

# Роевой интеллект как одна из частей онтологической модели бионических технологий

В.В. Баранюк, О.С. Смирнова

**Аннотация** – В статье представлено описание роевого интеллекта, включающее общие сведения и примеры практического применения для формирования одной из веток дерева онтологической модели бионических технологий.

**Ключевые слова** – роевой интеллект, роевые алгоритмы, бионические технологии, онтологическая модель.

## Введение

В настоящее время проводятся исследования в области создания интеллектуальной системы информационной поддержки процессов создания и развития перспективных бионических технологий [1]. Система будет накапливать, упорядочивать и предоставлять пользователю требуемую информацию о биологических системах и существующих бионических технологиях. Для этого разрабатываются новые подходы к реализации проблемно-ориентированного поиска информационных ресурсов, а также поддержки формирования и оценки идеи пользователя на ранних стадиях инновационного процесса. При решении этих задач предполагается использовать классификационные схемы информационных ресурсов в области бионики, предложения по одному из вариантов которых приведены в [2].

Кроме этого, создание базы знаний интеллектуальной системы информационной поддержки процессов создания и развития перспективных бионических технологий [3,4] предполагает формирование и использование онтологической модели рассматриваемой предметной области.

Очевидно, что онтологическая модель предметной области, связанной с бионическими технологиями, достаточна обширна. При появлении новых технологий она расширяется, происходит детализация уже имеющихся узлов. Расширение онтологической модели

обеспечивает возможность более глубокого и всестороннего поиска необходимой информации.

Для этого следует в первую очередь собрать как можно больше сведений о конкретной бионической технологии, включаемой в онтологическую модель, специальным образом отсортировать соответствующие описания узлов и ветвлений.

В статье, в качестве примера, объединены некоторые общие сведения, а также примеры применения роевого интеллекта, который является одной из составных частей (узлов) онтологической модели бионических технологий.

Описание ветвей (листьев) данного дерева – «роевых алгоритмов» предполагает наличие сведений о биологических предпосылках и существующих используемых алгоритмах. В работах [5,6] представлены примеры описания ветвей (листьев) дерева онтологической модели от узла «роевой интеллект» по следующим алгоритмам:

1) алгоритмы, основанные на поведении насекомых и животных [5]:

- алгоритм роя частиц;
- муравьиный алгоритм;
- пчелиный алгоритм;
- алгоритмы, вдохновленные роем светлячков;
- алгоритм кукушкиного поиска;
- алгоритм летучих мышей;

2) алгоритмы, инспирированные неживой природой и бактериями [6]:

- алгоритм гравитационного поиска;
- алгоритм интеллектуальных капель;
- стохастический диффузионный поиск;
- оптимизация передвижением бактерий.

## Роевой интеллект. Общие сведения

В 1989 году Херардо Бени и Ван Цзином введён термин «роевой интеллект» (РИ) (англ. Swarm intelligence) [7]. Термин использовался в контексте системы клеточных роботов и подразумевал коллективное поведение децентрализованной самоорганизующейся системы. После чего начал использоваться в теории искусственного интеллекта как метод оптимизации.

Подобные методы в основном основаны на моделировании социального поведения живых организмов. Системы роевого интеллекта, как правило, состоят из множества агентов (бойдов), локально

Статья получена 03.12.2015 г.

Исследование выполнено федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Московский государственный университет информационных технологий, радиотехники и электроники» (МИРЭА, МГУПИ) за счёт гранта Российского научного фонда (проект №14-11-00854).

К.т.н., с.н.с., В.В. Баранюк, МГТУ МИРЭА (e-mail: valentina\_bar@mail.ru).

О.С. Смирнова, МГТУ МИРЭА (e-mail: mail.olga.smirnova@yandex.ru).

взаимодействующих между собой и с окружающей средой. Каждый боид следует очень простым правилам и, несмотря на то, что нет какой-то централизованной системы управления поведением, которая бы указывала каждому из них на то, что ему следует делать, локальные и, в некоторой степени, случайные взаимодействия приводят к возникновению интеллектуального глобального поведения, неконтролируемого отдельными боидами.

Пока не сформулировано точное определение роевого интеллекта, но считается, что РИ должен представлять собой многоагентную систему, обладающую самоорганизующимся поведением, которое суммарно должно проявлять некоторое разумное поведение.

Для реализации систем с роевым интеллектом используются так называемые роевые алгоритмы (РА) (англ. PSO – particle swarm optimization) [8]. Роевые алгоритмы используют популяцию особей – потенциальных решений проблемы и метод стохастической оптимизации, который моделирует социальное поведение птиц или рыб в стае или насекомых в рое [9]. Начальная популяция потенциальных решений генерируется случайным образом и далее в процессе своего развития ищет оптимальное решение проблемы.

Первоначально в РА была предпринята попытка моделировать поведение стаи птиц, которая обладает способностью порой внезапно и синхронно перегруппироваться и изменять направление полета при выполнении некоторой задачи. В РА особи (называемые частицами) летают в процессе поиска в гиперпространстве поиска решений и учитывают успехи своих соседей. Если одна частица видит хороший (перспективный) путь (в поисках пищи или защиты от хищников), то остальные частицы способны быстро последовать за ней, даже если они находились в другом конце роя. С другой стороны в рое, для сохранения достаточно большого пространства поиска должны быть частицы с долей случайности в своем поведении.

#### Применение роевого интеллекта

Роевые алгоритмы могут быть успешно применены для решения сложных комплексных задач оптимизации. Цель решения сложных комплексных задач оптимизации – поиск и определение наиболее подходящего решения для оптимизации (нахождения минимума или максимума) целевой функции (цены, точности, времени, расстояния и т.п.) из дискретного множества возможных решений. Уже сегодня роевые алгоритмы, в частности муравьиные и пчелиные алгоритмы, благодаря своей простоте всё чаще используются, например в задачах [10]:

- анализа изображений;
- поиска неисправностей сложных систем телекоммуникации;
- робототехники;
- планирования задач маршрутизация автотранспорта;
- кластеризации данных;
- распределения почтовых систем;
- комбинаторной оптимизации;

- принятия экономических решений в автоматной модели производства;

- планирования работы предприятия, оптимального распределения ресурсов, оптимизации цепочки поставщиков и многих др.

Примеры реализованных самоорганизующихся систем:

- поисковые системы, использующие «коллективный разум» для определения качества веб-страниц. Ссылки пользователей рассматриваются как голоса в пользу данного сайта, в итоге получается список страниц, отсортированных системой в порядке убывания их популярности;

- проект «Википедия» – свободная общедоступная мультязычная универсальная интернет-энциклопедия, содержимое которой формируют сами пользователи;

- сетевые экспертные сообщества, использующие принципы самоорганизации с целью стратегического планирования, что позволяет получать предложения от большого количества экспертов, выносить возникающие проблемы на обсуждение, где коллективный интеллект, заведомо превосходящий возможности отдельных людей и даже эффективных малых групп, генерирует идеи по решению конкретной проблемы и выбирает наилучшие из них;

- смоделированные массовые сцены в кинематографии. Каждый агент следует простым правилам, в результате чего получается комплексное поведение (примеры кинофильмов: «Аватар», «300 спартанцев», «Властелин колец»);

- системы, координирующие работы больших групп беспилотных летательных аппаратов, использующие принципы пчелиного алгоритма;

- системы, основанные на адаптивном алгоритме маршрутизации для исследования компьютерных сетей – AntNet. В алгоритме предусмотрено исследование состояния сети с использованием агентов, которые используют вероятностные правила выбора маршрутов. Для маршрутизации пакетов данных используются вероятностные таблицы маршрутизации. Агенты выпускаются в сеть периодически каждым узлом. При выборе узла назначения используется концепция «популярного узла», т.е. такого узла, в который чаще всего следовали пакеты данных. Экспериментальные исследования показывают, что AntNet позволяет снизить вероятность перегрузки и появления точек скученности в компьютерной сети;

- системы анализа медицинских изображений.

Рассмотрим более подробно задачу анализа медицинских изображений как задачу оптимизации графа с применением РА.

При установлении диагноза и проведении лечения врачи все больше полагаются на данные медицинских изображений (гастроскопия, колоноскопия, рентген, УЗИ, и т.п.). Объекты на медицинских изображениях обладают большой сложностью и многофакторностью, что обуславливает высокие требования к надёжности и точности результатов исследований.

Одной из главных способов автоматизации процесса исследования таких медицинских изображений является

сегментация (рисунок 1). Сегментация – это процесс разбиения изображения на несколько сегментов. Цель сегментации заключается в упрощении и/или изменении представления изображения, чтобы его было проще и легче анализировать. Задача сегментации изображений легко сводится к задаче оптимизации графов. Поэтому применение к ней муравьиного алгоритма является весьма эффективным.

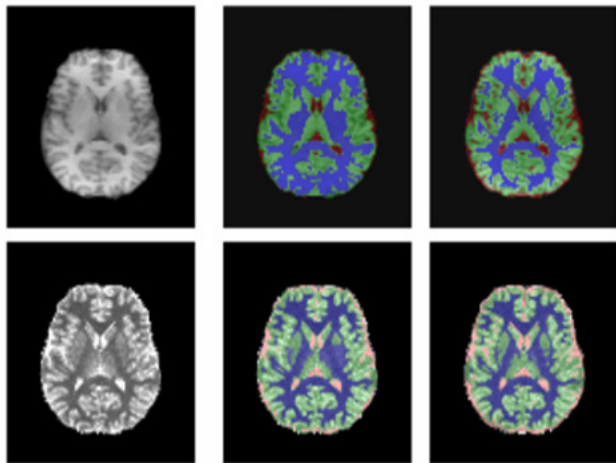


Рисунок 1 – Пример применения сегментации к медицинским изображениям

Для сегментации изображения с помощью муравьиного алгоритма необходимо:

- 1) представить изображение в виде графа;
- 2) определить пороговое значение «перепада» цветов, которые должны быть в разных сегментах;
- 3) определить значение следа феромона;
- 4) определить эвристику поведения муравья, когда строим решение;
- 5) настроить параметры самого алгоритма.

«Муравьи» порождаются в графе периодически каждым узлом. Выбор узла назначения осуществляется по принципу «случайный сосед», т.е. каждый новый муравей следует в случайный узел. Алгоритм останавливается при прохождении заданного количества итераций.

Далее по уровню феромона на каждом узле происходит сегментация изображения. Здесь высокую роль играет так называемое «пороговое» значение, которое определяет значение «перепада» цветов, которые должны быть в разных сегментах. На практике, зачастую, «пороговое» значение берут равным 0.5, только чтобы отделить фон от объекта. Если брать его ещё меньшим, то сегментов станет больше.

Программное обеспечение (ПО) для анализа медицинских изображений, спроектированное на принципах муравьиного алгоритма, позволяет выявлять кадры с аномальными изображениями – распознанной патологией и подозрениями на патологию, определяя проблемные точки в организме. Необходимость в использовании подобного ПО становится всё более актуальной в последнее время в связи с распространением новых методов медицинских исследований, к примеру, таких как капсульная эндоскопия, пришедшая на смену гастроскопии и

колоноскопии. Суть метода заключается в исследовании желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) пациента с помощью миниатюрной капсулы, которая создает видеозапись внутренней поверхности ЖКТ и с помощью технологии беспроводной передачи данных передает её для дальнейшего анализа. Подобное исследование длится около 7 часов, за это время накапливается медико-биологическая информация, представляющая собой более 40 тыс. цифровых снимков поверхностей ЖКТ. Просмотр врачом такого объёма информации занимал бы не менее двух часов. При этом использование ПО, основанного на принципах муравьиного алгоритма, позволяет провести анализ за значительно меньшее время и с наибольшей точностью, что упрощает и увеличивает эффективность работы врача.

Актуальность разработки систем на основе роевого интеллекта очевидна. Уже в ближайшем будущем это позволит с помощью специализированного ПО быстро отыскивать нужную фотографию и выделять в ней по неуловимым для человека признакам интересующую его информацию, диагностировать болезни по всем видам медицинских изображений, выполнять безошибочное наведение беспилотных аппаратов, поисковых роботов, астронавигации, наблюдать и эффективно координировать в режиме реального времени дорожное движение и многое другое.

В настоящее время развитие самоорганизующихся систем происходит очень интенсивно и можно только предполагать, насколько сложной и эффективной будет работа, которую смогут выполнять системы, построенные на основе роевых алгоритмов в будущем.

#### Заключение

Сведения, получаемые из разных источников по роевому интеллекту и его применению, приведённые в статье в качестве примера, позволяют уточнить ряд вопросов по рассматриваемой предметной области и составить её описание с глубиной проработки отдельных аспектов, определяемой практической необходимостью.

Формирование и использование цельной онтологической модели бионических технологий позволит создать основу для «интеллектуализации» системы информационной поддержки процессов создания и развития перспективных бионических технологий.

#### БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Баранюк В.В., Смирнова О.С., Богорадникова А.В. Интеллектуальная система информационной поддержки развития перспективных бионических технологий: основные направления работ по созданию. International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 2, no. 12, 2014.
- [2] Смирнова О.С., Елисева Е.И., Ершова О.А., Сесин И.Ю. Подходы к классификации информационных ресурсов в области бионических технологий. Труды IX Международной научно-практической конференции «Отечественная наука в эпоху

изменений: постулаты прошлого и теории нового времени». г. Екатеринбург, 15-17 мая 2015 г. ISSN: 3385-8879, №4 (9) / часть3. с.18-22.

- [3] Сигов А.С., Нечаев В.В., Кошкарев М.И. Архитектура предметно-ориентированной базы знаний интеллектуальной системы. International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 2, no.12, 2014. В.В. Нечаев. Современные бионические информационные технологии. Журнал «Информационные технологии» №8, 2014 г.
- [4] Sigov A.S., Nechaev V.V., Baranyuk V.V., Koshkarev M.I., Smirnova O.S., Melikhov A.A., Bogoradnikova A.V. Architecture of domain-specific data warehouse for bionic information resources. Ecology, environment and conservation, №4, 2015.
- [5] Баранюк В.В., Смирнова О.С. Детализация онтологической модели по роевым алгоритмам, основанным на поведении насекомых и животных. International Journal of Open Information Technologies. Vol.3, no. 12, 2015.
- [6] Смирнова О.С., Богорадникова А.В., Блинов М.Ю. Описание роевых алгоритмов, инспирированных неживой природой и бактериями, для использования в онтологической модели. International Journal of Open Information Technologies. Vol.3, no. 12, 2015.
- [7] Роевой интеллект. Эл. ресурс: [http://gruzdoff.ru/wiki/Роевой\\_интеллект](http://gruzdoff.ru/wiki/Роевой_интеллект)
- [8] Роевые алгоритмы. Эл. ресурс: <http://www.intuit.ru/studies/courses/14227/1284/lecture/24188%25252525253Fpage%25252525253D3>
- [9] Fogel L.J., Owens A.J., Walsh M.J. Artificial Intelligence throw Simulated Evolution. Wiley, New York, 1966.
- [10] Исследование муравьиных и пчелиных алгоритмов. Эл. ресурс: <http://www.authorstream.com/Presentation/deutschmalai-1053738/>

# Expanding the bionics ontology by the description of swarm intelligence

V.V. Baranjuk, O.S. Smirnova

**Abstract** – The paper provides an extended swarm intelligence description with its practical application techniques to be used for populating the bionics ontology.

**Keywords** – swarm intelligence, swarm algorithms, bionics, ontological model.