

University of Mosul
College of Engineering



Effective Distribution of Reinforced Concrete Members Using Artificial Intelligence

Mahmood Isam Jamal Al-Deen Al-Nuri

MSc thesis

Civil Engineering / Structural Engineering

Supervised By

Asst. Prof. Dr. Rabi M. Najem

2023 A.D.

1444 A.H.

ABSTRACT

Artificial Intelligence, is a method of making a computer-controlled robot or a software think intelligently like the human mind by replicating or enhancing its potentials. It is accomplished by studying the patterns of the human brain and by analyzing the cognitive process.

In this study, two Artificial Intelligence methods were used Particle Swarm Optimization PSO and Pattern Search PS with different objective functions to distribute reinforced concrete structural members effectively and designing them economically as well.

Particle Swarm Optimization is a population based on random technique motivated by intelligent collective behaviour of some animals such as flocks of birds or schools of fish where Pattern Search searches a set of points around a current point looking for one where the value of the objective function is lower than the value at the current point though a pattern vector changes its location in the space of solutions according to the algorithm.

These methods were used to distribute shear walls effectively through the floor plan by minimizing the distance between the center of mass and the center of rigidity of the floor as a first objective function and minimizing the designed cost of the proposed shear walls as the second objective function. As for the floating columns members, the multi objective optimization functions were minimizing the effect of the applied moment and the cost of the reinforced concrete column, a trading procedure will take place between the cross-sectional dimension, the reinforcing steel and the column location to achieve the main goal of the problems, the design procedure was limited by the ACI Code limitation to ensure strength and economy of the designed section.

Pattern Search method was used in non-linear constraint multi objective optimization. Pattern is minimizing the cost of reinforced concrete beams and its long-term deflection taking into consideration the cross-sectional dimension of the beam, the reinforcing steel, and the span length of the beam (for cracked and uncracked section). Finally, PS was used in this study with highly constraint problems which was distributing slabs and supporting beams effectively and economically through a floor to ensure a loading condition of one way slabs as a first objective function and minimum cost of the resulting slabs and beams as a second objective function, the design variables were the slab thickness and span, the beam cross sectional dimension, the reinforcement ratio of the slab and beam, and the location of the supporting beams.

The results showed that using Artificial Intelligence method (PSO and PS) was very helpful in gaining the design results through three or four iterations with nearly zero constraint violation which indicate that using Artificial Intelligence is a very effective tool in designing highly constraint non-linear multi objective optimization problems. It was found that using artificial intelligence reduced the distance between the center of mass and the center of rigidity by approximately 100 % for shear walls and floating columns in the x-direction and by approximately 80 % for the y-direction, while an increase in the proportion of positive and negative internal reinforcing steel of the slab was found by 90 % when increasing the width of the slab and in close proportions for a change in the value of the dead load, but when changing the value of the live load, it was found that the variation in the ratio of the positive and negative internal reinforcement of the slab was approximately 75% when the value of the live load was less than 3 kN/m² and by 94% in the case of the live load exceeding the previously mentioned value.



جامعة الموصل
كلية الهندسة

التوزيع المؤثر للأعضاء الخرسانية المسلحة باستخدام الذكاء الإصطناعي

محمود عصام جمال الدين النوري

رسالة ماجستير علوم
في الهندسة المدنية (انشاءات)

بإشراف
أ.م.د. ربيع مؤيد نجم

المستخلص

إن الذكاء الاصطناعي، هو طريقة لجعل الإنسان الآلي أو البرنامج الذي يتم التحكم فيه بواسطة الكمبيوتر يفكر بذكاء مثل العقل البشري من خلال تكرار إمكانياته أو تعزيزها. تحقيق ذلك يتم من خلال دراسة أنماط الدماغ البشري وتحليل العملية المعرفية.

في هذه الدراسة تم استخدام طريقتين للذكاء الاصطناعي وهما تحسين سرب الجسيمات (Particle Swarm Optimization) والبحث عن النمط (Pattern Search Optimization) مع دالة هدف ومحددات مختلفة لتوزيع الأعضاء الإنشائية الخرسانية المسلحة بشكل فعال وتصميمها اقتصاديًا في نفس الوقت.

إن تحسين سرب الجسيمات عبارة عن مجتمع يعتمد على تقنية عشوائية يحفزها سلوك جماعي ذكي لبعض الحيوانات مثل أسراب الطيور أو أسراب الأسماك بينما مجتمع نمط البحث يبحث عن مجموعة من النقاط حول نقطة حالية تكون فيها قيمة وظيفة الهدف أقل من القيمة عند النقطة الحالية على الرغم من أن متجه النمط يغير موقعه في مساحة الحلول وفقًا لأسلوب حل منتظم.

تم استخدام هذه الطرق لتوزيع جدران القص بشكل فعال في المخطط الإنشائي عن طريق تقليل المسافة بين مركز الكتلة ومركز صلابة لجسيمات المخطط كدالة هدف أولى وتقليل التكلفة المصممة لجدران القص المقترحة باعتبارها دالة الهدف الثانية.

بالنسبة لأعضاء الأعمدة العائمة، وظائف التحسين متعددة الأهداف حيث تقلل من تأثير العزوم المسلطة وتقلل تكلفة عمود الخرسانة المسلحة، والهدف الرئيسي هو إيجاد أبعاد مقطع العمود العائم، وحديد التسليح وموقع العمود الأمثل لضمان تقليل تأثير العزوم والقوة والاقتصاد في التصميم، وكل هذه التصميمات محكومة ومحددة بقيم موضوعة من قبل المعهد الأمريكي للخرسانة (American Concrete Institute ACI).

تم استخدام طريقة البحث عن الأنماط في التحسين الغير خطي متعدد الأهداف. التحسين باستخدام البحث عن الأنماط لأجل تقليل تكلفة الاعتبار الخرسانية المسلحة وانحرافها على المدى الطويل مع الأخذ في الاعتبار أبعاد مقطع العتب، وحديد التسليح، وطول امتداد العتب (للقسم المتشقق وغير المتشقق).

أخيراً، تم استخدام دالة البحث عن النمط في المسائل ذات المحددات والقيود الكثيرة التي كانت توزع الألواح (البلاطات) والاعتاب (الجسور) بشكل فعال واقتصادي من خلال توزيع الأمثل للألواح ولضمان حالة تحميل الألواح ذات الاتجاه الواحد كدالة هدف أولى وتقليل تكلفة للألواح والاعتاب الناتجة كدالة الهدف الثانية، حيث ان المتغيرات التصميم هي سمك اللوح وطوله، وابعاد مقطع العتب، ونسبة مساحة التسليح للألواح والاعتاب وكذلك التوزيع الأمثل لموقع الاعتاب.

أظهرت النتائج أن استخدام أسلوب الذكاء الاصطناعي لدوال البحث عن النمط وتحسين سرب الجسيمات كان مفيداً للغاية في الحصول على نتائج التصميم من خلال عدد قليل من التكرارات والخطوات (ثلاثة أو أربع تكرارات) مع عدم تجاوز للحدود الموضوعية مما يشير إلى أن استخدام الذكاء الاصطناعي هو أداة فعالة للغاية في تحسين وحل مشاكل التصميم الغير خطية ومتعددة الأهداف.

حيث وجد ان استخدام الذكاء الاصطناعي قلل من المسافة بين مركز الكتلة و مركز الصلابة بما يقارب نسبة 100 % بالنسبة لجدران القص والاعمدة العائمة للاتجاه السيني و بما يقارب ال 80 % للاتجاه الصادي بينما وجد زيادة في نسبة حديد التسليح الموجب و السالب الداخلي للبلاطة بنسبة ٩٠ % عند زيادة عرض البلاطة و بنسب مقاربة عن تغيير في قيمة الحمل الميت المسلط اما عند تغيير قيمة الحمل الحي المسلط وجد ان التغير في نسبة حديد التسليح الموجب و السالب الداخلي للبلاطة بما يقارب ٧٥% عندما تكون قيمة الحمل الحي اقل من (3kN/m^2) و بنسبة 94 % في حالة زيادة الحمل الحي عن القيمة المذكورة سابقا