

5 СЕКЦИЯ АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ЛОГИСТИКИ

УДК 004.896

РОЕВОЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ЕГО МЕСТО В ЛОГИСТИКЕ

С. Ф. Куган¹, Л. К. Рамская²

¹Белорусский государственный экономический университет
Республика Беларусь, г. Минск, Партизанский проспект, 26
sfkugan@mail.ru

²Брестский государственный технический университет
Республика Беларусь, г. Брест, ул. Московская, 267
lkramskaya@mail.ru

В статье отражены вопросы, связанные с цифровизацией экономики и использованием современных цифровых технологий в логистике. Возможности, которые появляются благодаря цифровизации, позволяют бизнесу не только получать дополнительный доход, но и значительно повысить качество предоставляемых работ и услуг. Одним из перспективных направлений цифровизации в логистике настоящего времени можно считать использование роевого интеллекта как варианта коллективного поведения, которое возможно моделировать, контролировать и направлять, а значит – использовать максимально эффективно.

Ключевые слова: искусственный интеллект, логистика, роевой интеллект, цифровые технологии, эффективность

SWARM INTELLIGENCE AND ITS PLACE IN LOGISTICS

S. F. Kujan¹, L.K. Ramskaya²

¹Belarusian State University of Economics,
Republic of Belarus, Minsk, Partizansky Prospekt, 26
sfkugan@mail.ru

²Brest State Technical University,
Republic of Belarus, Brest, st. Moscow, 267
lkramskaya@mail.ru

The article reflects issues related to the digitalization of the economy and the use of modern digital technologies in logistics. The opportunities that arise thanks to digitalization allow businesses not only to receive additional income, but also to significantly improve the quality of the work and services provided. One of the promising areas of digitalization in logistics today can be considered the use of swarm intelligence as a variant of collective behavior that can be modeled, controlled and directed, and therefore used as efficiently as possible.

Keywords: artificial intelligence, logistics, swarm intelligence, digital technologies, efficiency.

Современная логистика – это не только процесс перемещения груза из точки А в точку Б, это сложная система взаимодействия субъектов логистической сети, использующих цифровизацию и ее технологии в доступном для них объеме. Искусственный интеллект (IoT) во всем своем многообразии занимает среди данных технологий особое место. Его применение в логистике позволяет одновременно решать значительное количество задач с обработкой значительно выросших информационных потоков (поступление информации с различных цифровых датчиков, проектирование и прогнозирование и пр.).

Одним из новых направлений цифровизации является использование в логистике роевого интеллекта (*swarm intelligence*), связанного с обработкой огромных объемов данных, поступающих от различных объектов с целью построением четкого алгоритма их действий или взаимодействий. Другими словами, роевой интеллект – это вариант коллективного поведения.

Для понимания механизма роевого интеллекта необходимо рассмотреть систему базовых принципов, лежащих в его основе.

– Принцип самоорганизации предполагает умение участников роя выполнять простые вычисления, связанные с окружающей средой. Здесь вычисление рассматривается как непосредственная поведенческая реакция на изменения окружающей среды, например, вызванные взаимодействиями среди других участников системы.

– Принцип качества определяет способность реагирования на факторы качества, такие как продукты питания и безопасность.

– Принцип масштабируемости отражает умение роя без руководства максимально рационально решать все поставленные перед ним задачи.

– Принцип мультизадачности предполагает самоорганизацию роя и независимость действий агентов, что делает возможным выполнение нескольких задач сразу.

– Принцип разнообразного реагирования отражает поиск максимально возможного набора вариантов реализации задачи при существующих ограничениях или колебаниях окружающей среды.

– Принцип стабильности и адаптивности подтверждает стремление любой системы к равновесному состоянию.

Данные принципы нашли свое подтверждение в мире природы (колонии муравьев, пчелиный рой) и положены в основу решения задач комбинаторной оптимизации (задача коммивояжера). Ведь задача роевого интеллекта определяется как оптимизация движения внутри конкретного пространства.

Повышение гибкости логистических процессов является следствием поступательного роста оборота электронной коммерции и развития Индустрии 4.0, реализации системных решений, формирующих стабильность и безопасность реализации бизнес-процессов.

Наиболее удачными системными решениями в области логистики, использующими роевой интеллект, считаются системы WMS (Warehouse Management System, автоматизированная информационная система, обеспечивающая автоматизацию управления совокупности складских процессов профильного

предприятия, т. е. всех его бизнес-процессов, связанных с товарными запасами, грузообработкой, стратегией размещения, взаимодействием с партнерами и т. д.) или WCS (Warehouse control system, интегрируемая система управления материалами (складом) в режиме реального времени, представляющая собой программный модуль, совместимый со всеми известными компьютеризированными платформами управления складом [1].

Указанные системы управления складом, обрабатывая значительные объемы информации, координируют работу отдельных автоматизированных элементов склада, обеспечивая оперативное управление оборудованием и персоналом склада. Реализация деятельности данных системах основана на многоуровневой системе управления, предполагающей определенную ролевую иерархию.

Верхний уровень иерархии, именуемый хостом (WMS) и отвечающий за бизнес-аспекты системы управления, основывается на информации, поступающей от системы управления материалами (WCS). Она, в свою очередь, получая информацию от хоста, координирует различные устройства управления (конвейеры, аппликаторы печати и нанесения) в режиме реального времени для выполнения ежедневной рабочей нагрузки и, определяя максимально эффективные маршруты движения товарной единицы, передает указание контроллерам оборудования. Информационные массивы, содержащие данные о выполнении заказов (комплектация, отправка, доставка и пр.), обрабатываются системой среднего уровня иерархии WCS в режиме реального времени, позволяющей мониторить ситуацию и координировать материальные и информационные потоки. По сути, WCS является центральным пунктом системы управления материалами (товарами), реализуя связь между WMS, работающим в off-line режиме и системой управления МНЕ (Material Handling Equipment) в режиме реального времени.

Нижний уровень иерархии системы управления складом представлен программируемыми логическими контроллерами (ПЛК), взаимодействующими с периферийными устройствами ввода/вывода (сканерами, весами и пр.) и занимающимися только операциями определенной области или подсистемы общей системы обработки материалов. Как показывает практика последних лет, получение эффекта от внедрения WMS, зависит от возможности ее интеграции с внешними системами:

- получение информации по поставкам и отгрузкам реализуемо при взаимодействии с ERP-системами предприятий и организаций, производящих продукцию определенного типа;

- синхронизация действий со складским оборудованием – внешним ПО, обеспечивается управлением с МНЕ;

- использование голосовых и прочих технологий предполагает наличие RFID (радиочастотной идентификации);

- управление грузоперевозчиками, составление отчетности и документации, а также печать этикеток и маркировочных знаков осуществимо посредством интеграции с соответствующим программным обеспечением (ПО).

Каждое направление предполагает реализацию исследований с точки зрения поиска оптимальных ИТ-решений, использующих роевой интеллект, и их интеграцию. Востребованность данных решений способствовала росту исследований, связанных с разработкой методов роевой оптимизации, например метод

(алгоритм) роя частиц (PSO). Метод PSO «оптимизирует функцию, поддерживая популяцию возможных решений, называемых частицами, и перемещая эти частицы в пространстве решений согласно простой формуле. Перемещения подчиняются принципу наилучшего найденного в этом пространстве положения, которое постоянно изменяется при нахождении частицами более выгодных положений» [2]. К первым исследователям, которые изучали коллективное поведение в природе, относят К. Рейнольдса [3], Ф. Хеппнера, У. Гренандера [4]. Именно их разработки были использованы в дальнейшем Д. Кеннеди и Р. Эмберхартом в качестве принципов и условий реализации алгоритма роя частиц (1995 г.) при поиске оптимума для непрерывных нелинейных функций [5].

Метод роя частиц является алгоритмом дискретной оптимизации, и позволяет осуществлять поиск лучшего решения итеративно, что дает возможность использовать его для реализации не только непрерывных задач, но и дискретных, а также гибридных. Основной идеей реализации алгоритма является условие получения только одного результата при одновременной обработке нескольких вариантов решения оптимизационных задач. Алгоритм достаточно простой и предполагает, по сути, реализацию нескольких шагов:

- первый – изначально в пространстве поиска задается определенное число приближений к искомому решению;
- второй – элементы системы (популяции) перемещаясь по пространству решений постепенно приближаются к экстремуму оптимизируемой функции;
- третий – проверка на соответствие условию прекращения работы алгоритма (определен лучший вариант реализации заданного условия), если соответствия нет, то происходит возврат на второй шаг.

Методы роевого интеллекта схожи по формату действия с самообучающейся нейронной сетью Кохонена, когда имеет место обмен информацией между нейронами при их перемещении по заданному пространству. Подобные методы целесообразно применять при решении задач комбинаторного производственного планирования, построении телекоммуникационных сетей, управлении автоматизированными системами и др. Как и в нейронной сети изначально каждая частица (участник роя) является случайным решением на области допустимых значений. Затем частице присваивается вектор скорости – расстояние или значение, на которое перемещается частица в рамках популяции (области поиска). Для каждой частицы рассчитывается свое значение целевой функции. По итогу, частица запоминает лучшее решение из возможных за все пройденные итерации. Процесс изменения скорости учитывает предыдущую скорость частицы, ее собственную память, влияние членов роя и основывается на следующих парадигмах алгоритма: поведение частицы является распределенным, имеет место коллективное управление, взаимодействие с окружающей средой является локальным для каждого конкретного случая. При этом в алгоритм закладывается корректировка текущей координаты частицы после нахождения ее скорости. Как и в случае с нейроном-победителем в сети Кохонена рассчитанное значение целевой функции в новой точке сравнивается с предыдущими координатами частицы для определения лучшей из предшествующих. При положительном ответе координаты точки запоминаются вместе с соответствующим ей значением целевой функции.

В дальнейших исследованиях ученые стремились найти баланс между пространством поиска и скоростью нахождения заданного значения (Ю. Ши и Р. Эберхарт – 1998 г., Г. Чен и З. Мин – 2006 г., К. Харрисон – 2019 г. и др.) с помощью поиска инерционных весов, позволяющих менять значимость опыта отдельной частицы (всего роя) или делать перемещение частиц более случайным через задаваемые коэффициенты. Эти и подобные исследования в итоге привели к нахождению таких решений оптимизационной задачи, при которых оптимальный результат подходил одновременно для всех участников роя в конкретном пространстве, получаемом за счет общения между ними.

Постоянный научный поиск заставляет современный мир активно меняться, в том числе и за счет результатов исследования технологических возможностей, определяемых категорией «техно-феноменологический поворот», что, по сути, означает их новый этап. Изменения связаны с активным использованием цифровых технологий, появлением новых способов сбора и предоставления информации. И если первые «робкие» шаги цифровых технологий вызывали восторг и восхищение, то сейчас почти безграничные возможности используются во всех сферах человеческой деятельности и за ними будущее.

Список использованных источников

1. WCS. – URL: [https://kapelou.com/en/product/wcs-eng#:~:text=Warehouse%20 Control%20System](https://kapelou.com/en/product/wcs-eng#:~:text=Warehouse%20Control%20System) (дата обращения: 27.09.2024).
2. Метод роя частиц. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 15.09.2024).
3. Craig, R. Flocks, herds, and schools: a distributed behavioral model / R. Craig // Computer Graphics. – 1987. – P. 25–34.
4. Heppner, F. A stochastic nonlinear model for coordinated bird flocks / F. Heppner, U. Grenander // The Ubiquity of Chaos. – 1990. – P. 233–238.
5. Kennedy, J. Particle Swarm Optimization / J. Kennedy, R. Eberhart // Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks, 1995. – Vol. 4/ – P. 1942–1948.

© Kuhan S. F., Ramskaya L. K., 2024