

Број: 1942/2-01

Датум: 04.12.2023. REVIEW

of the author's summary of the dissertation of Karaseva Tatiana Sergeevna "Evolutionary algorithms for symbolic regression problems solving in dynamic systems identification", submitted for the academic degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 2.3.1 – System analysis, control and processing information, statistics

Modern technical systems and processes require the development of mathematical identification methods. Some classes of problems remain to be studied poorly due to the impossibility of solving certain applied problems by applying classical or modern analytical methods due to the peculiarities of these problems. Therefore, the developing new methods for the dynamic systems identification, is up to date scientific investigation.

Karaseva T.S. has developed approaches based on evolutionary algorithms to solve the problem of identifying dynamic systems in her dissertation work. The developed approaches make it possible to obtain models in the form of differential equations and their systems. Also, the work presents the approach to solving the Cauchy problem for ordinary differential equations.

The peculiarity of the proposed approaches is hybridization of such evolutionary algorithms as genetic programming and the differential evolution method. The structure is selected by applying a genetic programming algorithm to search for a model in the form of a differential equation. The differential evolution is used for the numerical parameters tuning. Thus, these approaches make it possible to find the order, structure and coefficients of differential equations automatically. The proposed approaches were tested successfully both on test problems and on problems that describe real processes.

The author of the work conducted investigation of the proposed approaches for resistance to the presence of noise in the data the model will be built on. The influence of the volume of data on the error value of the resulting model was also analyzed.

The dissertation contains a large number of examples demonstrating the performance of the proposed approaches to the dynamic systems identification to illustrate practical application of the developed approaches, as well as confirm their efficiency.

An important component of the proposed approaches for practice is the minimum number of a priori restrictions on the model. Moreover, the use of self-configuring algorithms significantly reduces the number of configurable parameters of algorithms. It makes the approaches suitable for its application by specialists who are not experts in the field of evolutionary calculations.

The results obtained by Karaseva T.S. were applied to fulfill the tasks of the Mega-grant "Hybrid methods of modeling and optimization in complex systems" and they were highly appreciated at the International Seminar "HMMOCS: Hybrid methods of modeling and optimization in complex systems". Four software systems have been developed that are proved by certificates of the state registration of computer programs with the direct involvement of Karaseva T.S.

As a comment of this work:

The author should have tried to expand the proposed approach to the symbolic solution of the Cauchy problem for differential equations systems.

In general, the work was carried out at the high scientific and technical level. It is confirmed by the large amount of research carried out by the author. Despite the above comment, the work submitted for defense meets the requirements for candidate of science dissertations, is the completed scientific qualification work, and its author Tatiana Sergeevna Karaseva deserves to be awarded the required degree of the Candidate of Technical Sciences in specialty 2.3.1 - System analysis, control and information processing, statistics.

Dean of the Faculty
Prof, Dr Niko Radulović

Signature



Stamp

Predrag Stanimirović
University of Niš,
Faculty of Sciences and Mathematics,
Full Professor,
Ph.D. (research specialty: Operations Research),
Head of the Laboratory "Hybrid Methods of
Modeling and Optimization in Complex Systems"
(Siberian Federal University, Russia)

Višegradska 33, P.O.Box 224, 18000 Niš, Serbia
Tel. +(381)018533015, int. 141
e-mail: pecko@pmf.ni.ac.rs

Број: 1942/1-01

Датум: 04.12.2023.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Карасевой Татьяны Сергеевны «Эволюционные алгоритмы решения задач символьной регрессии для идентификации динамических систем», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Современные технические системы и процессы требуют развития математических методов идентификации. Многие классы задач остаются малоизученными из-за невозможности решения определенных прикладных задач с помощью классических или современных аналитических методов по причине специфики этих задач. Поэтому исследования, направленные на разработку новых методов идентификации динамических систем, являются актуальными.

Для решения задачи идентификации динамических систем в диссертационной работе Карасевой Т.С. были разработаны подходы на основе эволюционных алгоритмов. Разработанные подходы позволяют получать модели в виде дифференциальных уравнений и их систем, а также представлен подход к решению задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.

Особенностью предложенных подходов является гибридизация таких эволюционных алгоритмов, как генетическое программирование и метод дифференциальной эволюции. При поиске модели в виде дифференциального уравнения подбор структуры осуществляется алгоритмом генетического программирования, а для подбора параметров применяется дифференциальная эволюция. Таким образом, данные подходы позволяют автоматизировано определять порядок, структуру и коэффициенты дифференциальных уравнений. Предложенные подходы были успешно апробированы как на тестовых задачах, так и на задачах, описывающих реальные процессы.

Автор работы провела исследование предложенных подходов на устойчивость к наличию шума в данных, по которым будет построена модель. Также проанализировано влияние объема данных на значение ошибки полученной модели.

Для иллюстрации практического применения разработанных подходов, а также подтверждения их эффективности, диссертация содержит большое число примеров, демонстрирующих работоспособность предложенных подходов к идентификации динамических систем.

Для практики важной составляющей предложенных подходов является минимальное число априорных ограничений на модель, а применение самонастройки алгоритмов существенно уменьшает число настраиваемых параметров алгоритмов, что делает подходы пригодными для использования специалистами, не являющимися экспертами в области эволюционных вычислений.

Результаты, полученные Карасевой Т.С., применены для выполнения задач Мегагранта «Гибридные методы моделирования и оптимизации в сложных системах» и высоко оценены в рамках Международного семинара HMMOCS: Hybrid methods of modeling and optimization in complex systems. При

непосредственном участии Карасевой Т.С. разработаны четыре программные системы, имеющие свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

В качестве замечания можно отметить следующее:

Автору следовало бы попытаться расширить предложенный подход к символьному решению задачи Коши для систем дифференциальных уравнений.

В целом работа выполнена на высоком научно-техническом уровне, что подтверждается проведенным автором большим объемом исследований. Несмотря на вышеуказанное замечание, работа, представляемая на защиту, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, является законченной научно-квалификационной работой, а ее автор Карасева Татьяна Сергеевна заслуживает присвоения степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

✓ декан факультета
Проф., д-р Нико Радулович



П. Станимирович

Предраг Станимирович
Нишский университет,
Факультет естественных наук и математики,
полный профессор,
Ph.D. (научная специальность: исследование операций),
руководитель лаборатории «Гибридные методы моделирования и оптимизации в сложных системах»
(Сибирский федеральный университет, Россия)

Višegradska 33, P.O.Box 224, 18000 Niš, Serbia
Тел. +(381)018533015, вн. 141
электронная почта: pecko@pmf.ni.ac.rs