائف التالية:

- تعليم الطالب كيفية القيام بالتحليل والتصميم المقاوم للزلازل للمباني الخرسانية العالية باستعمال طرائق المواصفات القياسية [Uniform Building Code, 1991] UBC.
- مساعدة الطالب في التأكد من متطلبات تناظر المبنى في المناطق المعرضة لقوى الزلازل
- التخمين في نوع معاملات التصميم لإيجاد قيمة قوى الزلازل حسب المواصفات القياسية UBC
- المساعدة في التحليل والتصميم الإنشائي للمبنى باستعمال الطرائق الرياضية المرنة وغير المرنة elastic & inelastic analysis باستعمال البرنامج الديناميكي DRAIN-2D [Kannan & Powell, 1975]

١,٦ مكونات النظام الخبير EDA

أهم مكونات النظام الخبير **EDA** موضحة فى الشكل ٢ وهى كالتالي:

أ) قاعدة المعرفة Knowledge base

تحتوى قاعدة المعرفة على مجموعة من القواعد rules والحقائق facts التي تمثل النظريات الهندسية الانشـائية الخاصة بالتصميم ضد قوى الزلازل والمعرفة المبنية على التجربة. وقد خزنت هذه المعرفة على صيغة قواعـد إنتاجية production rules وقوالب frames. وقد استعمل فى هذا النظام الخبير ما يسمى بالقواعد الفوقيـة أو المعرفة الفوقيةmeta-rules وهى نوع من مستوى ثاني للمعرفة ينظم المستوى الأول منها.

ب) الذاكرة المؤقتة Context or working memory

دور الذاكرة المؤقتة هو التخزين المؤقت للمعطيات الأولية والنتائج والحلول أثناء تشغيل النظام الخبير. الجـزء الذي يتحكم فى استعمال وتغيير المعلومات فى الذاكرة المؤقتة هو وسـيلة الاسـتدلال inference engine أو مترجم القواعد rule interpreter.

ت) وسيلة الاستدلال Inference engine

تقوم وسيلة الاستدلال بمعالجة قواعد الإنتاج الموجودة في قاعدة المعرفة وإضافة الحلول والمعلومات الجديدة إلى الذاكرة المؤقتة، بعبارة أخرى فأن وسيلة الاستدلال تقوم بإدارة نظام الخبير وهى تكون منفصلة عن قاعدة المعرفة والذاكرة المؤقتة.

ث) الوصلة البينية للطالب Student interface

تعتبر الوصلة البينية للطالب كقناة وصل ما بين الطالب والنظام الخبير وتسمح بالتفاعل بـين الطالـب والنظـام الخبير. الوصلة البينية لابد أن تسمح باستعمال النظام الخبير بكل سهولة ودون تعقيد، وواجهة النظـام الخبيـر والوصلة البينية للنظامEDA مبينة في الشكل ٣. وقد روعي في إنشاء الوصلة البينة للطالب العوامـل التاليـة: نوع البرمجة المستعملة، نوع معدات الحاسب، طبيعة النظام الخبير، وطبيعة مادة التدريس. وكذلك أخذ في عين الاعتبار نوع الأخطاء التي يمكن أن يرتكبها الطالب وقد قسمت إلى نوعين: أخطاء برمجية وأخطـاء هندسـية. الأخطاء البرمجية هى التي تخص أوامر ووظائف النظام الخبير، أما الأخطاء الهندسية فهى تخـص النظريـات الإنشائية والتصميم ضد قوى الزلازل.

ج) وسيلة الشرح Explanation facility

تقوم وسيلة الشرح بشرح وتوضيح عملية التفكير وطرائق الحل للطالب وعرض الاستدلالات التـي يقـوم بهـا النظام الخبير للتوصل إلى الحلول أو الاستنتاجات. ويجب على النظام الخبير أن يتمكن من توضيح لماذا يقـوم بطرح سؤال معين لتعريف الطالب بما يحاول القيام به، وتفسير كيف توصل إلى استنتاجاته. وهـذه الخاصـية مهمة جدا حيث أنها تؤثر على مدى قبول الطالب لحلول وتوصيات النظام الخبير.

ح) **وسيلة تحصيل المعرفة Knowledge acquisition facility**

تلعب وسيلة تحصيل المعرفة دور الوسيط ما بين المدرس (أو الإنسان الخبير) والنظام الخبير وهى تسمح وتسهل إدخال وتغيير المعرفة المخزنة في قاعدة المعرفة.

٢,٦ طرائق تحصيل المعرفة والخبرة Knowledge acquisition

لبناء أى نظام خبير لا بد من توفر الخبرة والمعلومات التي تخزن على شكل صيغة معينة في قاعدة المعرفة. وتعتبـر مرحلة تحصيل المعرفة والخبرة اللازمة لحل أى مسألة هندسية من أصعب وأطول مراحل تطوير النظام الخبير، حيث أن هذه المرحلة تكون متواصلة من بداية تطوير النظام الخبير إلى مرحلة تقويم واختبار النظام الخبير. وتعـرف هـذه المرحلة باسم "عنق الزجاجة" bottle-neck لتطوير النظام الخبير وذلك لصعوبتها. الشخص الذي يقوم بتحصيل وتمثيل المعرفة يعرف باسم مهندس المعرفة knowledge engineer، وقد يكون هذا الأخير خبير (المدرس) أو غير خبير في مجال تطبيق المعرفة وهو يمثل الوصلة ما بين الشخص الخبير في مجال معين والنظام الخبير الموجود فى الحاسـب. ويبين الشكل ٤ العلاقة ما بين الإنسان الخبير ومهندس المعرفة من جهة، وبين النظام الخبير ومهندس المعرفة من جهة أخرى. هناك عدة طرائق أو تقنيات لتحصيل المعرفة والخبرة من الخبراء والكتب، ومن أهم طرائق تحصيل المعرفـة والخبرة هى [Hart, 1985]: طريقة التحليل النصية، طريقة الحوار مع الخبير، وطريقة التحليل السلوكي.

وقد أستخدم في هذا البحث طريقة التحليل النصية حيث تم تحصيل المعرفة الخاصة بالتصميم ضد قوى الـزلازل مـن المواصفات UBC-91 ، CEB [Comite Euro-International du Beton, 1987] ، Eurocode 8، ومن مراجع أخـرى [Penelis & Kappos, 1997, Booth, 1994]. إضافـة إلى ذلـك فقـد اسـتعملت طريقـة الحـوار interview technique مع بعض المهندسين الإنشائيين الذين لهم خبرة في مجال تصميم الإنشاءات ضد قوى الزلازل وذلك لتحصيل التجربة الميدانية وملكة التمييز engineering judgement التي لا توجد في المراجع السابقة.

٣,٦ قوائم الوصلة البينية للطالب Student-interface menus

كما يظهر في الشكل رقم ٣ فإن واجهة النظام الخبير EDA مقسمة إلى خمسة نوافذ، حيث أن النافذة العليا واليسرى تحتويان على أهم قوائم menus النظام التي تؤدي وظائف تعليمية معينة. ويتم إدخال البيانات النصية وعرض النتائج في النافذة الكبيرة في الوسط، ويتم عرض الاستفسارات بيانيا أو على شكل رسومات في النافذة اليسرى، أما النافذة السفلى فتقوم بعرض الرسائل والإنذارات في حالة وقوع أخطاء من طرف الطالب. وقد قسمت قوائم النظام الى نوعين: قوائم تهتم بالخيارات الهندسية مثل التحليل والتصميم ضد قوى الزلازل وكذلك كيفية استعمال بنود المواصفات القياسية وإيجاد قيمة قوى الزلزال المؤثرة على المبنى. وقوائم تهتم بالتشغيل والتعامل مع نوافذ النظام ومعالجة الملفات وتخزينها وطباعتها.

أهم وظائف القوائم الرئيسية هى: (أنظر شكل ٣)

HELP : مساعدة الطالب في الفهم والاستفسار عن المصطلحات والنظريات الخاصة بالتحليل والتصميم المقاوم للزلازل.

GEOMETRY CHECK : تعليم الطالب كيفية التأكد من متطلبات تناظر المبنى أفقيا وعموديا حسب المواصفات القياسية.

CODE LOADS : تقييم قيمة القوى الأفقية المؤثرة على المبنى باستعمال المواصفات القياسية.

ANALYSIS : التحليـل المـرن وغير المـرن للمباني الخرسانية باستعمال البرنامج الديناميكي DRAIN-2D.

DISPLAY : عرض النتائج الهندسية على شكل نصوص ورسومات بيانية.

RESTART : تنظيف نوافذ النظام وإعادة الطالب إلى أول تسلسل في عملية معينة.

FILES : إدارة الملفات والبيانات الخاصة بالتصميم الإنشائي.

UNIX : السماح للطالب بالاستعمال المؤقت لنظام التشغيل Unix.

EXIT : الخروج من البرنامج EDA نهائيا والعودة إلى نظام التشغيل.

أن الهدف من استعمال هذا النوع من القوائم menus هو إعطاء الفرصة للطالب كي يشغل برنامج EDA في أي مرحلة من مراحل التصميم الإنشائي بحيث يكون له نوع من السيطرة على سير سلوك البرنامج. إن استعمال طريقة القوائم لها فوائد بالنسبة لعملية تعليم الطالب حيث تسهل على الطالب تذكر الأوامر بدون حفظها مقارنة مع الأوامر النصية، وكذلك يمكن عرض عدد كبير من الأوامر في قائمة واحدة.

٤,٦ الربط بين برامج النظم الخبيرة وبرامج التحليل الانشائي

لقد تم في هذا النظام الخبير الربط بين قاعدة المعرفة والبرنامج الديناميكي DRAIN-2D باستخدام تقنيات نظام التشغيل Unix Pipes ، بحيث يمكن للنظام الخبير EDA أن يتفاعل مع البرنامج DRAIN-2D بحيث يتم تحويل بيانات المبنى من النظام الخبير الى البرنامج الديناميكي عن طريق ملف الادخال يتم تجهيزه من طرف النظام الخبير بحيث يستعمله البرنامج DRAIN-2D لعمل التحليل الديناميكي للمبنى. ويقوم النظام الخبير بقراءة نتائج التحليل الديناميكي من ملف ثان بحيث يتم تحويل النتائج الحسابية الى بيانات وشرحها للطالب مثل بيانات قوى القص والعزم والازاحة الافقية في مختلف أجزاء المبنى. ويقوم النظام الخبير بتفسير نتائج التحليل والتصميم للطالب مستعينا ببنود المواصفات القياسية المخزنة في قاعدة المعرفة.

٧. دور الوصلة البينية للطالب Student-Interface في نجاح النظام الخبير

تعتبر الوصلة البينية للمستخدم (أو الطالب) student-interface من أهم مركبات النظام الخبير، وهى التي تعكس مدى تقبل المستخدم للنظام الخبير. في أي برنامج تعليميي باستخدام تقنيات الحاسب لابد من مراعاة متطلبات المستخدم (الطالب) خلال تطوير النظام الخبير، مع العلم أن الطالب يعتبر أحد الركائز الأساسية للعملية التعليمية باستعمال تقنيات الحاسب. ومعظم النظم الخبيرة التي طورت في مجال الهندسة المدنية وخاصة التحليل والتصميم لم تأخذ في عين الاعتبار متطلبات وخصائص مستعمل النظام الخبير، أى على الأقل، لم تفكر في محاكاة المستخدم بالاستعانة بنموذج للمستخدم أو الطالب student model، ولهذا فأن تحصيل وتحليل متطلبات المستخدم أو الطالب تسهل من إنشاء الوصلة البينية للمستخدم وتجعل النظام الخبير أكثر تقبلا.

وليست الوصلة البينية فقط المظهر الخارجي لشاشة النظام الخبير، إذ لا بد أن تعكس متطلبات وحاجات الطالب. ويعتمد نجاح الوصلة البينية للمستخدم على كمال النموذج التصوري للطالب conceptual student model وكذلك مراعاة مظاهر التفاعل ما بين الطالب والحاسب وكذلك تصور نموذج الإدراك لعملية التفكير والتفاعل من طرف الطالب. لا بد

من تعريف نوع ومستوى الطالب الذي سوف يتفاعل مع النظام الخبير ومدى معرفته بمجال تخصص النظام الخبير وبالتالي يمكن تحديد وتعريف متطلبات الطالب خلال إنشاء النظام الخبير.

والسبب من استعمال نموذج تصوري للطالب خلال إنشاء النظام الخبير هو للحصول على المعلومات التالية: الأشياء المطلوبة للشرح، مدى تعمق الشرح المطلوب ، تزويد المعرفة اللازمة لمساعدة الطالب في فهم الحلول للمشاكل وإنجاز الأهداف. ويبدو أن إنشاء نموذج تصوري للطالب والذي يحتوي على متطلبات الطالب ليس بالأمر السهل ويحتاج المساعدة من متخصص من علم النفس. ويبين الشكل رقم ٥ العلاقة ما بين مستخدم الحاسب (الطالب) student والحاسب الآلي computer system ونموذج الطالب student model ونموذج النظام الخبير system model والتي تنعكس على الوصلة البينية للمستخدم student-interface. مع العلم أن الطالب حين استخدام النظام الخبير لأول مرة سوف يكون لديه تصور ذهني مبدئي عن النظام الخبير (نموذج النظام الخبير) ويمكن لهذا النموذج أن يطابق واقع النظام الخبير أو لا يطابقه وهذا يعتمد على نموذج الطالب وكيف يمكن أن يعكس متطلبات وفهم الطالب خلال استعماله للنظام الخبير.

ويبين الملحق A مثالا على عملية الاستشارة والتفاعل بين الطالب والنظام الخبير EDA خلال التحليل والتصميم الإنشائي لمبنى عال من الخرسانة المسلحة يحتوي على جدران متصلة coupled walls مع عدد الطوابق يساوي ١٠. كما يبين الشكل رقم ٦ التفاعل بين الطالب والنظام الخبير EDA خلال عمل التحليل والتصميم للجدران الخرسانية المتصلة لمقاومة قوى الزلازل.

٨. الخلاصـة

لقد عرض هذا البحث أهمية تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي والنظم الخبيرة في التعليم الهندسي بصفة عامة والهندسة الإنشائية بصفة خاصة. تعتبر تقنيات النظم الخبيرة أداة قوية لتخزين ومعالجة الكم الهائل من المعرفة والتجربة الهندسية لغرض استعمالها من طرف الطلبة ويمكن للنظم الخبيرة أن تساعد الطالب في فهم واستعمال النظريات الانشائية وطرائق التحليل والتصميم المقاوم للزلازل بطريقة تفاعلية ومبسطة وكذلك تسهيل استعمال برامج التحليل الديناميكي. من جهة أخرى تعتبر النظم الخبيرة كأداة مساعدة للمدرس حيث تساعده في التدريس وتمكن له أن يتفرغ إلى المسائل الأكاديمية التي تحتاج إلى الإبداع.

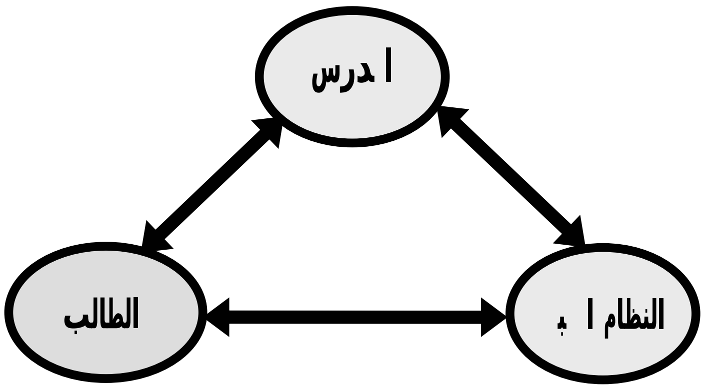
هناك حاجة إلى تطوير نظم تعليمية ذكية تعتمد على تقنيات المعلومات والذكاء الاصطناعي ويمكن لأساتذة التعليم العالي أن يطوروا برامج تعليمية في مختلف التخصصات تعتمد على تقنيات النظم الخبيرة وتقنيات الوسائط المتعددة. ان استعمال النظم الخبيرة لبرمجة المواد الهندسية يساعد الطالب في الربط ما بين المواد النظرية والنماذج الرياضية والفيزيائية، إضافة إلى أن الطالب سيتفاعل مع النظام الخبير ويشارك في حل المسائل الهندسية مما يؤدي إلى تحفيز الطالب في التعلم الذاتي. ويمكن دمج تقنيات النظم الخبيرة مع طرائق التدريس التقليدية للحصول على برامج متينة لغرض التعليم.

وقد تم في هذا البحث عرض نظام خبير لتعليم طلبة الهندسة الإنشائية كيفية تحليل وتصميم المباني ضد قوى الزلازل، والهدف الرئيس لهذا النظام الخبير هو مساعدة طلبة الهندسة الإنشائية في تعلم وفهم التحليل والتصميم المقاوم للـزلازل باستخدام وسائل الشرح البسيطة والتفاعل المتبادل بين الطالب والحاسب الآلي.

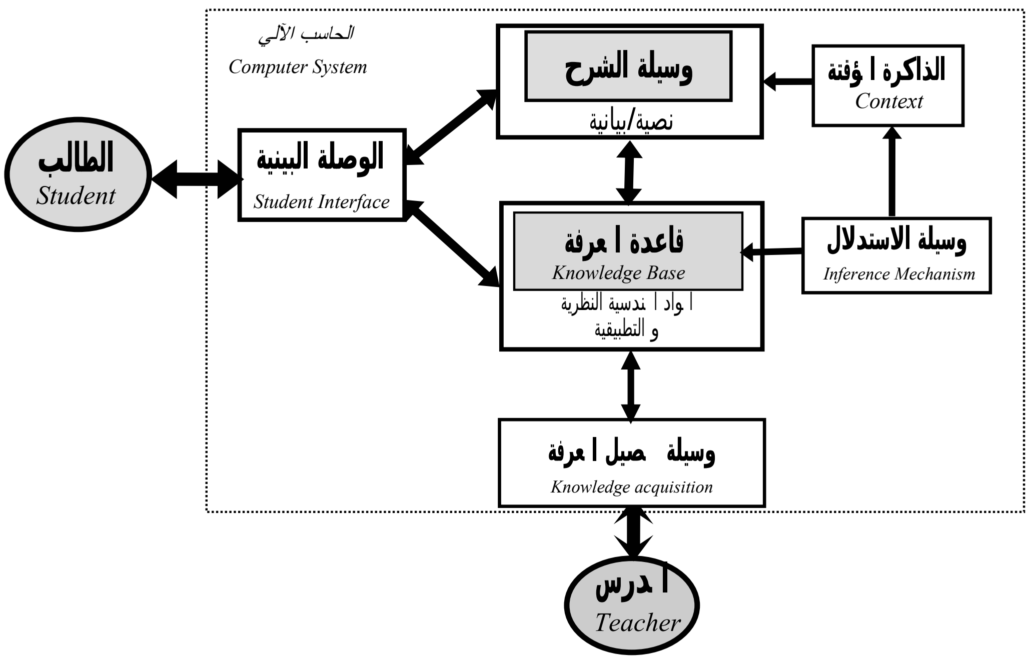
المراجع

1. Anna Hart, 1985, “Knowledge Elicitation: Issues and Methods”, *Journal of Computer-Aided Design*, Springer-Verlag, NY, Vol. 17, No. 9, pp. 455-561.
2. Areitio, M. G., 1990, “The Natural Evolution Step for the CAT: The Expert System”, *in Computer Aided Training in Science and Technology*, *Proceedings of the International Conference on Computer Aided Training in Science and Technology*, (E. Onate et al. Eds.), Barcelona 9-13 July, Centro International de Metodos Numericos en Ingenieria, pp. 148-153.
3. Booth, E. (1994). *Concrete Structures in Earthquake Regions: Design and Analysis*, Longman Scientific & Technical, UK.
4. Comite Euro-International du Beton (CEB), 1987, Seismic design of concrete structures, Gower Technical Press, Ltd, London.
5. Henry, R. J., 1994, “Role of Advanced Computer Technology in construction Industry”, *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol. 8, No. 3, pp. 385-389.
6. International Conference of Building Officials, *Uniform Building Code* UBC, 1991, ICOB, Whittier, California, USA.
7. Kannan, A. E., and Powell, G. M., 19٨5, "DRAIN-2D, a general purpose computer program for dynamic analysis of inelastic plane structures", Rep. No. EERC 73-22, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkley, USA.
8. Mockler, R. J. and Dologite D. G., 1992, An Introduction to Expert Systems, Macmillan Publishing, New York, USA.
9. Penelis G. G. and Kappos A., J., 1997, Earthquake-resistant concrete structures, E&FN Spon, London, UK.
10. Pudlowski, J., 1990, “Developing Computer Program for Engineering Education - Important Issues”, in Computer Aided Training in Science and Technology, *Proceedings of the International Conference on Computer Aided Training in Science and Technology*, (E. Onate et al. Eds.), Barcelona 9-13 July, pp. 34-41, Centro International de Metodos Numericos en Ingenieria, Spain.
11. Quintec System Ltd., 1989, QUINTEC-FLEX, Student Manual, Unix version, UK.
12. Quintec System Ltd., 1989, QUINTEC-PROLOG, System Predicates, Unix version, UK.
13. Shortliffe, E. H, 1976, “Computer-Based Medical Consultations: MYCIN”, American Elsevier, New York, USA.
14. Siekmann, J., 1990, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Artificial Intelligence in Higher Education, CEPES-UNESCO International Symposium, Prague, CSFR, October 1989 Proceedings, Springer-Verlag.
15. Souto, J. A. and Rodriguez, A., 1990, “Prolog-Based Expert System for CAT in Chemical Engineering”, in *Computer Aided Training in Science and Technology*, *Proceedings of the International Conference on Computer Aided Training in Science and Technology*, (E. Onate et al. Eds.), Barcelona 9-13 July, Centro International de Metodos Numericos en Ingenieria, pp. 557-563.
16. Vanegas, J. A., 1993, “An Integrated Computer- Based Total Design Environment for Civil Engineering Education”, Computing in Civil and Building Engineering, *Proceedings of the Fifth International Conference* (V-ICCCBE), pp. 439-446, ASCE, California.

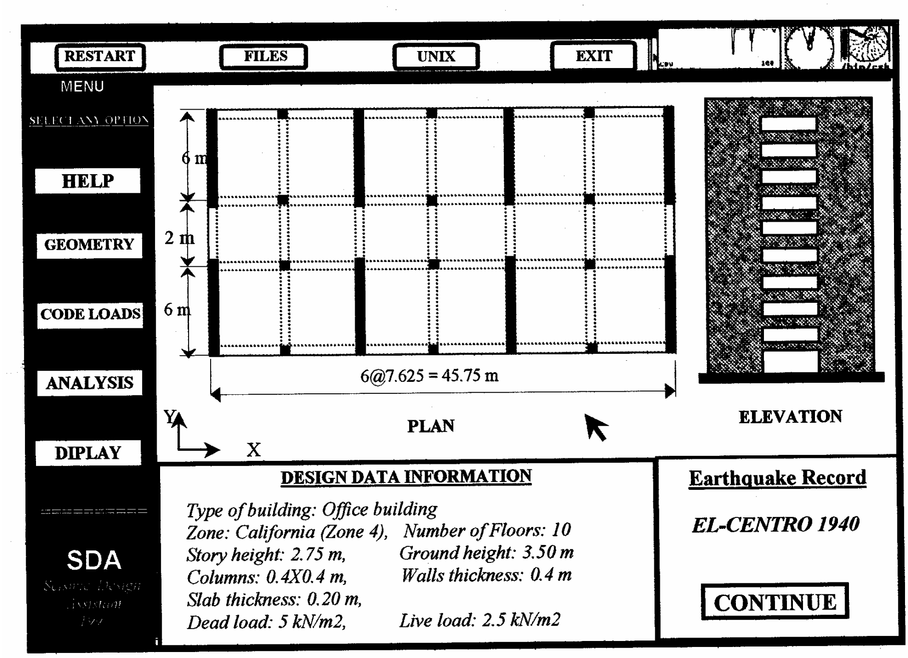
17. Waterman, D. A., 1986, A Guide to Expert Systems, Addison-Wesley, Reading. MA, USA.
18. Wriggers, P., Stein, E. and Miehe, C., 1990, "The Impact of Computer Aided Teaching in Lecturing Computational Mechanics", in Computer Aided Training in Science and Technology, *Proceedings of the International Conference on Computer Aided Training in Science and Technology*, (E. Onate et al. Eds.), Barcelona 9-13 July, pp. 24-33, Centro International de Metodos Numericos en Ingenieria, Spain.



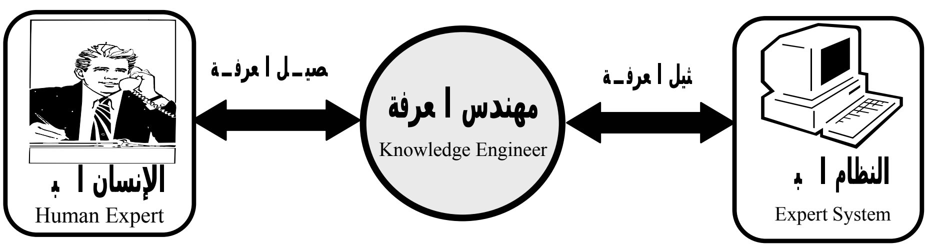
شكل ١ : ا نهجية ا ديثة التعليم ا ندسي ساعدة تقنيات ا اسب



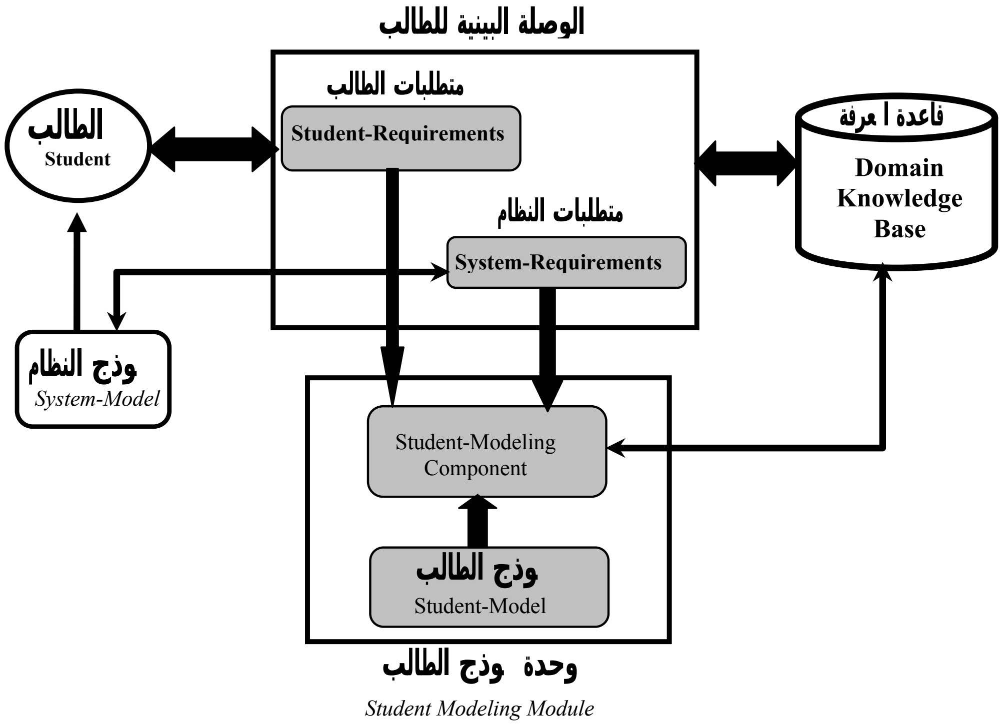
شكل ٢ : تركيبة النظام ا ﺒ EDA



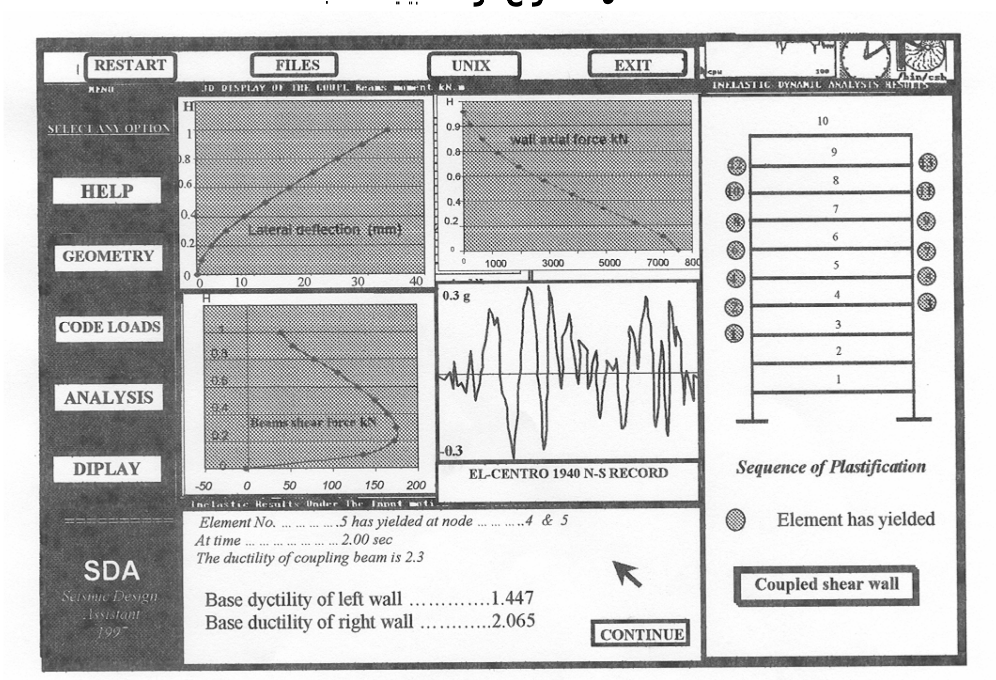
شكل ٣ : واجهة النظام ا ـ EDA تبـ تلف النوافذ والقوائم



شكل ٤ : نقل و ثيل ا عرفة من الإنسان ا ـ إ النظام ا ـ



شكل ٥ : وذج الوصلة البينية للطالب



شكل ٦ : نتائج التحليل والتصميم للنظام ا ـ EDA

Appendix A

Example of Consultation مثال على استشارة ما بين النظام الخبير والطالب

Design steps

In this section the consultation process between the student and the system is described as the student engage in the learning process of the problem. The plan of the building and design data information are shown in Fig. 3.

Part 1:

Estimation of the code static base shear force and lateral static forces (based on the UBC 91 code).

Student: *Chooses the* [CODE LOADS] *option from the Master menu (see Fig. 3). The* [CODE LOADS] *option is divided into three sub-options*: [Help], [Evaluate Base Shear Force], [Distribute Lateral Static Forces], *and* [EXIT]. *The student clicks on the* [Evaluate Base Shear Force] *sub-option*.

System: *informs the student about the start of the evaluation of the seismic factors* (Z,I,K,T,C,S and W) *based on the UBC 91 code. Also it asks the student if he would like to see the explanation for each step.*

Student: *clicks on the* [YES] *option*.

System: *asks the student if the building is horizontally and vertically regular (a sub-menu is displayed to the student showing different options:* [YES], [NO], or [DO NOT KNOW].

Student: *replies with* [YES].

System: *asks about the zone area where the building to be constructed, a sub-menu is displayed to the student showing the zones number and an option called* [Show Seismic Map of the USA] *for showing the USA zones map*.

Student: *identifies the zone area of California and return back to the zones number sub-menu and clicks on the* [Zone No. 4] *option*.

System: *displays the zone factor Z=1.00 and asks the student about the type of occupancy by displaying a menu which includes*: [Hospital & Medical Facilities], [Fire & Police Station], [Municipal Government & Communication Centres] *and* [All Others].

Student: *clicks on the* [All Others] *option*.

System: *displays the value of the importance factor I = 1.00. And asks the student about the type of arrangement by displaying a menu*: [All building framing systems except as classified below], [Buildings with box system], [Buildings with a dual bracing system], [Building with a ductile moment-resisting space frame], [Elevated tank plus full content], *and* [Structures other than building].

Student: *clicks on the* [Building with Box system].

System: *displays the force factor K=1.33. And asks the student about the building height* Hs = ?

Student: *enters 28.25 m.*

System: *advises the student that the building shall have ductile moment-resisting space frames capable of resisting not less than 25% of the required seismic forces for the structure as a whole. The system then asks the student about the external dimensions (Lx, Ly) of the building in Both directions.*

Student: *enters Lx= 45.75 m and Ly = 14 m.*

System: *asks if the profile type of the soil is known, and diplays some profile types: [Rock or other Soil Exhibiting Rockfile Characteristics], [Stable Deposit of Sand, Gravels and Stiff Clays], [Soft to Medium-Stiff Clays and Sands] and [Unknown] options.*

Student: *replies by clicking the* [Unknown] *option.*

System: *explains that in case of Ts is unknown and the profile type of soil is also unknown the site factor can be taken equal to: Sx=Sy = 1.5, and also computes the following values: The period of the period in both directions and CSx=0.116 and CSy = 0.088 (Where* $C = \frac{1}{\sqrt{T}}$*). The system then asks the student about the distance between two frames or walls in both directions (X and Y directions).*

Student: enters 7.625 m for X direction and 6.71 m for Y direction.

System: asks about the estimated values of dead load Gk and live load Qk in kN/m2.

Student: enters 5 kN/m2 for Gk and 2.5 kN/m2 for Qk.

System: asks about the total floor number NF = ?

Student: inputs NF=10.

System: displays to the student the computed base shear factors and te values of base static shear force for both direction of the building:

Vx = 7213 kN / per frame or coupled wall

Vy = 2076 kN / per frame or coupled wall.

Also at this stage, the system informs the student that the structure period Ts is bigger than 0.7 s and less than 3.6 s, the top force should be estimated as fellows:

Ftx = 0.07TsVx = 263.36 kN in X direction

Fty = 0.07TsVy = 132.21 kN in Y direction.

The system asks the student about the story and ground heights of the building (Hx = ?, Hg =?).

Student: enters Hs = 2.75 m and Hg = 3.5 m.

<u>Part 2: Elastic analysis of the coupled shear wall using the Laminar method</u>.

System: *informs the student about the interface to the FORTRAN program LATERAL.F to compute the lateral static forces at each floor level in both direction of the building. The output result from LATERAL.F program is displayed to the student and is stored in a file called LATERAL.OUT for further use.*

The system explains to the student that the static lateral forces found in this stage are to be used as input load data to analyze the coupled shear wall. Then it asks the student about the type of box system with displaying a menu containing the following box systems: **[Frames and Shear Walls]** *and* **[Braced Frames]**.

Student: *clicks on the* **[Frames and Shear Walls**] *option.*

System: *asks about any existence of coupled shear walls in the building?*

Student: *replies with* **[YES]**.

System: *asks for which coupled shear wall to design, a menu is displayed:* **[Coupled wall lying in X dir***, or* **Coupled wall lying in Y dir.].**

Student: *clicks on the* **[Explain]** *option.*

System: *explains that for estimating the tributary area for dead and live loads.*

Student: *clicks on the* **[Coupled wall lying in Y dir.]** *option.*

System: *asks about the position of coupled wall***: [Edge Coupled Wall, Internal Coupled wall]**.

Student: *chooses* **[Internal Coupled wall]** option.

System: *asks the following information: number of bays in X and Y dir., max width of the bay in X and Y dir., clear span, depth, and width of the coupling beams. A passive graphical explanation is also associated with question.*

Student: *enters 6 & 7.625 m for X direction and 3 & 6.71 m for Y direction.*

Lb = 1.83 m, Hb = 0.5 m and Wb = 0.356 m.

System: *Asks about the general conditions of the coupled walls by displaying the following menu:* **[Walls without flanges at its end]**, **[Wall with wide flanges at its ends]**, **[Wall with narrow flanges at its ends]**, **[Wall with one of its end connected to a transversal flange]**, *and* **[See more details]**.

Student: *clicks on the* **[Walls without flanges at its ends]** *option.*

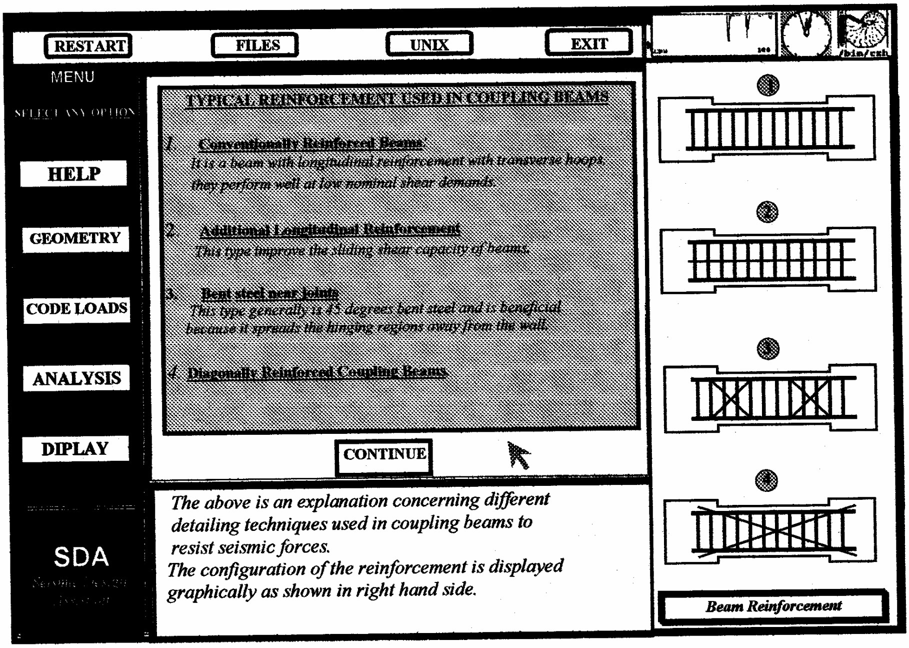
System: asks the following information: walls height, width, and thickness, and story height.

Student: *inputs Hw=56 m, Wd1=6.71 m, Wd2=6.71 m, Wt=0.356 m, Hs = 2.75 m, and NF = 10.*

System: *The 2D geometry of the coupled wall is displayed to the student to visualise it and check for any data errors.*

The system will execute the FORTRAN program LAMINAR.FOR. The system then informs the student about the termination of the running of the program and displays graphically the analysis results: lateral deflection, shear forces in beams and walls, axial forces and moments in walls, and elastic drift at each floor level as shown in Fig. 6.

The steel reinforcement for coupling beams and walls is estimated using the Capacity Design Procedure. The student has the choice to choose the preferred bar diameter for beams and walls. The system displays graphically the steel configuration used in beams and walls (see Fig. 7).



شكل ٧ : عرض لأنواع حديد التسليح ا ستعمل ا كمرات ا دران ا رسانية ا تصلة