

Artificial Neural Networks Modeling of Elasto-Plastic Plates

Ph. D. Thesis Submitted

By

Salim T. Yousif

To

The Council of the College of Engineering

University of Mosul

In Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of

Doctor of Philosophy

In

Civil Engineering (Structures)

Supervised by

Dr. Ayad Amjad Abdul Razzak

Assistant Professor

2007 A.D.

1428 A.H.

SUMMARY

This study illustrates the applications of the artificial neural networks (ANNs) for building models predicting the structural behavior for elasto-plastic plates with different ductile material properties, geometric properties, loads and boundary conditions. The data were collected using outputs of 4774 runs of nonlinear finite element analysis with Huber-Mises yield criterion. Sixteen ANN models were employed through this study. Nine ANN models cover the total solution for plates carrying uniform distributed loads, and seven ANN models for simply supported plates carrying concentrated loads. Back-Propagation Neural Network (BPNN) approaches were used in all models in this study.

The ANN models are developed to predict the following aspects of total solutions of elasto-plastic plates:

1. Load-deflection response.
2. Deflection patterns.
3. Moments M_{xx} and M_{yy} patterns.
4. Thickness of the plate.
5. Maximum design loads.
6. Elastic Modulus (E) and Yield Stress (f_y).

In general the results show that the ANNs can be used successfully as a reliable method for inverse and design problems, as well as alternative to conventional analysis method for predicting the structural behavior of elasto-plastic plates. On the other hand the ANN technique can perform models with good agreements corresponding to the FE results, especially when the output parameters of the model are less than its input parameters.

After training, the ANN model can often obtain results in almost negligible time as compared to similar works using the FEM. More over, FEM usually deal with only a single problem for each run, while ANN model can solve simultaneously a batch of problems.

One of the disadvantages of ANNs is the absence of specific rule to determine the number of layers and number of nodes in the hidden layers, but it depends on trail and errors and experience of researcher. In general the number of nodes in each hidden layer must be larger than the number of input or output nodes.

Finally, relative importance analysis was used to determine the relative importance of various inputs into predicting the outputs of the models. In predicting the structural properties of rectangular elasto-plastic plates under uniformly distributed loads, the relative importance of material properties are insignificant, while those of boundary conditions and geometry are more significant. In the case of simply supported square plates carrying concentrated loads, the position of the applied load shows significant relative importance with respect to other factors.

الخلاصة

هذه الدراسة توضح استخدامات تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية (ANNs) في تكوين نماذج التنبؤ بالسلوك الإنشائي للصفائح المرنة-اللدنة المكونة من مواد مطيلية مختلفة و ذات أشكال و أحمال و ظروف محيطية مختلفة.

البيانات المستخدمة في إنشاء النماذج جمعت من نتائج تنفيذ 4774 حالة للتحليل اللاخطي باستخدام العناصر المحددة و نموذج (Huber-Mises) كمعيار للفشل. تم في هذه الدراسة تم تكوين ست عشرة من نماذج الشبكة العصبية الاصطناعية, تسع منها لحل الصفائح المستطيلة ذات الأحمال الموزعة بانتظام و سبع نماذج للصفائح المربعة البسيطة ذات الأحمال المركزة. جميع النماذج في هذه الدراسة كونت باستخدام أسلوب الانتشار العكسي في الشبكات العصبية الاصطناعية.

نماذج الشبكة العصبية الاصطناعية كونت للتنبؤ بالخصائص التالية للصفائح

المرنة-اللدنة:

1. علاقة الحمل-الأود

2. مخططات الأود

3. مخططات العزوم M_{yy} , M_{xx}

4. سمك الصفيحة

5. أحمال الخضوع

6. معامل المرونة (E) و إجهاد الخضوع (f_y)

بشكل عام أظهرت النتائج إمكانية استخدام الشبكة العصبية الاصطناعية كطريقة معتمدة و بنجاح في المسائل التصميمية و مسائل الحل المعكوس, و كذلك كطريقة مرادفة لطرق التحليل الاعتيادية الخاصة بالتنبؤ بالسلوك الإنشائي للصفائح المرنة-اللدنة. من ناحية أخرى فان تقنية الشبكة العصبية الاصطناعية يمكنها تكوين نماذج بتوافق جيد مع نتائج العناصر المحددة (FE) خاصة عندما يكون عدد البيانات الخارجة من النموذج اقل من عدد البيانات الداخلة.

بعد التدريب فان نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية يعطي النتائج بزمن قياسي إذا ما قورن مع عمل مشابه باستخدام طريقة العناصر المحددة, كذلك فان طريقة العناصر المحددة تتعامل مع مسألة واحدة لكل عملية تنفيذ, بينما نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية يمكنه التعامل مع حزمة من المسائل مرة واحدة.

من إخفاقات تقنية الشبكة العصبية الاصطناعية, عدم وجود قاعدة لحساب عدد الطبقات الخفية و عدد العصبونات في كل طبقة, حيث أنها تعتمد على طريقة التجربة و الخطأ وعلى خبرة الباحث. و بشكل عام فإن عدد العصبونات في أي طبقة خفية يجب أن يكون أكثر من عدد العصبونات في طبقة الإدخال أو الإخراج.

و أخيرا فإن تحليل الأهمية النسبية تم إجراؤه في هذه الدراسة لمعرفة الأهمية النسبية لكل عامل من البيانات الداخلة للتنبؤ بقيمة البيانات الخارجة. في حالة التنبؤ بالسلوك الإنشائي للصفائح المستطيلة المرنة-اللدنة ذات الأحمال الموزعة بانتظام, فإن خصائص مادة الصفيحة تكون ذات أهمية نسبية قليلة, بينما الأهمية النسبية للظروف المحيطة و الشكل الهندسي للصفحة تكون ذات أهمية مؤثرة. أما في حالة الصفائح المربعة

البسيطة ذات الأحمال المركزة فإن موقع الحمل المركز يكون ذات أهمية نسبية واضحة مقارنة ببقية العوامل الداخلة.

نمذجة الشبكات العصبية الاصطناعية للصفائح
المرنة-اللدنة

أطروحة تقدم بها
سالم طيب يوسف
(ماجستير هندسة مدنية)

إلى
مجلس كلية الهندسة في جامعة الموصل
و هي جزء من متطلبات نيل شهادة الدكتوراه فلسفة
في الهندسة المدنية (إنشاءات)

بإشراف
الدكتور أياد أمجد عبد الرزاق
أستاذ مساعد