

«Утверждаю»

первый проректор –
проректор по научной работе
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Зимин В.Н.

2016 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу **Становова Владимира Вадимовича «Самонастраивающиеся эволюционные алгоритмы формирования систем на нечеткой логике»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (космические и информационные технологии)»**.

Актуальность темы. Работа посвящена решению актуальной задачи формирования точных и компактных баз нечетких правил для решения задач классификации. Большинство известных в настоящее время методов формирования нечетких систем основаны на построении баз правил либо слишком большого объема с целью получения высокого качества классификации, либо компактных, но недостаточно точных базы правил малого объема. Диссертационная работа ставит своей целью разработку самонастраивающихся эволюционных алгоритмов формирования точных и компактных баз нечетких правил, что и определяет ее актуальность.

Основные научные результаты и их значимость для науки и производства. Для формирования баз нечетких правил в диссертации предложен специально разработанный самонастраивающийся эволюционный алгоритм, использующий питтсбургский подход в качестве основного и мичиганский подход с классическим оператором мутации в

качестве вспомогательного. В процессе обучения предложено применять метод адаптивной селекции обучающих примеров, позволяющий существенно сократить время вычислений, не снижая качества построенных моделей.

Исследовано влияния метода самонастройки на точность баз правил, формируемых эволюционным алгоритмом, а также различные подходы к кодировке базы правил. Помимо этого, исследован метод адаптивной селекции обучающих примеров при различных стратегиях формирования подвыборки, различных длительностях периода адаптации и размерах обучающей подвыборки. Показано, что разработанный метод позволяет строить базы правил, которые обеспечивают не только высокие показатели качества в смысле точности классификации, но также позволяют одинаково точно распознавать как мажоритарные, так и миноритарные классы в случае дисбаланса числа измерений в выборке.

Предметом исследования диссертационной работы является самонастраивающийся эволюционный алгоритм формирования баз нечетких правил для задачи классификации.

Цель диссертационной работы заключается в повышении точности и интерпретируемости нечетких классификаторов, а также снижении требуемых вычислительных ресурсов при их формировании за счет использования самонастраивающихся эволюционных алгоритмов.

Научная новизна диссертационной работы состоит в разработанных соискателем новых алгоритмах формирования систем нечеткой логики и методе адаптивной селекции обучающих примеров.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке и исследовании эффективности новых эволюционных алгоритмов формирования нечетких классификаторов, в частности, в использовании новых подходов к самонастройке мичиганского этапа.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

- разработанные методы реализованы в виде программных систем, позволяющих загружать новые данные и строить по ним базы нечетких правил;

- эффективность указанных программных систем подтверждена в процессе решения ряда практических задач классификации из области техники, распознавания изображений, банковского скоринга и т.д.

Публикации. Основные положения исследования отражены в 35 публикациях автора, из которых восемь работ, опубликованы в журналах, рекомендуемых ВАК РФ.

Апробация результатов. Основные положения исследования докладывались и обсуждались на 12 всероссийских и международных научно-практических конференциях, в том числе:

- Вторая и Третья международные конференции по математическим моделям и их применениям (2nd and 3rd International Workshops on Mathematical Models and their Applications, Красноярск, 2013, 2014);

- III Всероссийская научная конференция с международным участием «Теория и практика системного анализа» (ТПСА, Рыбинск, 2014);

- 11th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO, Vienna, Austria, 2014);

- International Congress on Evolutionary Computations (Sendai, Japan, 2015);

- International Conference on Swarm Intelligence (ICSI, Peking, China, 2015);

- IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI 2015, South Africa);

- 13th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO 2016).

Обзор диссертационной работы.

Во введении обоснована актуальность темы работы, сформулированы предмет, цель и задачи исследования, методы исследования, новизна научных результатов и их практическая значимость.

В первой главе диссертационной работы рассмотрены методы самонастройки эволюционных алгоритмов, в частности, проблема выбора параметров эволюционных алгоритмов на примере генетического алгоритма и алгоритма генетического программирования.

Рассмотрены два метода самонастройки эволюционных алгоритмов, включающие в себя следующие основные операции: оценка эффективности генетических операторов, определение оператора-победителя, повышение вероятности применения оператора-победителя, снижение вероятностей применения других операторов. Выполнено сравнение эффективности алгоритмов с самонастройкой со стандартными алгоритмами. На наборе задач, использованных для исследования, метод самонастройки показал результаты, сравнимые с лучшими результатами, достигнутыми при использовании оптимальных настроек для каждой из задач.

Во второй главе представлены несколько способов кодирования базы нечетких правил, реализующих питтсбургский подход, в том числе, два способа бинарного кодирования и метод вещественного кодирования при помощи сигмоидальных функций. В качестве алгоритма оптимизации во всех случаях использован самонастраивающийся генетический алгоритм, рассмотренный в первой главе. Приведены результаты сравнения эффективности трех методов кодирования баз нечетких правил, полученные с использованием ряда тестовых задач классификации. На основе полученных результатов сделан вывод о необходимости разработки нового специализированного алгоритма синтеза нечетких баз правил, поскольку рассмотренные методы либо недостаточно точны, либо формируют плохо интерпретируемые базы правил.

В третьей главе предложен самонастраивающийся гибридный эволюционный алгоритм формирования нечетких баз правил, использующий автоматическое назначение номеров классов и весов для каждого из нечетких правил и комбинирующий питтсбургский и мичиганский подходы. Выполнено сравнение эффективности разработанного алгоритма с алгоритмами, представленными во второй главе, а также с нейронными сетями и машинами опорных векторов. На основе результатов исследования обоснован вывод о превосходстве предложенного метода на подавляющем большинстве рассмотренных задач. Кроме того, в данной главе исследована эффективность метода самонастройки, приведены результаты сравнения эффективности самонастраивающегося алгоритма классификации со всеми вариантами стандартного алгоритма.

В четвертой главе рассмотрена задача построения сбалансированного классификатора, то есть, классификатора, который бы одинаково точно распознавал не только мажоритарный класс, но также и миноритарный класс либо классы, в случае существенной несбалансированности анализируемой базы данных. Рассмотрены различные критерии качества классификации и предложены модификации алгоритма, представленного в третьей главе диссертации, для повышения сбалансированности нечетких классификаторов. Предложен адаптивный метод селекции обучающих примеров, формирующий подвыборки ограниченного размера для ускорения процесса обучения и реализующий балансирующую и стратифицированную стратегию. Выполнено исследование эффективности алгоритма с селекцией обучающих примеров, представленного в третьей главе, в сравнении с тем же алгоритмом с увеличенным вычислительным ресурсом и другими алгоритмами построения нечетких баз правил. На основе полученных результатов исследования сделан вывод о превосходстве разработанного метода не только в смысле точности и сбалансированности полученных баз правил, но также в смысле времени, требуемого для обучения.

Замечания. Работа не свободна от недостатков, из которых внимания заслуживают следующие.

1) В диссертации не рассмотрена возможность использования алгоритмов многокритериальной оптимизации, основанных на построении множества Парето рассматриваемой задачи, вместо использования свертки критериев.

2) Интерпретация базы правил приведена только для одной и при том простейшей тестовой задачи.

3) Присутствует ряд орфографических ошибок и прочих ошибок оформления работы.

Указанные замечания не снижают научной значимости и общей положительной оценки диссертационной работы.

Заключение. Диссертационная работа Становова Владимира Вадимовича является завершенной квалификационной научно-исследовательской работой, выполненной на актуальную тему, содержащей новые научные результаты. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Основные результаты диссертации докладывались на конференциях и научных семинарах, опубликованы в 35 научных работах, восемь из которых - в изданиях, входящих в список, рекомендованный ВАК России.

В целом, диссертация написана грамотным научным языком, четко структурирована. Каждая глава содержит содержательные выводы, что облегчает понимание материала. Цель и задачи диссертации полностью соответствуют полученным результатам. Все утверждения диссертации обоснованы и подтверждены вычислительными экспериментами. Диссертация выполнена на достаточно высоком научном уровне.

Диссертационная работа «Самонастраивающиеся эволюционные алгоритмы формирования систем на нечеткой логике» удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управления и обработка

информации (космические и информационные технологии)», а ее автор – Становов Владимир Вадимович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Отзыв обсужден и утвержден на заседании кафедры «Компьютерные системы автоматизации производства» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».

На заседании присутствовало 30 человек. Результаты голосования: за – 30, против – 0, воздержавшихся – 0, протокол № 10 от 18 ноября 2016 г.

Зав. кафедрой «Компьютерные системы автоматизации производства»
ФГБУ ВО «Московский государственный
технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный
исследовательский университет)»
доктор технических наук, профессор

С.С. Гаврюшин

Подпись заверяю

21.11.2016

