

УДК 004.023

К.М. ГАВРЮХИНА, С.Р. НЕФЕДОВА
(*KMGavryukhina@mail.ru, nefedovsr2@gmail.com*)
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова

ПРИМЕНЕНИЕ РОЕВОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЕМ*

Рассмотрены механизмы функционирования нескольких алгоритмов, основанных на поведении децентрализованных самоорганизующихся колоний живых организмов – муравьев и пчел – с целью оптимизации процессов компании для оперативного принятия решений в условиях стремительных изменений. Авторами проанализированы достоинства и недостатки роевого интеллекта, а также сделаны выводы о перспективах его использования в сфере управления предприятием.

Ключевые слова: *методы оптимизации, роевой интеллект, эвристические алгоритмы, муравьиный алгоритм, алгоритм пчелиной колонии, управление предприятием.*

В настоящее время одним из ключевых факторов повышения конкурентоспособности и эффективности ведения бизнеса является оптимизация внутренних бизнес-процессов предприятия. В условиях стремительных изменений внешней среды существует необходимость оперативного проведения структурных преобразований для наиболее результативного взаимодействия элементов компании. Особо остро стоит проблема ликвидации замедляющих факторов во время принятия экономических решений с целью рационального распределения ресурсов компании, а также при построении оптимальных маршрутов перевозок грузов из множества возможных.

Однако зачастую оптимизация внутренних процессов компании сталкивается с высокой вычислительной сложностью, которая затрудняет решение задач привычными аналитическими способами и требует значительного количества времени для получения наилучшего результата. В таких случаях для решения проблемы могут привлекаться эвристические алгоритмы, которые хоть и не всегда гарантировано приводят к оптимальным решениям, но в разы ускоряют их поиск.

В данной работе мы подробнее рассмотрим поведенческие имитационные методы эвристических алгоритмов, основанные на изучении поведения децентрализованных самоорганизующихся колоний живых организмов (муравьев, пчел, рыб, светлячков). Такие методы тесно связаны с роевым интеллектом, который состоит из множества простейших агентов, взаимодействующих между собой и с внешней средой. В его основе лежит эмерджентное поведение, позволяющее оптимизировать алгоритм решения благодаря разбиению задачи на более мелкие для каждого агента системы.

Рассмотрим функционирование муравьиного алгоритма, первая версия которого была предложена Марко Дориго еще в 1992 г. Его суть довольно проста: муравьи начинают двигаться по всем возможным маршрутам, доставляя еду в муравейник. По пути они оставляют пахучий след в виде феромонов, который и помогает найти кратчайший маршрут из всех возможных. На более коротком пути за то же время муравьи успеют сделать больше ходок, соответственно оставить больше феромонов. Насекомые ориентируются на запах, выбирая дорожку, поэтому более пахучий короткий путь будет привлекать их сильнее, чем все остальные (см. рис. 1 на с. 20).

Необходимо отметить, что феромоны быстро улетучиваются, тем самым теряя свою пахучесть. Каждая новая ходка будет усиливать запах феромонов на коротком пути, при этом постепенное испарение вещества на неэффективных длинных маршрутах приведет к его исчезновению. Со временем весь рой будет идти по самой короткой дорожке, поддерживая сильный запах.

Поскольку основой муравьиного алгоритма является передвижение муравьев по различным маршрутам, то данный подход будет эффективен в решении задач оптимизации, допускающих графовую интерпретацию.

* Работа выполнена под руководством Попова А.А., кандидата технических наук, доцента кафедры информатики ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова».

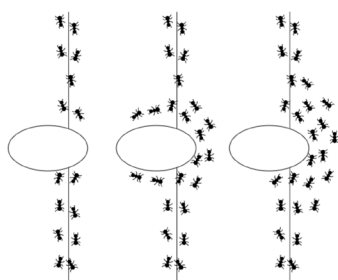


Рис. 1. Маршруты муравьев при поиске кратчайшего пути до пищи [4]

Необходимо подчеркнуть специфическую уязвимость данного алгоритма: учитывая, что построение уникально, возможность применения традиционных и знакомых нам методов информационной безопасности ограничено. Это позволяет злоумышленникам свободно воздействовать на работу роевого алгоритма и его итоги. В основном сбои возникают в результате внедрения ложных агентов, оставляющих на путях, не являющихся кратчайшими, большое количество феромона, оказывая дестабилизирующее влияние на поток муравьев и значительно увеличивая время на поиск оптимального решения [1]. Также возможен вариант уменьшения скорости испарения феромонов у подосланных муравьев и дальнейшее их использование злоумышленниками на длинных маршрутах. Один из вариантов избежания несанкционированного проникновения в действие алгоритма – это идентификация всех муравьев (деление на «своих» и «чужих»), а также внедрение муравьев-полицейских, чья задача состоит в выявлении аномального поведения роя.

Еще одним алгоритмом, близким к муравьиному, является алгоритм пчелиной колонии, который был предложен Д. Карабога в 2005 г. Модель состоит из нескольких ключевых компонентов: пчел-разведчиков, рабочих пчел, а также источников пищи. Процесс наполнения улья начинается с того, что пчела-разведчик выдвигается в выбранном направлении для исследования близлежащих территорий и при нахождении выгодного источника пищи собирает необходимую информацию о нем: количество нектара, усилия, которые придется затратить на сбор, расстояние, которое нужно пройти, и направление, в котором оно находится от гнезда [7]. После сбора необходимых данных пчела возвращается в улей и сообщает их при помощи специального танца рабочим пчелам. В зависимости от интенсивности танца рабочие пчелы узнают о наиболее перспективных местах и вылетают в указанных направлениях за сбором нектара. После этого есть несколько вариантов развития:

1. Если рабочая пчела нашла поблизости более выгодную площадку с большим количеством цветов, она собирает нектар там, после чего сообщает улью информацию о новом источнике пищи. Невыгодное место забывается пчелами, и они отправляются уже по новым координатам.

2. Если пчела не нашла лучшего места, она собирает нектар там, куда летела изначально, после чего также сообщает данные об этом источнике другим пчелам (см. рис. 2).

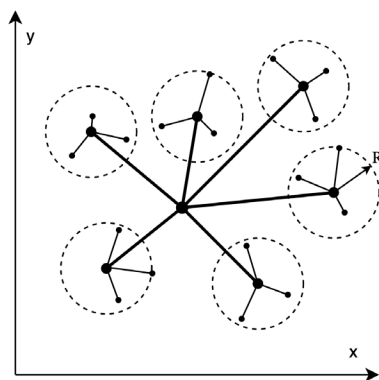


Рис. 2. Линии маршрута пчел-разведчиков (толстые) и уточняющие полеты рабочих пчел (тонкие) [4]

Процесс повторяется многократно, обеспечивая выбор наилучшего места сбора нектара, т. к. со временем пчелы сосредотачивают свои силы на более удачном источнике, в то время как координаты неподходящих мест просто забываются.

Рассмотренные алгоритмы могут найти эффективное применение в сфере управления предприятием.

1. Оптимизация работы склада и улучшение логистики. Решения на основе роевого интеллекта обеспечивают активное отслеживание объема и качества товаров на складе, а также осуществление постоянного мониторинга за состоянием дорожного трафика и иных особенностей для наиболее быстрой доставки продукта от логистического центра до потребителя [3]. Например, пчелиный алгоритм может использоваться предприятием для нахождения перспективной области потребления по отношению к логистическому центру, а муравьиный – для нахождения оптимальных точек сбыта и путей перевозок.

2. Охрана предприятия. В обеспечения защиты помещений целесообразно использования роботов, подчиняющихся принципам самоорганизующейся системы [6]. Так, благодаря их движению по непредсказуемым маршрутам и самостоятельно определяющей нагрузке злоумышленник не сможет предугадать, какое помещение является менее охраняемым.

3. Принятие экономических решений. Для принятия эффективных экономических решений предприятие также может воспользоваться механизмами муравьиного алгоритма. В интерпретации результатов феромон заменяется на сумму прибыли, соответственно, чем больше феромона у конкретного варианта поведения, тем больше прибыли можно будет получить.

4. Осуществление планирования [2].

5. Управление дронами (беспилотными устройствами), выполняющими задачу уборки территории, обслуживаемой управляющими организациями в сфере ЖКХ, а также выполняющими задачу технического обслуживания многоквартирных домов. В качестве примера можно привести использование роевых алгоритмов как развитие идеи использования беспилотных летательных аппаратов в сфере управления ЖКХ [5].

Основным преимуществом применения роевого интеллекта в управлении предприятием является самоорганизация в условиях отсутствия единого управляющего центра, что обеспечивает гибкое принятие решений: роевая система реагирует на внутренние неполадки и внешние вызовы, быстро адаптируясь под возникающие изменения. Более того, задачи завершаются независимо от сбоя некоторых агентов, что обеспечивает высокий уровень надежности выполнения работ. Роевые алгоритмы масштабируемы и применимы к большинству задач многоцелевой оптимизации, причем они гарантированно сходятся и достигают оптимум.

Несмотря на большое количество достоинств, у роевого алгоритма есть значительный недостаток: для эффективной работы важна постоянная настройка первоначальных свободных параметров, которые влияют на результат и подбираются на основании практического опыта.

На данный момент использование роевого интеллекта в управлении предприятиями развито не так сильно, что предоставляет широкий спектр возможностей для создания проектов повышения адаптивных свойств алгоритма в этой сфере. По итогам внедрения эвристических алгоритмов, основанных на поведении живых организмов, можно поспособствовать появлению нового типа самоорганизующегося предприятия, способного быстро и инстинктивно адаптироваться к постоянно меняющимся условиям. Так, предприятия решат проблему влияния замедляющих факторов и ускорят процесс принятия решений.

Литература

1. Зикратов И.А., Козлова Е.В., Зикратова Т.В. Анализ уязвимостей робототехнических комплексов с роевым интеллектом // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 5(87). С. 149–157.
2. Лебедев Б.К., Лебедев В.Б. Планирование на основе роевого интеллекта и генетической эволюции // Известия ЮФУ. Технические науки. 2009. № 4(93). С. 25–33.
3. Литовка Н.В. Роевой интеллект в задачах оптимального размещения объектов пространственно распределенного предприятия // Электрон. сетевой политематич. журнал «Научные труды КубГТУ». 2018. № 11. С. 70–80. [Электронный ресурс]. URL: <https://ntk.kubstu.ru/data/mc/0060/2394.pdf> (дата обращения: 09.10.2022).

4. Ползай, как муравей, летай, как пчела: алгоритмы, которые придумала сама природа // Skillbox Media. [Электронный ресурс]. URL: <https://skillbox.ru/media/code/polzay-kak-muravey-letay-kak-pchela/> (дата обращения: 09.10.2022).
5. Попов А.А., Соломина Ю.К. Анализ возможностей использования беспилотных летательных аппаратов для управления жилищно-коммунальным хозяйством // *Фундаментальные исследования*. 2018. № 2. С. 144–151.
6. Российские ученые создают искусственный интеллект для управления роем роботов-охранников // ТАСС. [Электронный ресурс]. URL: https://nauka.tass.ru/nauka/6424333?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com (дата обращения: 13.10.2022).
7. A Swarm Intelligence approach to Optimization Problems using the Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm // Medium. [Электронный ресурс]. URL: <https://medium.com/cesar-update/a-swarm-intelligence-approach-to-optimization-problems-using-the-artificial-bee-colony-abc-5d4c0302aaa4> (дата обращения: 11.10.2022).

KRISTINA GAVRYUKHINA, SOFYA NEFEDOVA
Plekhanov Russian University of Economics

USE OF SWARM INTELLIGENCE FOR ENTERPRISE MANAGEMENT

The article deals with the mechanisms of functioning some algorithms on the basis of the behavior of the decentralized self-organized colonies of the living organisms – ants and bees – to optimize the processes of the companies for the operational decision making in the context of the fast-moving changes. The authors analyzed the advantages and disadvantages of the swarm intelligence, there is concluded about the prospects of its usage in the sphere of the enterprise management.

Key words: optimization methods, swarm intelligence, heuristic algorithms, ant colony optimization, artificial bee colony, enterprise management.