

الخلاصة

تُعرف البرمجة الجينية (GP) بأنها طريقة بحث عشوائية مستندة على الاختيار الطبيعي والوراثة الطبيعية. الـ GP تُوصف بقابليتها على إيجاد نماذج (التركيب بالإضافة إلى المعطيات) لأنواع مختلفة من المشاكل في الحقول العلمية المختلفة. مع ذلك الـ GP في حالته القياسية الأساسية لا يمكن أن يستعمل مباشرة لكل التطبيقات في مجال السيطرة وتعريف الأنظمة ومن الضروري أن يُراجع طبقاً لطبيعته ومتطلبات التطبيق.

تقدم هذه الأطروحة، ثلاثة خوارزميات GP لخدمة أغراض السيطرة على الأنظمة وتعريف الأنظمة. الخوارزمية المقترحة الأولى، تمت تسميتها GP التركيب القياسي، تمتاز بقابليتها على إنشاء أشجار ذات تركيب قياسي، بينما الإثنتان الأخريتان مبتكرتان وتمازن بصفه إضافية تمكن من تفتيش فضاءات هيكلية مقيدة. الخوارزمية الثانية تمت تسميتها GP ذات دوال قاعدة متعددة (MBFGP) وهي تبحث عن الحلول المتكوتة من دوال قاعدة متعددة. الخوارزمية الثالثة، تمت تسميتها GP الموجهة للرسم التخطيطية الكتلية (BDOGP) وهي تبحث عن حلول على شكل رسوم تخطيطية كتلية. الخوارزميات الثلاثة المقدمة حسنت بعمليات وراثية و غير وراثية جديدة ومبتكرة ومن بينها: عمليات نقل متقاطع جديدة، عمليات طفرة أو تغيير جديدة، عملية تصنيف هيكلية ونوعية مبتكرة، وعملية مساهمة مبتكرة. علاوة على ذلك، تم تقديم أربع خوارزميات مقترحة لتحقيق معطيات مثالية قدمت لتقوية البحث عن المعطيات المثالية لحلول الـ GP. هذه الخوارزميات الأربع هي: التغير الثابت العددي، هبوط الميل، التلدين المقلد، والخوارزمية الوراثة (GA).

خوارزمية GP التركيب القياسي المقترحة وخوارزمية الـ MBFGP المقترحة تستعمل لحل أنواع مختلفة من مشاكل السيطرة المثالية لتؤكد قابلية الـ GP كطريقة لتصميم المسيطرات. الحلول التي تم الحصول عليها بواسطة الـ GP تمت مقارنتها مع الحلول النظرية والرقمية المثالية. النتائج بينت أن من الممكن الوصول بسهولة إلى حلول شبة مثالية ذات دقة عالية (أفضل من 10^{-5}). الـ GP المقترحة لها إمكانية خلق كلا من قانوني السيطرة ذا البرمجة الزمنية والتعددية العكسية للحالات، اللتين يعملان بجودة مقاربة للحلول المثالية. الأكثر من ذلك الـ MBFGP له القابلية لخلق هياكل ثابتة لمسيطرات شبة مثالية بينما تقليدياً من الممكن فقط الحصول على حلول رقمية. النتائج بينت باستخدام خوارزميات الـ GP، هناك إمكانية لحصر فضاء البحث لكي تنتج مسيطرات بمرات محددة، لذلك مسيطرات شبة مثالية ذات هياكل بسيطة ممكن الحصول عليها. أخيراً، النتائج بينت استناداً على بعض المعرفة

النظرية ، خوارزميات الـ GP المقترحة استطاعت أن تكون طريقة تركيب دقيقة وعامة لدالة الانتقالية المعتمدة على التغذية العكسية للحالات والتي تؤدي إلى مسيطرات ذات كلفة بسيطة ومختصة في مجال تعريف الأنظمة ، خوارزمية الـ MBFGP تستعمل لإعادة بناء النماذج لأنظمة ديناميكية لاختية ذات وقت مستمر ومنفصل مستندة على قياساتهم الزمنية المتوالية. النتائج بينت أن خوارزمية الـ MBFGP الهيئنة استطاعت أن تجد التراكيب بالإضافة إلى المعطيات المضبوطة لنماذج موصوفة بأصناف مختلفة من المعادلات التفاضلية اللاخطية وأنوع مختلفة من المعادلات الاختلافية اللاخطية . علاوة على ذلك أربعة خوارزميات MBFGP مختلفة هجينة مقترحة تم تقديمها مع المقارنة بين أدائهم اعتمادا على تطبيقها إلى بعض الحالات الدراسية. النتائج بينت أن خوارزمية الـ MBFGP المدمجة مع الخوارزمية الوراثة هي الأفضل من بين الطرق الأربعة التي تم ذكرها أعلاه. كذلك خوارزمية الـ MBFGP وسعت لتطور عدة أشجار بشكل آلي . النتائج بينت أن خوارزمية الـ MBFGP الموسعة استطاعت أن تجد التراكيب بالإضافة إلى المعطيات المضبوطة لنماذج موصوفة بمجموعه من المعادلات التفاضلية اللاخطية أو بمجموعة من المعادلات الاختلافية اللاخطية. أخيرا خوارزمية الـ MBFGP المقترحة و خوارزمية GP التركيب القياسي المقترحة قُدمت مع المقارنة بين أدائهم عند تطبيقهم لحل بعض مشاكل تعريف الأنظمة. النتائج التي حُصل عليها أشارت إلى أن الـ MBFGP قادرة على كسب نسبة نجاح أعلى ، نسبة تقارب أعلى ، ونموذج أفضل مقارنة مع خوارزمية GP التركيب القياسي.

Abstract

The Genetic Programming (GP) is a stochastic search method based on natural selection and natural genetic. GP is characterized by its capability to evolve models (structures as well as parameters) for different kinds of problems in different scientific fields. However, GP in its basic standard form could not be directly used for all applications in systems control and identification and it needs to be revised according to the applications nature and requirements.

In this thesis, three GP algorithms are introduced to serve the purposes of systems control and systems identification. The first proposed GP algorithm, named Standard Structure GP, is featured by the capability of evolving standard tree structures, while the other two proposed GP algorithms are featured by an additional capability of searching restricted structural spaces. The second GP algorithm, named Multiple Basis Functions GP (MBFGP), serves searching for solutions that are composed of multiple basis functions. The third GP algorithm, named Block Diagram Oriented GP (BDOGP), serves searching for solutions in the form of block diagrams. The three introduced GP algorithms have been enhanced with proposed genetic and non genetic operations among which are; crossover operations, mutation operations, proposed structural sorting and elitism operations, and proposed contribution operation. Moreover, numeric constant mutation, gradient descent, simulated annealing, and genetic algorithm are used to strengthen the search for the optimal parameters of GP solutions.

The proposed Standard Structure GP algorithm and the proposed MBFGP are used to solve different optimal control problems to indicate the ability of GP as an approach to design controllers. The GP controllers are compared to the theoretical and numerical optimal controllers. The results show that it is possible to reach easily optimal-like controllers with high accuracy (better than 10^{-5}). The proposed GP creates both time programming and state feedback control laws which perform as good as the optimal controllers. Moreover the MBFGP is able to furnish fixed structure optimal-like controllers whereas conventionally it is only possible to obtain numerical controllers. The results show that by using the GPs, it is possible to confine the space of search so as to produce controllers with specified features

and hence very simple structure suboptimal controllers can be also evolved. Finally, the results show that based on some theoretical knowledge, the proposed GP algorithms managed to be a general synthesizer of accurate state switching functions which leads to simple and low cost controllers.

Considering systems identification, The MBFGP algorithm has been used to reconstruct models for nonlinear continuous and discrete time dynamic systems based on their time series measurements. The results indicate that the hybrid MBFGP algorithm can find an exact structure and parameters of the models described by different classes of nonlinear differential equations and different types of nonlinear difference equations. Moreover, four different proposed hybrid MBFGP algorithms have been introduced with a comparison among their performance when applied to some case studies. The results indicate that the MBFGP combined with the genetic algorithm is the best among the four methods. Also the MBFGP algorithm has been extended to evolve simultaneously multiple trees. The results show that the extended MBFGP algorithm can find an exact structure and parameters of the models described by a set of nonlinear differential equations or a set of nonlinear difference equations. Finally, the proposed MBFGP algorithm and standard GP algorithm have been introduced with a comparison among their performance when applied to some modeling problems. The results indicate that the MBFGP algorithm is able to gain higher success rate, higher convergence rate, and better solution than the standard structure GP algorithm.