

УДК 519.8

DOI: 10.22213/2410-9304-2024-2-63-68

Оптимизация параметра величины колонии в муравьином алгоритме для решения задачи маршрутизации в сетях связи

А. А. Миронов, МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия

Р. В. Файзуллин, кандидат экономических наук, доцент,

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия

А. В. Кузикова, МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия

С ростом количества информации и сложности сетей связи остается актуальным вопрос маршрутизации. Задача маршрутизации является классической задачей построения логической структуры сети связи. Для решения этой задачи используется множество методов, такие как генетические алгоритмы, муравьиный алгоритм, роевой интеллект, алгоритм искусственной пчелиной колонии, светлячковый алгоритм, алгоритм оптимизации бактериального поиска пищи и др. Несмотря на то, что эффективность использования муравьиного алгоритма широко известна и описана, однако нет единого подхода к нахождению оптимального варианта использования алгоритма. Возникает необходимость определения оптимальной величины колонии при решении задачи маршрутизации. В статье описаны результаты имитационного процесса моделирования поведения колоний муравьев разной величины для поиска оптимального маршрута посредством программной среды AnyLogic. Определено, что посредством имитационного моделирования можно воспроизвести использование муравьиного алгоритма для решения задачи маршрутизации в сетях связи. Для поиска оптимального соотношения величины колонии и сложности задачи можно использовать методологию поиска по сетке. Полученные результаты наглядно демонстрируют, что с ростом сложности задачи (количества узлов связи) одинаковое количество муравьев хуже справляется с решением поставленной задачи. Проблема, связанная с необходимостью точного определения оптимальной величины колонии, имеет важное прикладное значение, потому что рост величины колонии имеет в целом убывающую полезность. Выявлено, что зачастую увеличение количества муравьев со 100 до 500 давало относительно больший эффект, чем увеличение размера колонии с 1000 до 10000. Обосновано, что посредством имитационного моделирования можно применять муравьиный алгоритм как метод решения задачи маршрутизации в сетях связи.

Ключевые слова: муравьиный алгоритм, модель, оптимизация, оптимальный маршрут, моделирование.

Введение

С ростом количества информации и сложности сетей связи остается актуальным вопрос маршрутизации. Существует ряд работ, посвященных задачам маршрутизации в компьютерных сетях [1], есть отдельные исследования по маршрутизации для задач группировки спутников [2] или организации связи беспилотных летательных аппаратов [3]. Действительно, задача маршрутизации является классической задачей построения логической структуры сети связи [4].

Для решения данной задачи используется множество методов, такие как генетические алгоритмы [5], муравьиный алгоритм, роевой интеллект, алгоритм искусственной пчелиной колонии [6], светлячковый алгоритм [7], алгоритм оптимизации бактериального поиска пищи и др. [8]. В последнее время исследователи выделяют роевой интеллект как отдельный раздел искусственного интеллекта (ИИ), в который включают как муравьиный и пчелиный алгоритмы, так и светлячковый алгоритмы [9].

Математически задача планирования сводится к дискретной, нелинейной и зачастую много-

целевой задаче комбинаторной оптимизации. Ее целью является проектирование маршрута передачи данных в сети с учетом необходимости минимизации затрат на установку и эксплуатацию с учетом необходимости удовлетворения требований к надежности сети. Проблему трудно решить традиционными математическими методами из-за большого количества стохастических параметров [10].

Целью данного исследования является изучение зависимости точности решения задачи маршрутизации в сети связи от величины колонии муравьев в муравьином алгоритме.

Методология

В настоящее время для обеспечения качества сервиса в компьютерных сетях широкую популярность получила сетевая парадигма нового поколения – программно-конфигурируемые сети (ПКС) [11]. Поскольку ПКС в первую очередь предназначены для повышения гибкости в управлении распределенными сетями за счет того, что сеть анализируется как сложная техническая система с набором параметров, то появляется возможность оптимизации ее работы. С целью по-

вышения надежности эффективным видится использование современных алгоритмов, предусматривающих возможность многопутевой маршрутизации [12].

Современные вычислительные мощности позволяют быстро находить оптимальные маршруты для обмена данными внутри сети.

Зачастую задача маршрутизации упоминается в том числе в контексте обеспечения QoS (приоритизации данных) [13, 14]. Действительно, существует возможность использования муравьиного алгоритма как метода решения задачи маршрутизации и обеспечения приоритизации данных QoS [15].

С помощью муравьиного алгоритма в процессе решения задачи маршрутизации можно определить не только траектории движения данных, но и их приоритеты. Помимо времени прохождения маршрута (или затрат других ресурсов), можно отслеживать сбои, загрузку каналов связи, отклонения, проценты потери пакетов данных и т. п. в зависимости от интенсивности потока задач. Исследование [16] подтвердило эффективность использования муравьиного алгоритма как метода решения задачи маршрутизации распределенной сети на реальных данных.

В основе муравьиного алгоритма лежат идеи, взятые из наблюдений за поведением реальной колонии муравьев. Муравьи в живой природе умеют искать пищу, выстраивать и перестраивать маршруты к их источникам. Муравьи оставляют следы в виде определенных веществ (феромонов) на своем маршруте, остальные представители колонии могут воспринимать эти следы и учитывать эту информацию. Чем больше муравьев пройдет по определенному маршруту (пути), тем большее количество следов (феромонов) останется на маршруте, тогда у других муравьев повышается вероятность выбрать те маршруты, по которым до этого больше прошло других представителей колонии, то есть наблюдается положительная обратная связь. Муравьиный алгоритм успешно использовался для решения многих задач, но он часто приводит к двум проблемам; первая заключается в том, что при решении задачи поиск упрощается до локального оптимума. Это может привести к тупиковой ситуации, и дальнейший поиск не будет иметь смысла, так как в результате глобальный оптимум не будет найден. Другой проблемой можно считать то, что алгоритм требует больших затрат в части временного ресурса. Результат решения колеблется между локальным оптимальным решением и величиной колонии.

Рассмотрим использование муравьиного алгоритма для маршрутизации в сетях связи. Современные исследователи склонны считать более эффективными гибридные алгоритмы, сочетающие реактивную и проактивную составляющие [17]. Реактивные компоненты реагируют на изменения, требующие включения алгоритма, и работают только по запросу, например пока не произойдет сбой на существующем известном маршруте. Проактивные компоненты предназначены для поддержания и улучшения связи во время сеанса связи и обновления информации о существующих маршрутах, поэтому работают с определенной степенью периодичности. Похожим образом в природе происходит оптимизация маршрутов между муравейниками и источниками пищи. Информация о маршрутах содержится в таблице феромонов, в которой хранятся сведения о расстояниях. В процессе передачи управляющих пакетов алгоритмы собирают информацию о маршрутизации путем многократной выборки возможных маршрутов между узлами источника и назначения с помощью управляющих пакетов – муравьев.

Таким образом, в начале сеанса связи узел-источник получает информацию для отправки ее другому узлу сети, для чего источник проверяет наличие маршрутной информации о запрашиваемом пункте назначения и в случае отсутствия этой информации, узел-источник запускает в сеть муравья, который начинает процесс установления реактивных связей для поиска нужного пути. Копия полученной информации пересылается от узла к узлу. Если узел имеет информацию о маршрутизации в своей таблице, она передается одноадресно, если нет – широковещательно. Когда первый пакет информации прибывает в пункт назначения, все последующие копии уничтожаются (метод наилучшего пути), а пакет следует тем же путем, но в противоположном направлении.

По пути информация о качестве собирается в каждом звене маршрута, а промежуточные узлы и узлы-источники обновляют свои таблицы феромонов на основе актуализированной информации. Процесс реактивного установления соединения может организовать только один маршрут между двумя конечными узлами, поэтому эта процедура повторяется до установления надежного соединения. После установления первого соединения алгоритм запускает процедуру проактивного поддержания маршрута, которая выполняется на протяжении всего сеанса связи, пока передаются данные. Она состоит из двух подпроцессов: диффузии феромонов и проактивной выборки муравьев.

Цель первого – распространить информацию о феромонах, найденных муравьями узла, среди его соседей по сети. Узлы периодически отправляют широковещательные сообщения, содержащие оптимальную информацию. Используя загрузку информации, соседние узлы могут извлекать новые феромоны для себя и использовать их в своих собственных передачах. Подпроцесс распространения феромонов можно считать энергетически эффективным, но в то же время потенциально ненадежным методом распространения феромонной информации. Из-за этой ненадежности феромоны, полученные в результате их диффузии, хранятся отдельно от стандартных феромонов и называются виртуальными феромонами. Виртуальный феромон необходим для выборки муравьев, второго подпроцесса процедуры проактивного соединения. В этом подпроцессе все узлы-источники в сети периодически запускают прямых проактивных муравьев к месту назначения сессии. Поведение этих муравьев определяется случайным образом, то есть они строят маршрут без использования накопленной колонией информации и стохастически выбирают следующий прыжок на каждом промежуточном узле. При расчете вероятности следующего прыжка муравьи используют как обычные, так и виртуальные феромоны. Таким образом, муравьи могут переходить с маршрута, по которому шел предыдущий муравей, на ненадежный маршрут, возникающий в результате диффузии феромонов. Таким образом, первый подпроцесс обнаруживает новый маршрут, который затем проверяется вторым подпроцессом [18].

Несмотря на то что эффективность использования муравьиного алгоритма широко известна и описана, однако нет единого подхода к нахождению оптимального варианта использования алгоритма. В случае большого количества узлов в сети и оцениваемых параметров работы сети, для нахождения оптимального пути может потребоваться большое количество вычислений, в случае с муравьиным алгоритмом потребуется большое количество муравьев. Скорость вычислений может иметь критическую важность, особенно в случае, когда сеть нельзя принять за статическую систему. Наличие динамических параметров работы сети или динамическое количество узлов сети может потребовать регулярного пересмотра маршрута или проверки найденного на оптимальность. Известно, что «муравьиные алгоритмы позволяют автоматически настраиваться на задачу с конкретными значениями исходных данных путем дополнительной разметки исходных данных, которая используется для построения решения на каждой итерации алгоритма и уточняется по мере

увеличения числа итераций» [19], однако возникает задача поиска оптимального количества итераций, оптимальной величины колонии. Вопрос выбора критерия оптимизации тоже открыт и зависит от конкретной задачи. Очевидно, что близость найденного пути оптимальному зависит от затраченных ресурсов. При нахождении в ситуации, когда отсутствует ограничение на ресурсы, за счет увеличения трудоемкости (величины колонии) можем находить оптимальный путь даже для сложных задач, затратив на это необходимое количество ресурсов. Возникает необходимость определения оптимальной величины колонии при решении задачи маршрутизации.

Результаты

Результаты исследования получены на основе имитационного компьютерного моделирования в среде AnyLogic[20, 21]. На рисунках показан пример, когда первоначального количества муравьев в колонии оказалось недостаточно для нахождения оптимального пути. На рис. 1 колония в 100 муравьев не смогла найти оптимальный маршрут, а на рис. 2 колония в 1000 муравьев смогла это сделать.

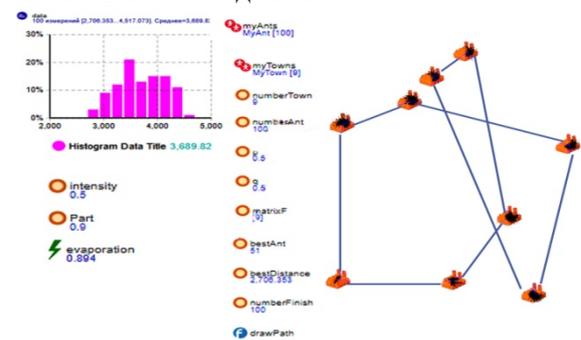


Рис. 1. Путь при 9 узлах и 100 муравьях

Fig. 1. The path with 9 nodes and 100 ants

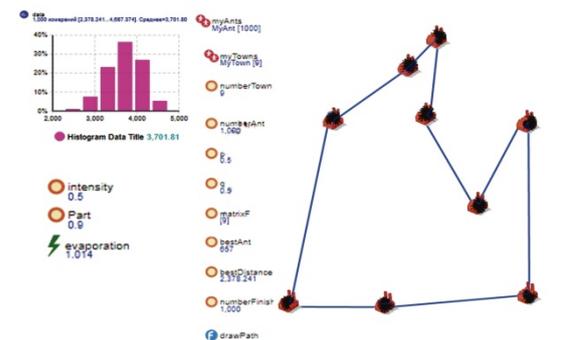


Рис. 2. Путь при 9 узлах и 1000 муравьях

Fig. 2. The path with 9 node and 1000 ants

В рамках эксперимента, варьировалось количество узлов связи от 5 до 15 и перебирались варианты величины колонии (100, 500, 1000 и 10000 муравьев). Результаты проведения эксперимента представлены в таблице.

Результаты проведения эксперимента

Results of the experiment

Количество узлов связи	Дистанция при 100 муравьях	Дистанция при 500 муравьях	Дистанция при 1000 муравьях	Дистанция при 10000 муравьях
1	–	–	–	–
5	1430	1430	1430	1430
6	1505	1505	1505	1505
7	2091	1625	1895	1625
8	2500	2113	2016	1733
9	2706	2571	2378	2002
10	3083	2652	2665	2500
11	3338	3115	3251	2828
12	3522	3582	3577	3067
13	3777	3708	3733	3258
14	4709	3817	3858	3608
15	4515	4116	4213	3695

Анализ таблицы показывает, что с ростом сложности задачи (количества узлов связи) одинаковое количество муравьев (например, 500) все хуже справляются с задачей. Проблема, связанная с необходимостью точного определения оптимальной величины колонии, имеет важное прикладное значение, потому что рост величины колонии имеет в целом убывающую полезность. Видно, что зачастую увеличение количества муравьев со 100 до 500 давало относительно больший эффект, чем увеличение размера колонии с 1000 до 10000.

Выводы

Таким образом, можно сделать вывод, что посредством имитационного моделирования можно воспроизвести использование муравьиного алгоритма для решения задачи маршрутизации в сетях связи. Для поиска оптимального соотношения величины колонии к сложности задачи можно использовать методологию поиска по сетке. Дальнейшим вектором развития тематики исследования видится набор большого количества решений с целью использования результатов для получения формальной зависимости между сложностью задачи (что является отдельной задачей) и необходимой величиной колонии для обеспечения заданного уровня близости решения к оптимальному численными методами.

Библиографические ссылки

1. Аксенов А. А. Задачи маршрутизации в компьютерных сетях // Молодежь и XXI век – 2020 : материалы X Международной молодежной научной конференции, Курск, 19–20 февраля 2020 года. Т. 3. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. С. 9–11.
2. Карсаев О. В. Модификация CGR-алгоритма маршрутизации данных в коммуникационной сети группировки спутников // Мехатроника, автоматизация, управление. 2020. Т. 21, № 2. С. 75–85. DOI 10.17587/mau.21.75-85.

3. Скрипник И. В. Задачи разработки самоорганизующейся сети связи беспилотных летательных аппаратов // Информационные системы и технологии ИСТ-2020 : сборник материалов XXVI Международной научно-технической конференции, Нижний Новгород, 24–28 апреля 2020 года. Нижний Новгород : Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2020. С. 179–183.

4. Марочкина А. В., Парамонов А. И. Метод маршрутизации трафика в трехмерной сети интернета вещей высокой плотности с применением серого реляционного анализа // Труды учебных заведений связи. 2023. Т. 9, № 4. С. 75–85. DOI 10.31854/1813-324X-2023-9-4-75-85.

5. Kasatkina E. V. Vavilova D. D. Mathematical modeling and optimization of traffic flows. Journal of Physics: Conference Series: VIII International Young Scientists Conference Information Technologies, Telecommunications and Control Systems (ITTCSCS 2021), Innopolis, 16–17 декабря 2021 года. Vol. 2134. - Innopolis: IOP Publishing Ltd, 2021. - P. 012002. DOI: 10.1088/1742-6596/2134/1/012002.

6. Перепелкин Д. А., Нгуен В. Т. Интеллектуальная многопутевая маршрутизация в программно-конфигурируемых сетях на основе алгоритма искусственной пчелиной колонии // Информационные технологии. 2022. Т. 28, № 8. С. 395–404. DOI 10.17587/it.28.395-404.

7. Мохов В. А. Бинарная оптимизация: задачи и алгоритмы // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2022. № 2 (214). С. 12–19.

8. Al Aghbari, Z., Khedr, A.M., Osamy, W. et al. Routing in Wireless Sensor Networks Using Optimization Techniques: A Survey. Wireless Pers Commun 111, 2407–2434 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11277-019-06993-9>.

9. Германчук М. С., Лемтюжникова Д. В., Лукьяненко В. А. Метаэвристические алгоритмы для многоагентных задач маршрутизации // Проблемы управления. 2020. № 6. С. 3–14.

10. Новиков О. П., Новиков М. О. Маршрутизация информации в стохастических многопараметрических информационных системах с волоконно-оптическими каналами // Сборник научных трудов кафедры прикладной математики и программирования по итогам работы постоянно действующего семинара «Теория систем». М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2022. С. 79.

11. Перепелкин Д. А., Нгуен В. Т. Интеллектуальная многопутевая маршрутизация в программно-конфигурируемых сетях на основе алгоритма искусственной пчелиной колонии // Информационные технологии. 2022. Т. 28, № 8. С. 395–404. DOI 10.17587/it.28.395-404.

12. Перепелкин Д. А., Нгуен В. Т. Интеллектуальная многопутевая маршрутизация в программно-конфигурируемых сетях на основе алгоритма искусственной пчелиной колонии // Информационные технологии. 2022. Т. 28, № 8. С. 395–404. DOI 10.17587/it.28.395-404.

13. Кокишарова Е. А. Методические аспекты обучения будущих it-инженеров технологии гарантиро-

ванного качества обслуживания в облачных инфраструктурах // Наукосфера. 2020. №. 10-1. С. 66–70.

14. Рубцова М. А., Сазонов В. В. К вопросу использования протоколов динамической маршрутизации в сетях передачи данных специального назначения // Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2023). СПб., 2023. С. 153.

15. Чернявский П. С. Метод моделирования процессов обработки неоднородных данных в буферных накопителях маршрутизаторов // Системный анализ и прикладная информатика. 2021. №. 3. С. 34–38.

16. Мельник В. С. Многопоточная маршрутизация в автоматизированной системе учета конечных узлов распределенного кластера // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2020. №. 1. С. 38–43.

17. Новиков А. С., Пестин М. С. Распределённая маршрутизация трафика в беспроводных децентрализованных самоорганизующихся сетях связи // Известия ТулГУ. Технические науки. 2021. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/raspredelyonnaya-marshrutizatsiya-trafika-v-besprovodnyh-detsentralizovannyh-samoorganizuyuschih-setyah-svyazi> (дата обращения: 14.03.2024).

18. Боронин П. Н., Кучерявый А. Е. Интернет вещей как новая концепция развития сетей связи // Информационные технологии и телекоммуникации. 2014. Т. 2, № 3. С. 7–30.

19. Костенко В. А., Плакунов А. В. Муравьиные алгоритмы для планирования вычислений в центрах обработки данных // Вестник Московского университета. Серия 15: Вычислительная математика и кибернетика. 2017. № 1. С. 44–50.

20. Кузикова А. В., Миронов А. А., Файзуллин П. В. Оптимизация маршрута с применением муравьиного алгоритма в среде Anylogic // Вестник Академии управления и производства. 2023. № 4. С. 420–427.

21. Faizullin R., Pavlov I., Konstantinov P. Methodology for optimizing supply chains // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering: Computer Applications for Management and Sustainable Development of Production and Industry (Dushanbe, 21–23 December 2021). SPIE; 2022. P. 122510U. DOI: 10.1117/12.2630920.

References

1. Aksenov A.A. *Zadachi marshrutizatsii v komp'yuternykh setyakh* [Routing problems in computer networks]. *Molodezh' i XXI vek – 2020 : materialy X Mezhdunarodnoi molodezhnoi nauchnoi konferentsii, Kursk, 19–20 fevralya 2020 goda. T. 3. Kursk: Yugo-Zapadnyi gosudarstvennyi universitet* [Proc. Youth and the XXI century - 2020: materials of the X International Youth Scientific Conference, Kursk, February 19–20, 2020. T. 3. Kursk: Southwestern State University], 2020. Pp. 9–11 (in Russ.).

2. Karsaev O.V. [Modification of the CGR algorithm for data routing in the communication network of a constellation of satellites]. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie*. 2020. Vol. 21, no. 2. Pp. 75–85 (in Russ.). DOI 10.17587/mau.21.75–85.

3. Skripnik I.V. *Zadachi razrabotki samoorganizuyushchey seti svyazi bespilotnykh letatel'nykh*

apparatov [Problems of developing a self-organizing communication network for unmanned aerial vehicles]. *Informatsionnye sistemy i tekhnologii IST-2020 : sbornik materialov XXVI Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Nizhny Novgorod, 24–28 aprelya 2020 goda* [Proc. Information systems and technologies IST-2020: collection of materials of the XXVI International Scientific and Technical Conference, Nizhny Novgorod, April 24–28, 2020]. Nizhny Novgorod: Nizhegorodskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet im. R.E. Alekseeva, 2020. Pp. 179–183 (in Russ.).

4. Marochkina A.V., Paramonov A.I. [A method for routing traffic in a high-density 3D Internet of Things network using gray relational analysis]. *Trudy uchebnykh zavedenii svyazi*. 2023. Vol. 9, no. 4. Pp. 75–85 (in Russ.). DOI 10.31854/1813-324X-2023-9-4-75-85.

5. Kasatkina E.V., Vavilova D.D. Mathematical modeling and optimization of traffic flows. *Journal of Physics: Conference Series: VIII International Young Scientists Conference Information Technologies, Telecommunications and Control Systems (ITTCS 2021), Innopolis, 16–17 dekabrya 2021 goda. Vol. 2134. Innopolis: IOP Publishing Ltd, 2021. P. 012002. DOI: 10.1088/1742-6596/2134/1/012002.*

6. Perepelkin D.A., Nguen V.T. [Intelligent multipath routing in software-defined networks based on the artificial bee colony algorithm]. *Informatsionnye tekhnologii*. 2022. Vol. 28, no. 8. Pp. 395–404 (in Russ.). DOI 10.17587/it.28.395–404.

7. Mokhov V.A. [Binary optimization: problems and algorithms]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. Tekhnicheskie nauki*. 2022. No. 2. Pp. 12–19 (in Russ.).

8. Al Aghbari, Z., Khedr, A.M., Osamy, W. et al. Routing in Wireless Sensor Networks Using Optimization Techniques: A Survey. *Wireless Pers Commun* 111, 2407–2434 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11277-019-06993-9>.

9. Germanchuk M.S., Lemtyuzhnikova D.V., Luk'yanenko V.A. [Metaheuristic algorithms for multi-agent routing problems]. *Problemy upravleniya*. 2020. No. 6. Pp. 3–14 (in Russ.).

10. Novikov O.P., Novikov M.O. *Marshrutizatsiya informatsii v stokhasticheskikh mnogoparametricheskikh informatsionnykh sistemakh s volokonno-opticheskimi kanalami* [Information routing in stochastic multiparameter information systems with fiber-optic channels]. *Sbornik nauchnykh trudov kafedry prikladnoi matematiki i programmirovaniya po itogam raboty postoyanno deistvuyushchego seminar «Teoriya sistem»* [Proc. Collection of scientific works of the Department of Applied Mathematics and Programming based on the results of the permanent seminar “Systems Theory”]. Moscow : RGU im. A. N. Kosygina, 2022. P. 79 (in Russ.).

11. Perepelkin D.A., Nguen V.T. [Intelligent multipath routing in software-defined networks based on the artificial bee colony algorithm]. *Informatsionnye tekhnologii*. 2022. Vol. 28, no. 8. Pp. 395–404 (in Russ.). DOI 10.17587/it.28.395–404.

12. Perepelkin D.A., Nguen V.T. [Intelligent multipath routing in software-defined networks based on the

artificial bee colony algorithm]. *Informatsionnye tekhnologii*. 2022. Vol. 28, no. 8. Pp. 395-404 (in Russ.). DOI 10.17587/it.28.395-404.

13. Koksharova E.A. [Methodological aspects of training future IT engineers in technology of guaranteed quality of service in cloud infrastructures]. *Naukosfera*. 2020. No. 10-1. Pp. 66-70 (in Russ.).

14. Rubtsova M.A., Sazonov V.V. *K voprosu ispol'zovaniya protokolov dinamicheskoi marshrutizatsii v setyakh peredachi dannykh spetsial'nogo naznacheniya* [On the issue of using dynamic routing protocols in special-purpose data networks]. *Informatsionnaya bezopasnost' regionov Rossii (IBRR-2023)* [Proc. Information security of Russian regions (IBRR-2023)]. Saint Petersburg. 2023. P. 153 (in Russ.).

15. Chernyavskii P.S. [A method for modeling processes for processing heterogeneous data in buffer storage devices of routers] *Sistemnyi analiz i prikladnaya informatika*. 2021. No. 3. Pp. 34-38 (in Russ.).

16. Mel'nik V.S. [Multithreaded routing in an automated accounting system for end nodes of a distributed cluster]. *Izvestiya SPbGETU LETI*. 2020. No. 1. Pp. 38-43 (in Russ.).

17. Novikov A.S., Pestin M.S. [Distributed traffic routing in wireless decentralized self-organizing com-

munication networks]. *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki*. 2021. No. 5. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/raspredelyonnaya-marshrutizatsiya-trafi-ka-v-besprovodnyh-detsentralizovannyh-samoor-gani-zuyuschih-syah-svyazi> (accessed 14.03.2024).

18. Boronin P.N., Kucheryavyi A.E. [Internet of Things as a new concept for the development of communication networks]. *Informatsionnye tekhnologii i telekommunikatsii*. 2014. Vol. 2, no. 3. Pp. 7-30.

19. Kostenko V.A., Plakunov A.V. [Ant Algorithms for Compute Scheduling in Data Centers]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 15: Vychislitel'naya matematika i kibernetika*. 2017. No. 1. Pp. 44-50 (in Russ.).

20. Kuzikova A.V., Mironov A.A., Faizullin R.V. [Route optimization using ant algorithm in Anylogic environment]. *Vestnik Akademii upravleniya i proizvodstva*. 2023. No. 4. Pp. 420-427.

21. Faizullin R., Pavlov I., Konstantinov P. Methodology for optimizing supply chains // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering: Computer Applications for Management and Sustainable Development of Production and Industry (Dushanbe, 21-23 December 2021). SPIE; 2022. P. 122510U. DOI: 10.1117/12.2630920.

* * *

Optimization of the Colony Size Parameter in the Ant Algorithm for Solving the Routing Problem in Communication Networks

A.A. Mironov, MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

R.V. Fayzullin, PhD in Economics, Associate Professor, MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

A.V. Kuzikova, MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

With the increasing amount of information and complexity of communication networks, the issue of routing remains relevant. The routing problem is a classic problem of building a logical structure of a communication network. To solve this problem, many methods are used, such as: genetic algorithms, ant algorithm, swarm intelligence, artificial bee colony algorithm, firefly algorithm, bacterial food search optimization algorithm, etc. Despite the fact that the effectiveness of using the ant algorithm is widely known and described, however, there is no single approach to finding the optimal use case for the algorithm. There is a need to determine the optimal size of the colony when solving the routing problem. The article describes the results of the simulation process of modeling the behavior of ant colonies of different sizes to find the optimal route through the AnyLogic environment. It is determined that by means of simulation it is possible to reproduce the use of the ant algorithm to solve the routing problem in communication networks. To find the optimal ratio of the colony size to the complexity of the task, you can use the grid search methodology. The results clearly demonstrate that with increasing complexity of the task (the number of communication nodes), the same number of ants cope worse with the task. The problem associated with the need to accurately determine the optimal size of a colony is of great practical importance, because an increase in the size of a colony has generally decreasing utility. It was found that for many, an increase in the number of ants from 100 to 500 had a relatively greater effect than an increase in the size of the colony from 1000 to 10000. It is proved that by means of simulation it is possible to reproduce the use of the ant algorithm to solve the routing problem in communication networks.

Keywords: ant algorithm, model, optimization, best route, modeling.

Получено: 08.04.24

Образец цитирования

Миронов А. А., Файзуллин Р. В., Кузикова А. В. Оптимизация параметра величины колонии в муравьином алгоритме для решения задачи маршрутизации в сетях связи // Интеллектуальные системы в производстве. 2024. Т. 22, № 2. С. 63–68. DOI: 10.22213/2410-9304-2024-21-63-68.

For Citation

Mironov A.A., Fayzullin R.V., Kuzikova A.V. [Optimization of the Colony Size Parameter in the Ant Algorithm for Solving the Routing Problem in Communication Networks]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*. 2024, vol. 22, no. 2, pp. 63-68. DOI: 10.22213/2410-9304-2024-21-63-68.