

## Отчёт о проделанной работе на кластере ИВЦ НГУ

### 1. Тема работы:

Разработка и исследование методов эволюционного синтеза нелинейных математических моделей на основе темплейтов.

### 2. Состав коллектива:

Монахов Олег Геннадьевич, ИВМиМГ СО РАН, в.н.с., к.т.н., руководитель,  
Монахова Эмилия Анатольевна, ИВМиМГ СО РАН, с.н.с., к.т.н., исполнитель.

### 3. Информация о гранте:

Работа выполняется по Программе НИР РАН № 0315-2016-0006 ИВМиМГ СО РАН на 2017 - 2020 гг.

### 4. Научное содержание работы:

Постановка задачи.

В рамках проекта будут разработаны и исследованы новые, основанные на основанные на вычислительном интеллекте, эволюционных вычислениях и биоинспирированных алгоритмах, методы автоматического синтеза нелинейных математических моделей на основе экспериментальных данных. Эффективность данного подхода будет теоретически исследована и экспериментально апробирована на суперЭВМ при синтезе нелинейных математических моделей, возникающих при описании природных процессов и при проектировании инфокоммуникационных сетей связи.

Современное состояние проблемы.

В рамках проекта рассматривается проблема автоматического синтеза описаний нелинейных математических моделей природных процессов и технических объектов на основе экспериментальных данных. Данная проблема решается известными методами теории индуктивного вывода, методами группового учета аргументов, методами теории искусственных нейронных сетей, методами машинного обучения и установления закономерностей, обобщения и вывода на знаниях, а также одним из перспективных направлений в данной области - методами эволюционных вычислений и генетического программирования. Традиционный подход генетического программирования страдает от слабоограниченного слепого поиска в огромных пространствах параметров для реальных прикладных проблем и имеет большие временные затраты при увеличении сложности решаемых задач. Поэтому перспективным путем сокращения трудоемкости автоматического синтеза нелинейных математических моделей является использование типовых алгоритмических структур (темплейтов, шаблонов, скелетонов) и гибридизации методов генетического программирования и биоинспирированных (природоподобных) алгоритмов оптимизации. Другим перспективным путем сокращения времени поиска решения при автоматическом эволюционном синтезе является распараллеливание эволюционных вычислений, позволяющее значительно сократить время исполнения и получить линейное ускорение на высокопроизводительных вычислительных системах.

Подробное описание работы, включая используемые алгоритмы.

Предложен подход метаэвристического программирования к решению проблемы построения нелинейных моделей (математических выражений, функций, алгоритмов, программ) на основе заданных экспериментальных

данных, множества переменных, базовых функций и операций. Разработан алгоритм метаэвристического программирования для эволюционного синтеза таких моделей, объединяющий преимущества биоинспирированных (природоподобных) алгоритмов оптимизации и генетического программирования. Разработанный алгоритм совместно использует линейное представление хромосомы, простые операции при декодировании генотипа в фенотип для интерпретации хромосомы как последовательности команд, многовариантный метод для представления множества моделей (выражений) с помощью одной хромосомы, векторизацию вычислений при определении целевой (фитнес) функции..

Полученные результаты.

Проведено исследование предложенного метода метаэвристического программирования для синтеза нелинейных математических моделей. Получены оценки эффективности предложенного подхода метаэвристического программирования с использованием пяти различных биоинспирированных алгоритмов (генетического алгоритма, дифференциальной эволюции, алгоритма оптимизации роем частиц, алгоритма колонии пчел, алгоритма оптимизации на основе преподавания и обучения) и было проведено его сравнение со стандартным алгоритмом генетического программирования, использующим древовидное представление хромосомы, алгоритмом грамматической эволюции, использующим комбинацию генетического алгоритма и контекстно-свободных грамматик, и алгоритмом декартового генетического программирования, использующим представление программы в виде конечного графа. Проведенные эксперименты показали существенное преимущество предложенного подхода по сравнению с указанными алгоритмами как по времени поиска решения (более чем на порядок в большинстве случаев), так и по вероятности нахождения заданной функции (модели) (во многих случаях более чем в два раза).

Иллюстрации, визуализация результатов. Нет.

#### **5. Эффект от использования кластера в достижении целей работы.**

Эффект от использования кластера для исследования предложенного метода метаэвристического программирования при синтезе нелинейных моделей состоит в ускорении вычислений и в доступе к лицензионному ПО (Mathematica, MATLAB).

#### **6. Перечень публикаций, содержащих результаты работы.**

1. Monakhov, O., Monakhova, E., A Comparative Analysis of Bioinspired Algorithms for Solving the Problem of Optimization of Circulant and Hypercirculant Networks //Proceedings 2019 15th International Asian School-Seminar Optimization Problems of Complex Systems (OPCS), Novosibirsk Akademgorodok, Russia, pp.100-103 (Scopus)
2. Монахов О.Г., Монахова Э. А. Применение метаэвристического программирования для решения задачи символьной регрессии // Сборник статей XIX Международной научно-технической конференции "Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике ". Под редакцией В.И. Горбаченко, В.В. Дрождина. ПДЗ, Пенза, 2019. С. 27-33. (РИНЦ)
3. Monakhov, O., Monakhova, E., An Algorithm of Multi-Variant Evolutionary Synthesis of Nonlinear Models with real-valued chromosomes.//In: Decision Science in Action: Theory and Applications of Modern Decision Analytic Optimisation. Springer, 2019. pp.41-49. (будет в базе Scopus)

4. Monakhov, O. G. Differential evolution for multi-variant evolutionary synthesis of nonlinear models. // In: Proceedings of 14th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE-2018), 2018. pp. 487-491. (Scopus)
5. Монахов О. Г., Монахова Э. А. Оптимизация синтеза нелинейных моделей с помощью биоинспирированных алгоритмов. // Труды международной конференции «Вычислительная математика и математическая геофизика», посвященной 90-летию со дня рождения академика А. С. Алексеева, 8 – 10 октября 2018 года, Новосибирск, Россия, (MathGeo-2018),( РИНЦ)
  
7. **Впечатления от работы вычислительной системы и деятельности ИВЦ НГУ.** Впечатления от работы с ИВЦ НГУ однозначно положительные, особенно следует отметить квалифицированные и своевременные консультации и помощь ведущего инженера Владислава Анатольевича Калюжного.