مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (5) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (5) 2016

دراسة وتقييم الإهتزازات الميكانيكية باستخدام الحاسوب

نديمة لبان*

(تاريخ الإيداع 3 / 9 / 2015. قُبِل للنشر في 13/ 10 / 2016)

□ ملخّص □

تتطور صناعة الآلات من أجل زيادة سرعتها وقدرتها وإنتاجيتها، لكن ذلك يترافق مع زيادة التأثيرات الميكانيكية والحمولات الديناميكية بين عناصر وأجزاء تلك الآلات، مما يؤدي إلى نشوء الإهتزازات الميكانيكية فيها والتي تسبب بدورها أضرارا بالغة في الآلات وتؤثر بشكل سلبي على المحيط الذي تتواجد فيه .

تعتبر دراسة الإهتزازات الميكانيكية ذات أهمية بالغة لطلاب العلوم الهندسية والتقنية لمعرفة الإهتزازات التي يمكن أن تنشأ في الآلة التي يجري تصميمها، أو دراسة الإهتزازات الحاصلة في الآلات قيد الإستثمار لعزلها والتقليل من آثارها السلبية. لذلكتم إعداد برنامج نمذجة يوضح طريقة لنمذجة بعض الموديلات الرياضية التي تمثل بعض حالات الإهتزازات الممكنة ويحدد أهم البارامترات التي تصف الحركات الإهتزازية المختلفة، حيث تم اختيار لغة برمجة ملائمة لدمج وإظهار الرسوم والشروحات النصية ومحاكاة الحركة الحاصلة في برنامج واحد، وقد طبق البرنامج على أنواع مختلفة من مسائل الإهتزازات،حيث يتيح عرضها بشكل بسيط وسهل من خلال دقة قيم البارامترات الناتجة مقارنة مع لغات برمجية أخرى مختلفة.

الكلمات المفتاحية : حركة اهتزازية، المحاكاة، النمذجة .

* **مشرفة على الأعمال – قسم القوى الميكانيكية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين – سورية**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (5) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (5) 2016

Study and Evaluation of Mechanical Vibrations Using Computer

Nadimah Labbane*

(Received 3 / 9 / 2015. Accepted 13 / 10 / 2016)

□ ABSTRACT □

Machine developing aimsto improve its velocity, capability and production,this is accompanied by increase of Mechanical side effects and the dynamical loads between the Machines elements and parts, that may conduct to rise the Mechanical vibrations and may cause a lot of damage in these machines, and cause negative effects on the environmentaround these machines, the study of Mechanical vibrations has a significant importance for engineering and technical students, to have knowledge of Mechanical vibrations that may arise in the machines under design process, or to study the mechanical vibrations resulting in the machines under use to isolate these vibrations and attenuate of its negative effects, for that we introduced an simulation program to show and illustrate a method to simulate some mathematical models representing some of possible types of vibrations, and to determine the most important parameters that describe the different vibrations motions, we choose an suitable programing language to merge this simulated models with an illustration and learning texts and drawings and animations in one executable application, this application show the models and the results in simple and very clear manner, and show the results in high resolution comparing with other programing languages.

Key Words: Vibration motion, modulation, simulation.

* **Work Supervisor, department of mechanical.eng, faculty of mechanical and electrical engineering, Tishreen university, Syria**

مقدمة :

يسبب ظهور الإهتزازات في الآلات آثار سلبية عديدة منها : تغير قانون حركة الآلة عن التصميم الموضوع لها، إنخفاض في متانة عناصرها حيث يمكن أن تنشأ الشقوق الميكروية التي تتطور بسرعة لتحصل حوادث الإنهيار بالتعب، تغير في التركيبة الداخلية لمعادن الآلة وسطحها الخارجي، زيادة في درجة حرارة السطوح المحتكة ببعضها مثل الإزدواجات الحركية بين عناصر الآلات، كما يتولد الضجيج مما يؤثر على قدرة الإنسان على العمل والإنتاج.لذلك فإنه من واجب مصممي ومنتجي الآلات إيجاد آلات أكثر توازنا وبأقل مستوى من الإهتزازات فيها، كما أنه من واجب المهندس الميكانيكي المستثمر لتلكالآلات دراسة وتحليل الإهتزازات وإيجاد طرق عزلها ومنع انتقالها، والتقليل قدر الإمكان من أضرارها على الآلات نفسها والتجهيزات الأخرى المجاورة لها وعلى الإنسان المشغل لتلك الآلات.

تبدأ دراسة الإهتزازات في الآلات والمنشآت الهندسية من تحويل النموذج الحقيقي المدروس إلى شكل تخطيطي أو نموذج فيزيائي (physical model) يعكس الجوهر الأساسي للنموذج الحقيقي، بحيث يحوي العناصر الأساسية فيه والعوامل والقوى المؤثرة، كما يوفر كل المعطيات اللازمة من أجل التعبير عن الآلة أو المنشأة رياضيا وإجراء حساباتها النظرية، أي أنه يحدد الإحداثيات اللازمة لدراسة حركة النظام المهتز في كل لحظة من الزمن ويتم وضع الموديل الرياضي لحركته (mathematical model) والذي يوصف هذا النموذج اعتمادا على قوانين نيوتن و دالامبير أو معادلة لاغرانج و غيرها . تقدم حلول المعادلات التفاضلية للحركات الحاصلة مفاهيم ووصف فيزيائيعن الحركة والإهتزاز في النموذج الفيزيائي والتي يجري تقييمها وتحليلها بهدف التحكم بمستوى الإهتزازات عند حدود معينة أو الحد من القوى الديناميكية المنتقلة نتيجة الإهتزاز إلى نقاط الإستناد. يتم على ضوء النتائج الحاصلة تعديل النموذج الفيزيائي الذي يمثل الآلة أو المنشأة ثم إدخال تلك التعديلات في النموذج الحقيقي لتخفيف الإهتزازات الحاصلة فيه أوعزلها قدر الإمكان .

بهذا الشكل فإن أحد الجوانب الهامة في نجاح عملية دراسة وتحليل الإهتزازات هو استخدام الموديلات الرياضية الملائمة والتي يمكن تطويرها باستخدام النمذجة على الحواسيب الآلية، إضافة إلى إجراء الحسابات باستخدام طريقة العناصر المنتهية للتجهيزات والآلات والعناصر ذات الخصائص الإهتزازية المعقدة، فالنمذجة على الحاسوب أداة رياضية ملائمة لوضع النماذج الرياضية للإهتزازات وإجراء كل الحسابات المتعلقة بها وفي حالات مختلفة متعددة [1] [2] [3] [4][5][6][7][8][9].

أهمية البحث و أهدافه :

تكمن أهمية العمل المقترح في تبيان أهمية البرمجةلتوفير أداة ملائمة لإجراء الحسابات ورسم المنحنيات اعتمادا على البارامترات والقيم المدخلة من خلال واجهات رسومية ولدمج عرض شروحات نصية ورسومية توضيحية، وبالتالي تشكل أساسا لبناء برامج تحليل وتصميم هندسية قوية في مختلف المجالات،حيث قمنا بتبيان طريقة برمجيةلدراسة وتحليل الإهتزازات الميكانيكية التي تحصل في الآلات وتحديد بارامتراتها بهدف التقليل من آثارها السلبية ومنع انتقالها، أي دمج النمذجة مع الشروحات التعليمية بشكل أساسي، ويكون الهدف من البحثإعداد طريقة وبرنامج حسابي لتوضيح وتسهيل دراسة وتحليل الإهتزازات لتحقيق الفائدة العلمية للطلاب الدارسين والمهندسين المهتمين بهذا الجانب من العلوم الهندسية.

طرائق البحث ومواده :

نعتمد في البحث طرق التحليل العلمي لظواهر الإهتزازات الميكانيكية في الآلات والتجهيزات، ثم وضع الموديلات الرياضية التي تصفها وإعداد برنامج مبني على إجراء حسابات تعتمد على بنى معطيات تحوي حقولا للبيانات تعبر عن بارامترات الإهتزازات المدروسة، بالإضافة إلى بعض بارامترات الخصائص الرسومية المستخدمة في إظهار النتائج في واجهات البرنامجوإجراء محاكاة الحركة الإهتزازية وإنشاء الرسوم التي تعبر عنها، كالدمج بين الشروحات العلمية والحسابات الخاصة بالنماذج المدروسة، ومن ناحية البرمجة اعتمدنا على البحث عن مقارنة بين مختلف أنواع لغات البرمجة الأكثر شيوعا في أيامنا هذه والبحث عن مقاطع برمجية جاهزة بمختلف لغات البرمجة تساعد في تحقيق برنامج يحقق النمذجة للحالات المدروسة وعرض الشروحات المتعلقة بها،حيث تم استخدام لغة البرمجة Embarcadero Delphi 2010وتم استخدام السجلات التي تتيحها لغة Delphiوبعض الأدوات القابلة للبرمجة بهذه اللغة، و ذلك لتسهيل كتابة التعليمات ولتسهيل التعامل مع مجموعة البارامترات المعتبرة، ويعد هذا مقدمة لتطوير برنامج أكثر شمولية لمختلف أنواع الإهتزازات التي نصادفها في التجهيزات والآلات، أو لتطوير برامج هندسية تعليمية أخرى[14][13][12][11][1].

البرمجة و أهمية استخدامها في البحث :

تمكننا البرمجة من إجراء الحسابات الدقيقة وعرض النتائج رسوميا و بطريقة Animation وعرض نصوص باللغتين العربية والإنكليزية [14][13][12]، مما يتيح وضوحا أكبر لفهم المسائل الهندسية عند نمذجتها وذلك تبعا للخوارزمية المستخدمة، وحسب المواضيع والنقاط التي نود التركيز عليها من حسابات ورسومات وعرض متتالي لصور توضيحية ونصوص مرفقة، مع إمكانية تعديل العرض تبعا لتغير البارامترات المدخلة في زمن تنفيذ التطبيق [14]، ويشير ذلك إلى أهمية إنشاء مخابر إفتراضية برمجية بشكل مترافق مع المخابر العملية المستخدمة في تدريس القسم العملي للمواد الهندسية .

من البديهي أن كل لغات البرمجة تؤدي نفس الغرض بشكل عام، لكن يكمن الإختلاف بمدى توافر الأوامر والأدوات التي تسهل عمليات معينة، حيث تختلف لغات البرمجة عموما في ذلك وفي مدى التعقيد في البرنامج لتحقيق الهدف المطلوب منه [14].

يمكنباستخدام البرمجة القيام بتنويع طرق عرض النتائج الرسومية وخصائصها وطرق التفاعل مع عملية إدخال البارامترات للنماذج المدروسة [14][13]، لكن اكتفينا بالبعض منها لأن هدفنا الأساسي هو توضيح بناء أساس برمجي للقيام بدراسة نماذج الإهتزازات ودمجها مع الشروحات فقط .

النتائج والمناقشة:

– **مناقشة إختيار لغة البرمجة المستخدمة :** تم الإكتفاء في العمل المقترح بنمذجة نوعين أساسيين من الأنظمة الميكانيكية التي تتعرض للإهتزازات، وذلك لأنه يمكن تطوير برنامج أكثر شمولية لمختلف أنواع حسابات الإهتزازات والمخمدات وإنشاء مكتبة كبيرة وغنية من التوابع البرمجية لعرض الشروحات النصية والرسومات التوضيحية والمعادلات التي تصف الحركات الإهتزازية وحساباتها ورسم المنحنيات الناتجة مع التوضيحات اللازمة عليها بعدة طرق، والتفاعل بحيوية مع مستثمر البرنامج بشكل مباشر عن طريق تغيير البارمترات المدخلة المعبرة عن النظام

الميكانيكي والإهتزازات الحاصلة فيه، حيث تبين التوابع التي تمت برمجتها في الحالتين اللتين وضحناهما في هذه الدراسة بداية لبناء مكتبة برمجية. إن السبب الرئيسي بعدم اعتماد لغة MATLAB الغنية بالتسهيلات في مجال حسابات التوابع الرياضية المعقدة وبالرسومات الغرافيكية هو درجة التعقيد في برمجة الربط ضمن برنامج واحد في هذه اللغةبين حسابات التوابع المعبرة عن الإهتزازات الحاصلة وربط عرض متتالي للشروحات النصية والرسومات التوضيحية والإظهار الرسومي لحركة أجزاء الموديل كتغير مع الزمن بشكل مرتبط مباشرة بإدخالات القيم من مستثمر برنامج المحاكاة، حيث قمنا ببحث عميق في منتديات البرمجة على الويب باللغات الثلاث العربية والإنكليزية والفرنسية للحصول على برامج مشروحة توضح مثل هذه الحالة بعدة لغات برمجة، مما أدى إلى اختيارنا للغة Delphi لإنشاء البرنامج المطلوب حيث وجدنا في الموقع [14] برنامجا كاملا يحقق الخواص المطلوبة مطبق على حالة حسابات ورسم يعكس مباشرة قيما مدخلة لبعض البارامترات لتابع sinc ولتابع كسري ويعطي مثالا لتحديد العديد من الخصائص الرسومية في عملية الرسم لمنحنيات التوابع، ونظرا لقوة أداء هذه اللغة البرمجية المماثلة بالعديد من الأمور للغات Microsoft visual studio 2010، قمنا بتعديلات بسيطةعلى الخوارزمية بإنشاء البرنامج المطلوب باستخدام لغة Embarcadero Delphi 2010 . تتميز طريقة البرنامج بأنها غير مسبوقة حيث تأكدنا من ذلك بعد بحث متكرر على الويب حتى تاريخ 1 – 8 – 2015 ،ومن ثم وجدنا بعض البرامج الجاهزة بلغة Java تغطي بعض النقاط التي يغطيها برنامجنا ولكن بشكل مختلف و لم نجد تفاصيل في الكود والتعليمات المستخدمة لبناء هذه البرامج .

قمنا بإجراء بحث في الويب وخاصة ضمن العديد من مواقع عرض شروحات تعليمية للبرمجة باللغات الثلاث الإنكليزية والفرنسية واللغة العربية، حيث وجدنا في الموقع [14] مجموعة من الخوارزميات الموضحة والمجهزة بشكل واضح فيما يتعلق برسم التوابع في مستوي ثنائي الأبعاد ومنها رسم للتابع sinc مع إمكانية تعديل العديد من قيم الخصائص الرسومية والأنيميشين، و كذلك العديد من الشروحات لاستخدام لغة Delphi، وإمكانية الإستفادة منها قمنا بتعديل العديد من الخوارزميات الجاهزة في موقع ويب [14] الذي وجدنا أنه تم فيه عرض كثير من التفاصيل لتحقيق العديد من الخوارزميات في مجال رسم التوابع في المستوي 2D مقارنة مع بقية المواقع التي تعرض شروحات توضيحية في مختلف لغات البرمجة، ووجدنا أن اللغة Embarcadero Delphi تتيح العديد من الإمكانيات الكبيرة في تحقيق حسابات دقيقة وتعطيالعديد من التوابع الرياضية الجاهزة والمتاحة مسبقا في Delphi في الوحدة math المرفقة ضمن هذه اللغة، وتقدم تسهيلات مقبولة في مجال الرسم شبيهة إلى حد كبير بلغات Microsoft Visual Studio 2010، وتوفر بنى معطيات متنوعة جدا وسهلة الإستخدام مثل الأداة القابلة للبرمجة TStringGrid،أضف إلى أنها تتيح إمكانية دمج النصوص باللغتين العربية و الإنكليزية و الرسومات في الواجهات بطريقة مقبولة .

وقد قمنا بالمقارنة بين ميزات العديد من لغات البرمجة لتحديد مدى كون اللغة التي اخترناها مناسبة لدراستنا هذه ومدى السهولة في تحقيق الخوارزميات المطلوبة لها، فكان سبب اختيارنا لهذه اللغة باختصار:

– إمكانية استخدام الخوارزميات والأكواد الجاهزة في الموقع المذكور مع إجراء التعديلات عليها لتناسب دراستنا هذه، وسهولة تصميم واجهات متعددة ومعقدة باللغة Embarcadero Delphi 2010 مقارنة ببقية لغات البرمجة المتوفرة، واستخدام التعليمات الأساسية بأقل مستوى من التعقيد لبناء الخوارزميات المطلوبة [14].

الميزات التي استخدمناها لتحسين توضيح النتائج :

وجدنا أن استخدام التحديد الآلي برمجيا للمقياسين الأفقي والشاقولي وإضافة إمكانية تعديل هذين المقياسين عند عرض المنحنيات الناتجة رسوميا في الخوارزمية التي قمنا بتحقيقها، مكننا من توضيح العديد من النتائج بشكل أفضل.

ما قمنا ببرمجته في البرنامج : تم دمج عرض النصوص والصور وإجراء الحسابات وإظهار النتائج بشكل رسومي في واجهات متعددة في التطبيق، مما سهل وضوح الكود والتعديلات عند الحاجة على عمليات البرنامج.

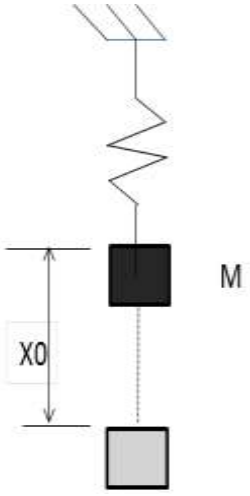
نشير هنا إلى إن الخصائص الرسومية لرسم منحنيات التوابع ذات عدد كبير، و كذلك طرق توضيح النتائج الحسابية وعمليات إظهارها،كما أنه توجد إمكانيات متعددة لتصميم الواجهات التفاعلية للبرنامج،لذلك قمنا باختيار مجموعة محدودة منها، وصممنا واجهات البرنامج ليتمكن مستثمر البرنامج من تعديل بعض هذه الخصائص في زمن تنفيذ البرنامج، لكن يمكن تطوير برنامج ذو درجة كبيرة من التعقيد ليشمل إمكانيات أكبر، فالهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو توضيح وتبيان أن البرمجة تتيح النمذجة و التوضيح للمسائل الهندسية بشكل مناسب للدارسين وليس الوصول إلى أعلى درجات التعقيد الممكنة لبناء البرامج اللازمة،بالمقارنة مع بقية لغات البرمجة من حيث التسهيلات في تحقيق برنامج مشابه للبرنامج الذي حققناه يتربع Matlabفي مجال الحسابات و المسائل الهندسية والغرافيك على أعلى قمة، فهو يتيح عدد هائل من التوابع والأدوات الحسابية والرسومية ذات العدد الكبير من الخصائص القابلة للتعديل، إلا أن بناء واجهات متعددة عملية صعبة نسبيا باستخدامه ولا تتيح هذه اللغة إلا أدوات محدودة في بناء الواجهات،كما يصعب الربط المباشر بين تعديل المدخلات وعرض Animation في زمن تنفيذ التطبيق.

تقترب لغات البرمجة Microsoft Visual Studioمن الإمكانيات التي تتيحها لغة Delphi، إلا أن بناء واجهات متعددة يكون أصعب باستخدام هذه اللغات، ولا تتيح الخوارزميات المعروضة في مواقع ويب الكثير في المجال المدروس اعتمادا عليها،لكنه يمكن بناء نفس التطبيق باستخدام هذه اللغات.

تتيح لغات HTML و JAVASCRIPT إمكانيات كبيرة في مجال دمج النصوص و الحسابات و الرسومات وعروض Animation،ويمكن إقتراح دراسة في المستقبل لاستخدام هذه اللغات في المجال الذي ندرسه .

أحد الأمور التي تميز بها عملنا هو استخدام خوارزميات مبسطة و تحقيق هذه الخوارزميات بأنواع التعليمات الأساسية التي تتيحها لغة [14][13][12]Embarcadero Delphi 2010.

الأساس النظري للبرنامج :جرى قبل إعداد البرنامج المقترح تحديد النماذج الرياضية من خلال تحليل الحركات الإهتزازية التي يمكن أن تحصل في المجموعات الميكانيكية، بوضع معادلات الحركة وإيجاد حلولها وحساب البارامترات التي تصفها من أجل دراستها وتقييمها[10][9][7][6][2][1] و منها :



شكل (1) نموذج لحركة اهتزازية حرة بدون تخامد

الإهتزازات الحرة بدون تخامد :وتحصل في المجموعات الميكانيكية بوجود الكتل وتوفر المرونة وعند إزاحة ابتدائية بسيطة لها عن وضع التوازن مع انعدام التأثيرات الخارجية على الحركة الحاصلة، يمكن توضيحها من خلال النموذج المبينعلى الشكل (1) .معادلة الحركة:

$$\ddot{x} + wn^2.x = 0 \qquad (1)$$

وحلها من الشكل:

$$X = A \cos Wn\, t + B \sin Wn\, t \qquad (2)$$

بارامتراتها : كتلة M ذات وزن $W=M\ x\ g$ (3) ومرونة يمثلهاالنابض K،

تزاح عن وضع التوازن لمسافة $X0$ ، $X0\ [m]$ ، $K\ [N/m]$ ، $M\ [Kg]$،

حيث:

$$wn = \sqrt{\frac{K}{M}} \quad (4)$$

هو تردد الحركة الحاصلة وواحدته [1/s]

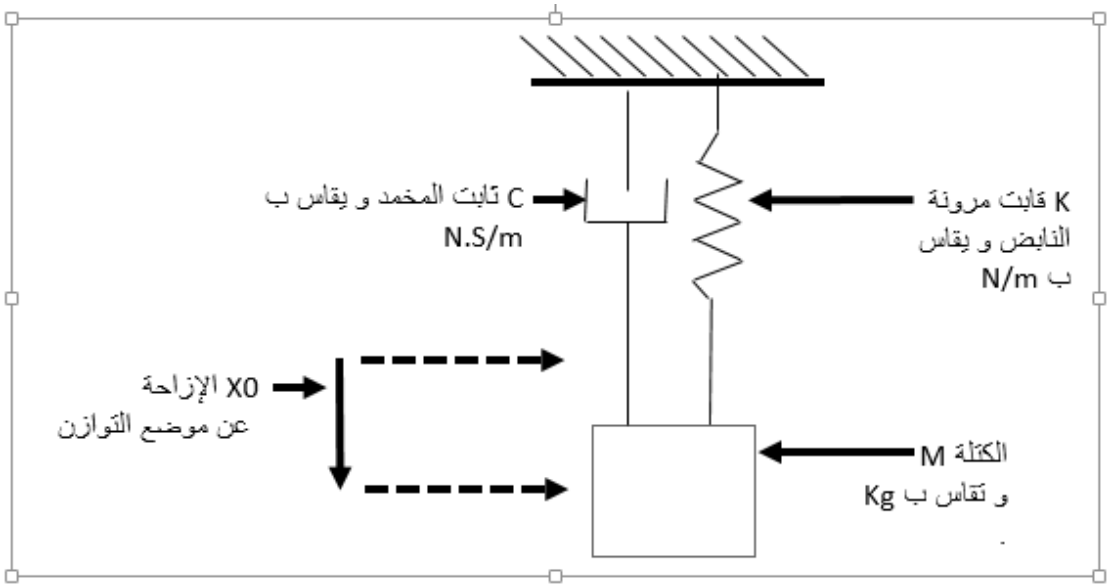
ويتطابق هنا معالتردد الذاتي للنظام المتعلق بالكتلة والمرونة فيه،حيث دور الحركة:

$$T = \frac{2\times\pi}{Wn} \quad (5)[\ s\ ]$$

A و B ثوابت توجد قيمها من الشروط الإبتدائية[9][2][1]:

$$A=X0 \quad (6)$$ و $$B = \frac{X0}{Wn}$$

الإهتزازات المتخامدة :



شكل (2) الإهتزاز الحر المتخامد د

وتحصل في المجموعات الميكانيكية التي تهتز بشكل حر لكن تتعرض لقوى مقاومة لحركتها تعمل على امتصاص طاقة الإهتزاز وتخميده، وقد تكون تلك القوى ناتجة عن وجود مخمدات ذات مقاومة لزجة تعطي قوة إخماد متناسبة مع السرعة، وثابتالمخمد:

$$D = C\ .\ v \quad (7)$$

أو قوى إحتكاك جاف بين السطوح وفي أماكن الإزدواجات الحركية في الآلة:

$$R = \mu\ .\ N \quad (8)$$

متناسبة مع الضغط الناظمي على السطوح ومعامل الإحتكاك بينها،وفي كلا الحالتين تتخامد الإهتزازات لكن شكل تناقص سعتها مع الزمن يكون مختلفا، ففي الحالة الأولى يكون التناقص لوغاريتميا بينما في الثانية يكون التناقص بشكل خطي .

في حالة المخمد ذو مقاومة لزجة :

معادلة الحركة:

$$\ddot{X} + 2\ P\ \dot{X} + wn^2\ X = 0 \quad (9)$$

حل معادلة الحركة حسب حالة التخامد :

حيث $wn^2 = \frac{K}{M}$ (10)، $P = \frac{C}{2\ M}$

فيما يلي عرض بعض حالات شروحات البرنامج:

1 – حالة أولى للإهتزاز المتخامد بوجود مخمد ذو مقاومة لزجة (P<wnتخامد ضعيف) :

معادلة الإزاحة كتابع للزمن:

$$X = e^{-Pt}(\ A\cos W_d\ t + B\sin W_d\ t\ ) \quad (11)$$

حيث $W_d = \sqrt{wn^2 - P^2}$ (12) ، $B = \frac{\dot{X}0 + P\ X0}{W_d}$ ، A=X0[

تم الحصول على الثابتين A و B من الشروط الإبتدائية ويمكن تحسين علاقة معادلة تغير الموضع كتابع للزمن في هذه الحالة لتصبح :$X = a\ .\ e^{-Pt}\cos(\ W_d\ t + \alpha)$ (13)

حيث : $\alpha = arctg\frac{A}{B}$ ، $a = A^2 + B^2$، ويمكن حساب الثوابت التالية :

درجة التخامدδ:

$$\delta = P\ .\ T_d = ln\frac{a_i}{a_{i+1}} \quad (14)$$

نسبة تخامد هزتين متتاليتين:

عامل إمتصاص الطاقة : $\Psi = 2\ .\ P\ .\ T_d = 2\ .\ \delta$

2 – حالة ثانية للإهتزاز المتخامد بوجود مخمد ذو مقاومة لزجة (P=wnتخامد حرج) :

فتكون معادلة تغير الإزاحة كتابع للزمن:

$$X = \left(\ a_1\ + a_2\ .\ t\ \right)\ e^{-z.t} \quad (15)$$

حيث $z = -p$

$a_2 = \dot{X_0} + z\ .a1$ و ، $a_1 = X_0$ (16)

ثابت الإخماد الحرج $C_c = 2\sqrt{K\ .\ \ M} = 2\ M\ .\ W_n$ ، نسبة الإخماد $\xi = \frac{C}{C_c}$.

3 – حالة ثالثة للإهتزاز المتخامد بوجود مخمد ذو مقاومة لزجة ($wn < P$ تخامد شديد) :

فتكون معادلة تغير الإزاحة كتابع للزمن:

$$X = e^{-Pt}\left(\ a_1\ .\ e^{\ \lambda_1.\ t}\ + a_2\ .\ e^{-\lambda_2.\ t}\ \right) \quad (17)$$

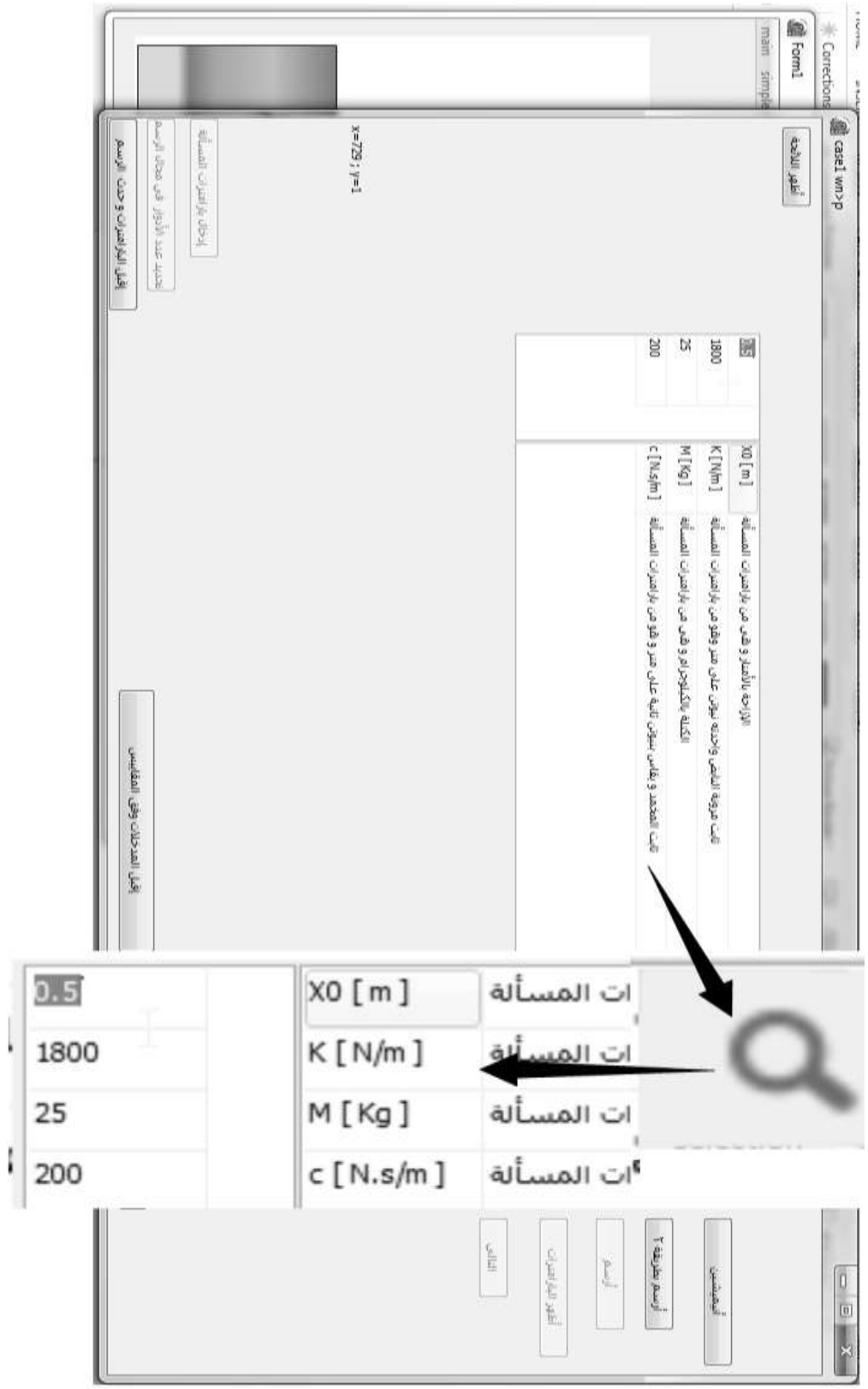
حيث $\lambda_1 = -p + \sqrt{p^2 - {W_n}^2}$ (18)، $\lambda_2 = -p - \sqrt{p^2 - {W_n}^2}$

ومن الشروط الإبتدائية يكون : $a_1 = \frac{\lambda_1\ .X_0 - \dot{X_0}}{(\lambda_1 - \lambda_2)}$ ، $a_2 = \frac{\lambda_2\ .X_0 + \dot{X_0}}{(\lambda_1 + \lambda_2)}$.

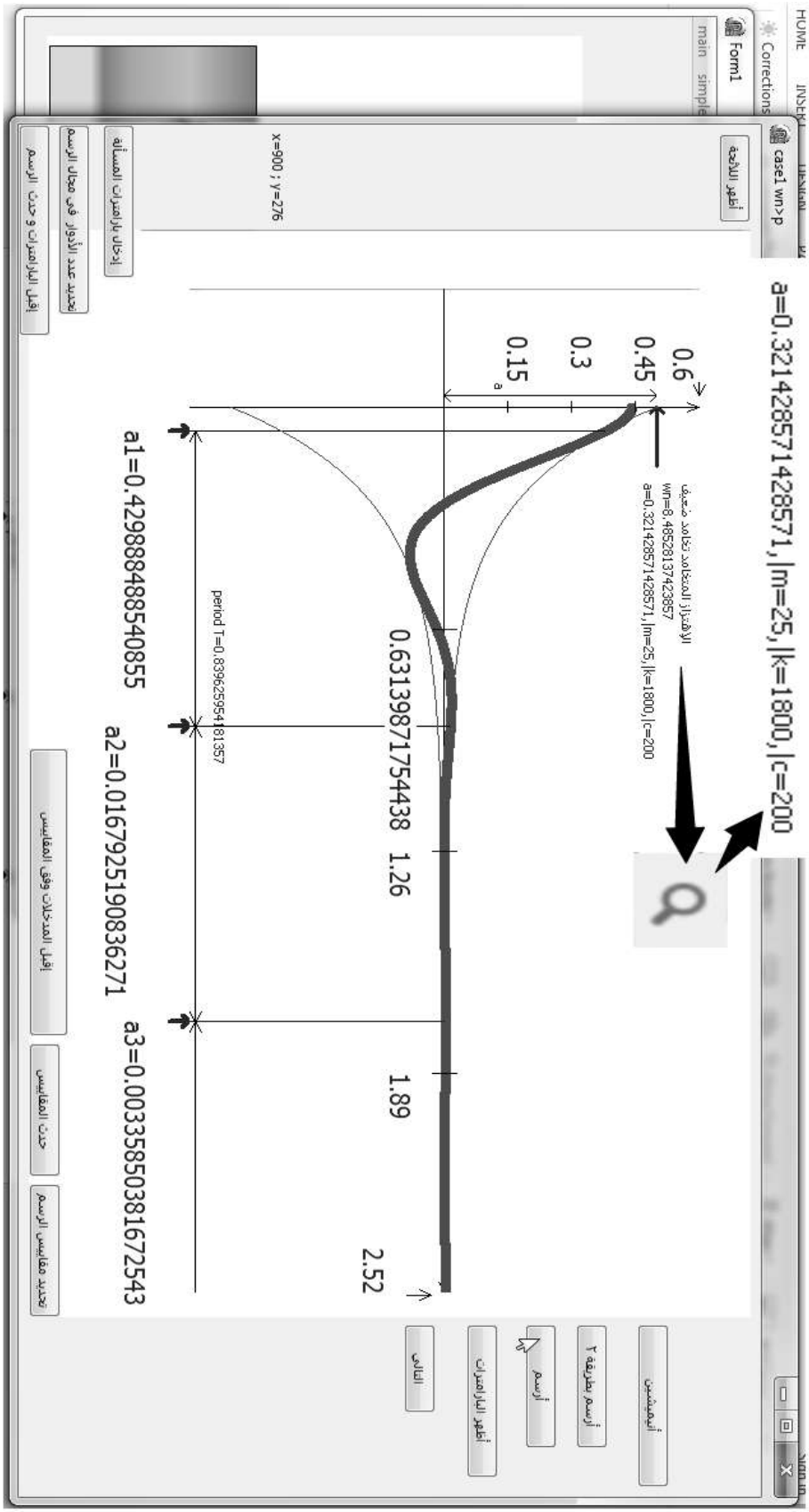
عرض لحسابات الحالات السابقة في واجهة البرنامج :

ملاحظة : في كل الحالات عند النقر على الزر المعنون ب : إقبل البارامرات وحدث الرسم، تختفي جداول الإدخالات ويتم تخزين القيم المدخلة في بنية المعطيات المتعلقة بنوع المسألة التي تتم معالجتها.

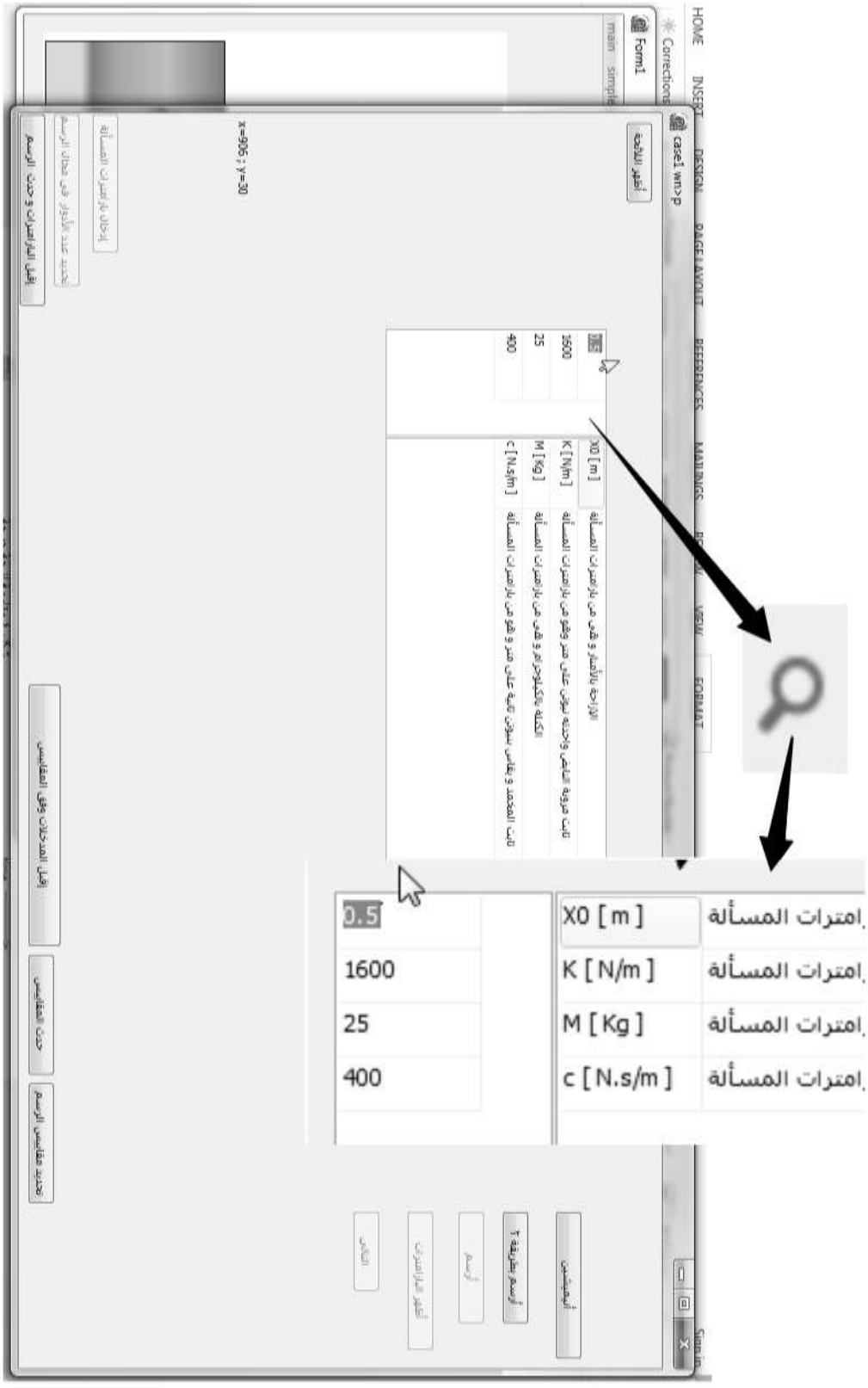
تشير الأسهم السوداء العريضة و رمز العدسة المكبرة في كل اللقطات التالية إلى تكبير بعض أجزاء اللقطة لتوضيح الأرقام.



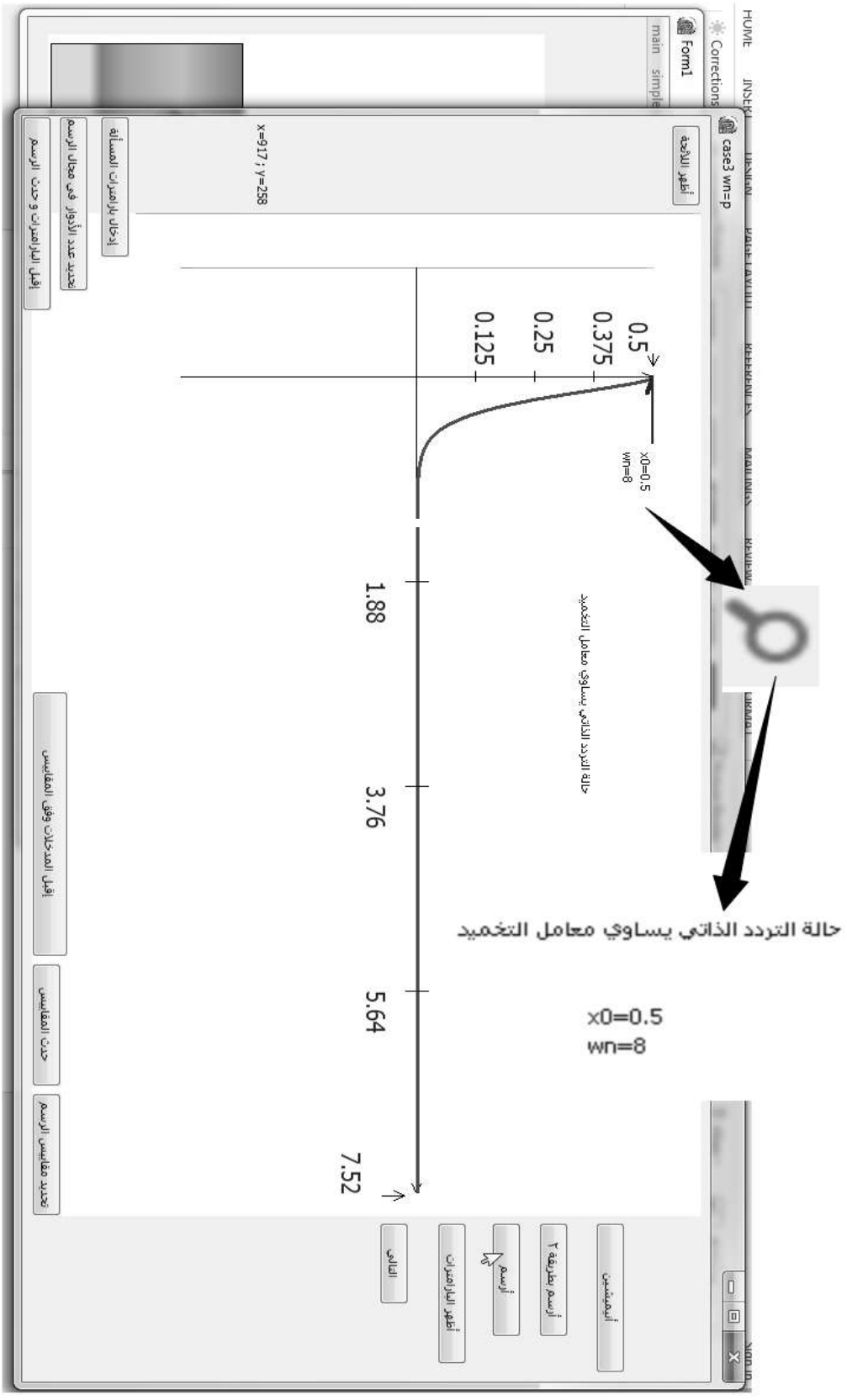
شكل (3) واجهة إدخال بارامترات المسألة و تظهر فيها جدول لإدخال قيم X0 , m , K , c .
و ذلك لحالة مقاومة إخمادية ضعيفة



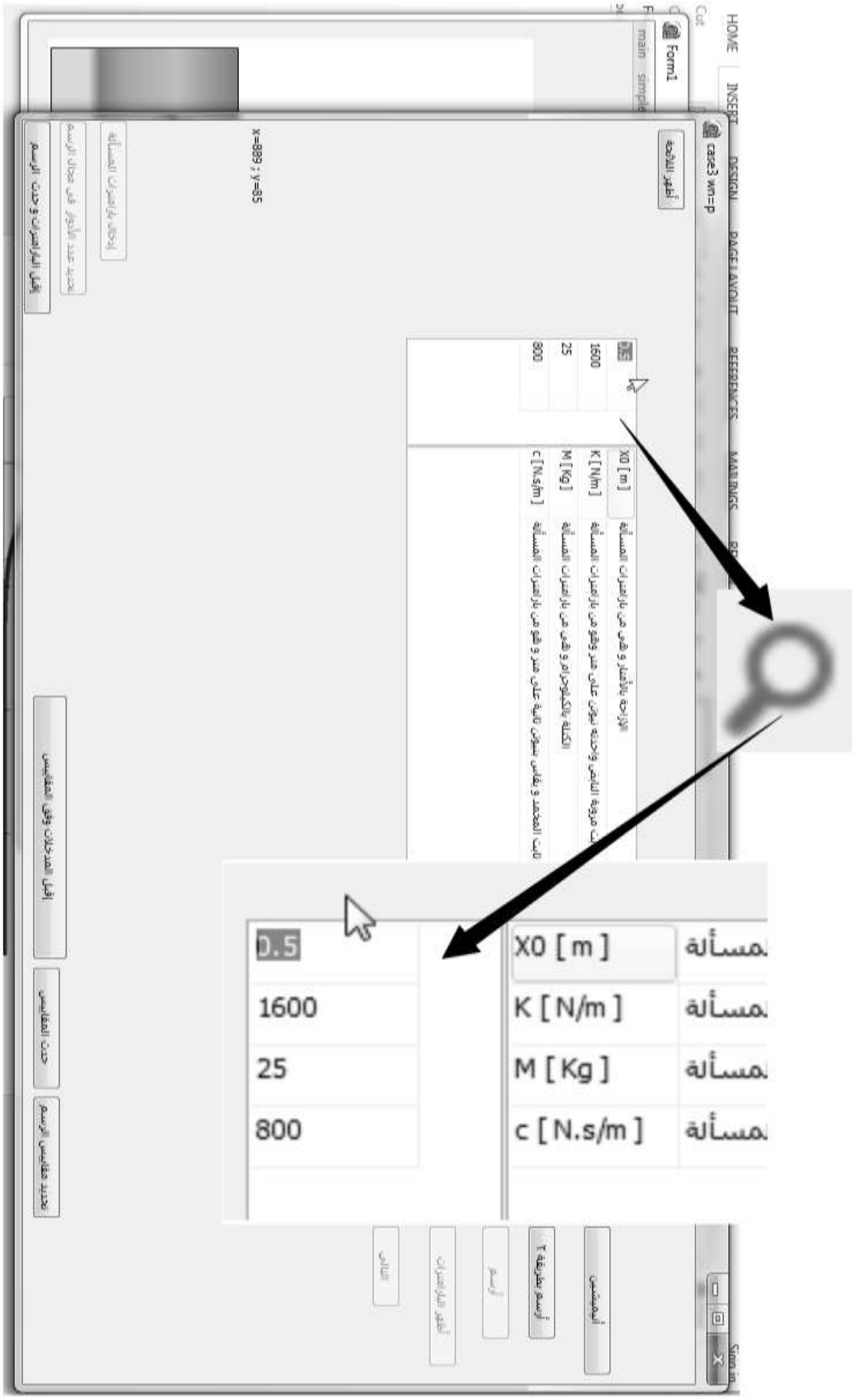
شكل (4) مقاومة إخمادية ضعيفة



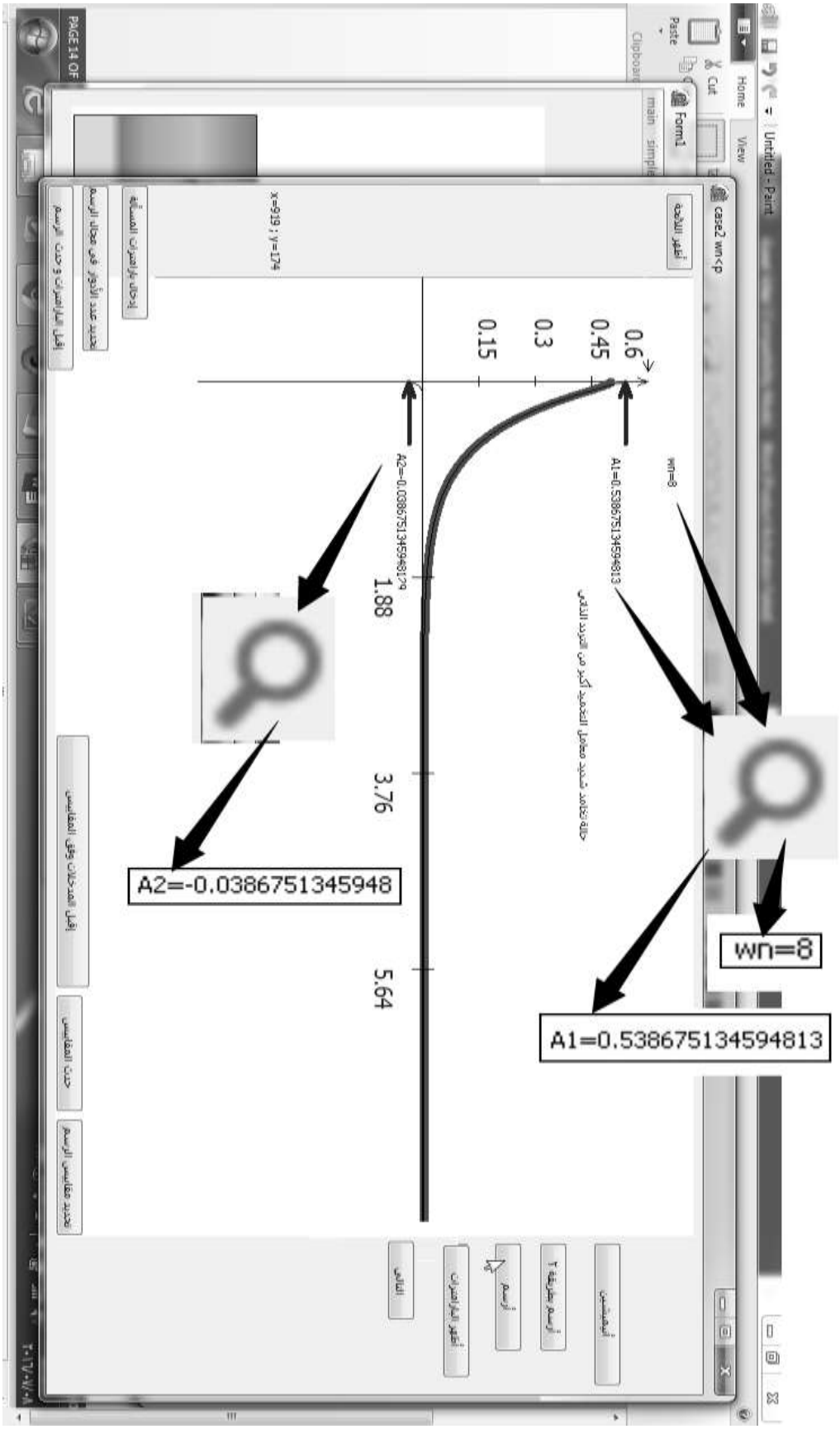
شكل (5) واجهة إدخال بارامترات المسألة و تظهر فيها جدول لإدخال قيم X0 , m , K , c .
و ذلك لحالة مقاومة إخمادية في الحالة حرجة



شكل (6) مقاومة إخمادية في الحالة حرجة



شكل (7) واجهة إدخال بارامترات المسألة و تظهر فيها جدول لإدخال قيم X0 , m , K , c .
و ذلك لحالة مقاومة إخمادية شديدة



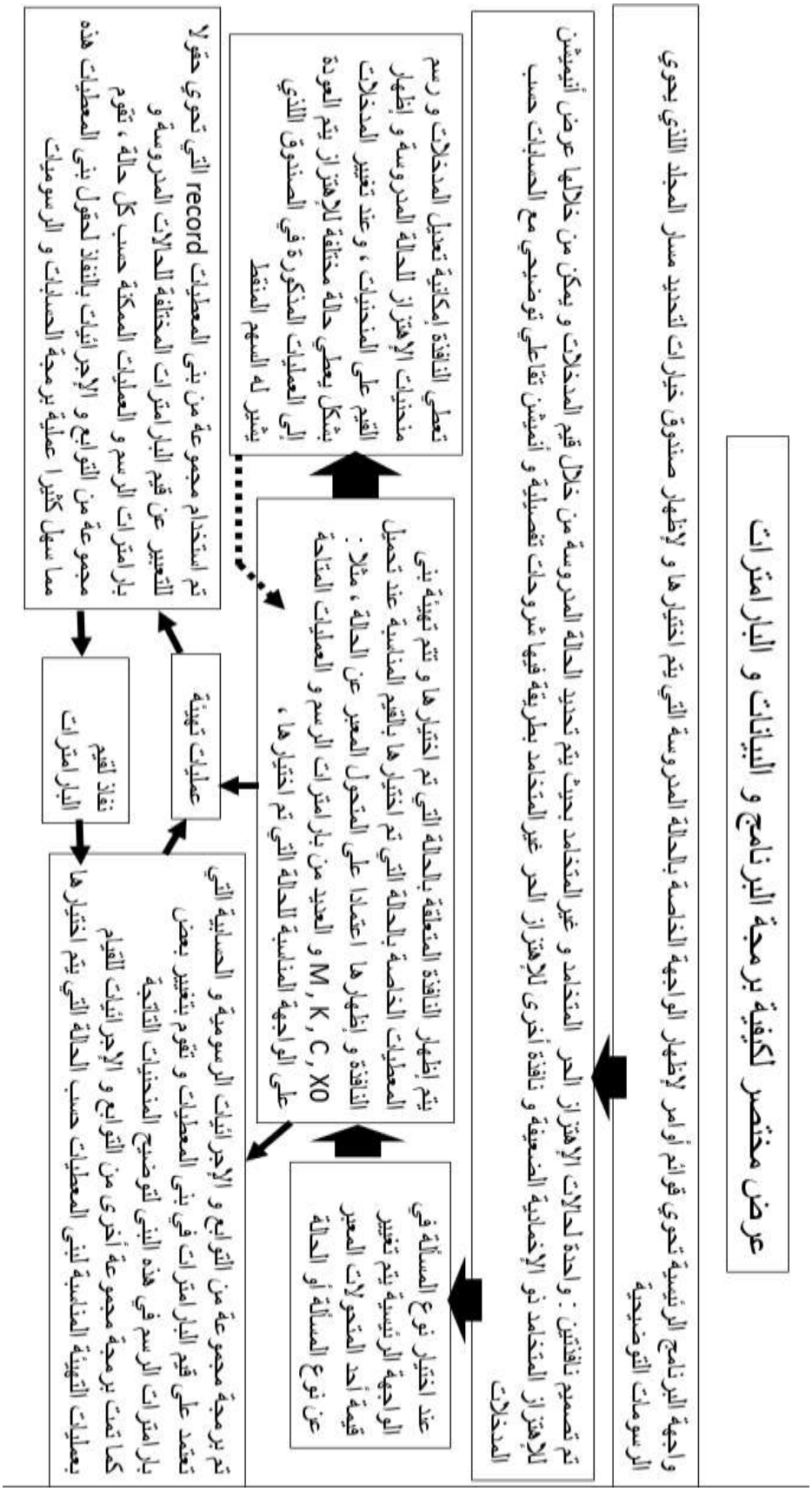
شكل (8) مقاومة إخمادية شديدة

في البرنامج الذي صممناه تم الحساب فقط لحالتي الإهتزاز الحر غير المتخامد و الإهتزاز الحر المتخامد بوجود مقاومة لزجة، وذلك لأن كل الحالات التالية يمكن نمذجتها بنفس طريقة الكود مع تغيير التعابير الحسابية بشكل مناسب لتحسب الثوابت حسب الحالة و لترسم معادلة تغير الموضع مع الزمن حسب الحالة المدروسة [9][1].

عرض مختصر لطريقة البرنامج :

تم اعتماد برمجة إجرائية أوتابع واحد أو مجموعة من الإجراءات والتوابع لأداء كل عملية يؤديها البرنامج بحيث يتم استدعاؤها ضمن معالجات الأحداث للنوافذ المستخدمة في البرنامج .

تم استخدام البنى من نوع record للتعامل مع بارامترات المسائل التي تم نمذجتها لتسهيل كتابة التعليمات، وأيضا من أجل المتحولات المنطقية التي تتحكم بعمليات التفاعل مع واجهات البرنامج وتحديد نوع المسألة التي سيقوم البرنامج بنمذجتها تبعا للمدخلات في زمن التنفيذ :



شكل (9) عرض توضيحي مختصر لوظائف البرنامج و برمجته

– فكرة ملخصة عن استخدام البرنامج و عرض لواجهات البرنامج و العمليات التي يتيحها :

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

وجدنا أن كل الحالات الإهتزازية الحاصلة في الآلات وفي الأنظمة الميكانيكية من البسيطة الى المعقدة وحتى ما يحصل نتيجة جريانات السوائل يمكن نمذجتها بموديلات رياضية تتنوع بتنوع الأنظمة وتعقيدها، لذلك نقترح أن تتم برمجة تطبيق يحوي مكتبة غنية من التوابع الفرعية لنمذجة شاملة تفاعلية مع مدخلات البارامترات لتشمل أكبر عدد من الأنظمة المذكورة مع إمكانية إضافة نماذج أخرى في زمن تنفيذ البرنامج،و يمكن ذلك بتعاون مهندسين برمجيين مع مهندسين مختصين بالميكانيك لتطوير النمذجة التي حققناها لتشمل حالات أكثر تعقيدا.

التوصيات:

– يمكن تطوير برامج نمذجة تعليمية تفاعلية مرفقة مع المخابر اعتمادا على الطريقة التي استخدمت في البرمجة في هذه الدراسة.

– يمكن استخدام لغات البرمجة HTML, Java Script وغيرها لتطوير برامج لدراسة وحساب حالات فيزيائية مشابهة.

– يمكن إضافة خوارزميات لحل المعادلات التفاضلية تعطي نتائج كما في Matlab،وذلك لتطوير دراسة الحالات المعقدة ويشكل هذا أحد الإقتراحات للدراسات المستقبلية للمختصين بالبرمجة، وتكمن الفائدة العظمى في تحقيق تلك الخوارزميات دون الإعتماد على Matlab بإمكانية الحصول على برنامج تنفيذي مستقل وإمكانية دمج هذه الخوارزميات بالطريقة المناسبة في واجهات التطبيق المتعددة العمليات مما يحقق أفضل قدرة على تصميم الآلات بشكل يعطي جودة عالية .

المراجع:

1. MADHUJIT MUKHOPADHYA. *Vibrations Dynamics and StructuralSystems*.OXFORD & IBH PUBLISHING CO.PVT.LTD,2003,368.
2. JELALIM , KROLL, *Hydraulic Seruo-systems. Modelling Identification andControl*. Springer-Verlag , London, 2003,443.
3. KOLLEK W; KUDZMA Z; STOSIAK M.*Acoustic diagnostictesting in identification of phenomena associated with flow of working medium in hydraulic Systems, TWELV POWER* Seminar 2003 on Current Flow Design and Operational Problems of Hydraulic Machines and Equipment, Gliwice , Poland, 2003,507.
4. SCHOHL G.A.*Improved approximate method for simulatingfrequency-dependent friction in transient laminar flow*. Journal of Fluids. 1993, 420-424.
5. T.T.SOONG; G.F.DARGUSH.*Passive Energy Dissipation Systems inStructuralEngineering*, State university of New York at Buffalo, USA,1996,390.
6. JOHN WILEY& SONS. *Introduction To Dynamics And Control, LeonardMeirovitch* , College of ENGINEERING, Virginia Polytechnic Institute and State University,Blacksburg, Virginia,1985,328.
7. LEONARD MEIROVITCH.*Dynamics And Control Of Structures*,Department of Engineering Science and Mechanics, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia,1990,482.
8. BORIS G; KORENEV; LEONID M; REZNIKOV.*Dynamic VibrationAbsorbers Theory and Applications*,Moscow Civil Engineering Institute, Russia,Institute of Technical Mechanics of the Ukrainian Academy of Science,1993,569.
9. C. F. BEARDS BSc; PHD; CENG.*Structural Vibration: Analysis andDampingMraes, MIOA, Consultant in Dynamics, Noise and Vibration*,Formerly of Imperial College of Science, Technology and Medicine, University of London,1996,483.
10. http://fr.slideshare.net/PicoCalderon/control-book
11. http://www.codeproject.com
12. http://codes-sources.commentcamarche.net
13. http://www.developpez.com
14. www.ahmadmehrez2011.jimdo.com