

УДК 004.772

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ В МАРШРУТИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

*Гайфиева Рената Рустамовна, студентка 2 курса бакалавриата института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, renata.gaifieva108@gmail.com*

*Научный руководитель – Храмов Дмитрий Эдуардович, ассистент кафедры статистики и кибернетики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, khramovde@rgau-msha.ru*

*Аннотация. В статье представлена краткая информация о сущности беспроводных сенсорных сетей, их архитектуре и способе применения. Так же представлена информация о генетических алгоритмах, этапах их действия. Рассмотрены способы участия генетических алгоритмов в маршрутизации беспроводных сенсорных сетей, изучены способы маршрутизации в целом, представлен работающий генетический алгоритм маршрутизации.*

*Ключевые слова: беспроводная сенсорная сеть, сенсор, маршрутизация, голова кластера, генетический алгоритм.*

## THE USE OF GENETIC ALGORITHMS IN ROUTING WIRELESS SENSOR NETWORKS

*Gaifieva Renata Rustamovna, 2nd year undergraduate student of the Institute of Economics and Management of the Agroindustrial Complex, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, renata.gaifieva108@gmail.com*

*Scientific supervisor – Dmitry Eduardovich Khramov, Assistant at the Department of Statistics and Cybernetics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, khramovde@rgau-msha.ru*

*Annotation. The article provides brief information about the essence of wireless sensor networks, their architecture and method of application. Information about genetic algorithms and the stages of their operation is also provided. The methods of participation of genetic algorithms in the routing of wireless sensor networks are considered, routing methods in general are studied, and a working genetic routing algorithm is presented.*

*Key words: wireless sensor network, sensor, routing, cluster head, genetic algorithm.*

Беспроводная Сенсорная Сеть (БСС) – это самоорганизующаяся сеть, состоящая из огромного количества датчиков и исполнительных устройств, которые связаны между собой с помощью распределительного канала. Область покрытия может достигать нескольких километров, что возможно благодаря способности ретрансляции сообщений между элементами. Все вместе эти датчики образуют самоорганизующуюся территориально-распределённую систему сбора и обработки информации. В основном, они используются для контроля и отслеживания изменения установленных параметров в средах, которые эта же БСС охватывает. Также, благодаря мобильности сенсорных узлов топология сети динамически меняется [1].

Архитектура беспроводной сенсорной сети обладает некоторыми ограничениями: источник питания батареи, низкая скорость передачи данных, низкая скорость вычислений, объём памяти, диапазон связи. Сенсорные узлы питаются от батареи и должны работать без обслуживания достаточно долго, так что заряжать и менять их батареи достаточно неудобно. Из-за подобной ограниченности ресурсов БСС маршрутизация является сложной задачей, ведь эти ресурсы напрямую влияют на функционирование всей сети. В основном, конечно же, стоит уделить внимание поиску эффективных маршрутов, которые удлиняют срок службы, а уже после можно рассматривать иные параметры, к примеру задержка, пропускная способность и т.п.

Генетический алгоритм – это алгоритм, моделирующий эволюцию, использующийся для генерации решения задач оптимизации и поиска. Как следует из названия, этот алгоритм отражает метод естественного отбора, для получения наилучших результатов. Основные используемые методы – это мутация, отбор и кроссинговер, на простом языке – скрещивание.

За всё время существования проблемы БСС, а именно проблема эффективной маршрутизации, было придумано множество алгоритмов, в том числе и генетических. Самый современный из них – LEACH-N (адаптивный энергосберегающий протокол иерархичной кластеризации, АЭПИК) [2], являющийся улучшением алгоритма LEACH (энергосберегающий протокол иерархичной кластеризации, ЭПИК), на основе генетического алгоритма. LEACH работает следующим образом: процесс генерации узлов, где один является головой кластера, выполняется периодически, разделяя каждый раунд на две фазы. Фаза построения кластера, где один из узлов выбирается головой, затем он отправляет сообщение другим, некластерным узлам, сообщая им о своей роли. Некластерные узлы, в свою очередь, отправляют запрос на присоединение к головному узлу, на основе полученного уровня сигнала. Вторая фаза – фаза стабильной передачи данных, где член кластера отправляет данные головному узлу, а тот отправляет их на узел-приемник.

LEACH-N, в свою очередь, использует остаточную энергию узлов, количество соседних узлов и расстояние между узлами и базовой станции для расчёта пригодности. АЭПИК увеличил время жизни БСС на 35%. Основной проблемой было отсутствие учёта расстояния между головным узлом и базовой станцией. Для разработки эффективных иерархических протоколов

маршрутизации обязательным является учесть фазу формирования кластера. Но также есть другие параметры, на которые стоит обратить внимание, к примеру топология сети, методы пересылки данных, расстояние между узлами и т.п.

Устаревший протокол ЭПИК выбирал голову кластера случайным образом, что могло очень сильно повлиять на производительность. Её можно улучшить, если при выборе головного узла будут учитываться такие параметры, как энергия, расстояние между узлами и головами кластера и расстояние между головами кластера для выбора головного узла.

Большинство методов кластеризации на основе генетических алгоритмов предполагают, что данные об узлах хранятся в головном узле, а данные головного узла хранятся на базовой станции. Также появляется узел ретрансляции, который находится между головкой кластера и приемником, помогая повышать эффективность передачи информации [3].

Один из самых энергоэффективных протоколов основан на генетическом алгоритме и маршрутизации с учётом расстояния. Но от способа размещения узлов зависит способ применения генетических алгоритмов. В беспроводной сенсорной сети узлы могут размещаться несколькими способами: детерминированное размещение узлов (сетка), полудетерминированное размещение узлов (смещённое случайное) и недетерминированное или стохастическое (простая диффузия или случайное). Передача на большие расстояния сенсорными узлами обычно достаточно неэффективна, так как для этого потребуется намного больше энергии, чем для линейной передачи. Размещение узлов является основой способности сети правильно определять отслеживаемое событие, а также влияет на количество возможных непересекающихся путей к приемнику.

При детерминированном размещении узлов, узлы ставятся в определённые точки или в определённых местах сетки. В таком случае генетический алгоритм должен найти наиболее эффективное развёртывание связи между узлами.

При полудетерминированном размещении узлов, одни узлы на сетке размещаются детерминированным способом, а другие случайным образом. В таком случае задача генетического алгоритма не только выстроить эффективную связь между узлами, но и найти самый эффективный способ размещения недетерминированных узлов.

При недетерминированном размещении узлов узлы, соответственно, не имеют точно установленной позиции, и задача генетического алгоритма найти их самое эффективное размещение и эффективный способ связи [4].

Для примера работы генетического алгоритма можно взять поле и недетерминированное размещение узлов. В начале создаём хромосому. Хромосома состоит из генов, число которых равно количеству узлов, соответственно в генах указываем информацию о размещении узла, расстояние его покрытия и иную важную информацию.

Далее производится селекция. Можно использовать любой метод отбора, но чаще всего используют метод турнирного отбора, который позволяет

избавить потомство от индивидов с неудачным набором генов. Оставшиеся особи переходят к этапу кроссинговера и мутации.

Следующий этап – этап кроссинговера. Так же, как и методов селекции, методов кроссинговера существует множество, но все они подразумевают под собой смешивание генов двух родительских особей для получения потомков. В такой сложной задаче оптимизации обычно выбирают метод BLX- $\alpha$ , он генерирует гены потомства путём смешивания их не только в ключевых точках, но и в промежуточных местах [5].

После кроссинговера начинается процесс мутации. Он применяется к потомству, с определённой долей вероятности меняя гены в хромосоме. Мутация применяется для увеличения разнообразия и потенциального поиска лучших решений. В современных генетических алгоритмах используется неравномерная мутация, у которой скорость мутации изменяется в соответствии с определённым фактором, к примеру количество итераций или количество поколений. Первоначально она низкая, но после увеличивается. Таким образом, установленный фактор изначально позволяет алгоритму исследовать широкое пространство поиска с низкой скоростью мутации, а затем сосредоточиться на более конкретных областях поиска с более высокой скоростью мутации, обеспечивая доступ к лучшим решениям.

После этих этапов, если полученная популяция или индивид из полученной популяции не соответствует критериям прекращения, текущая популяция возвращается на этап селекции, продолжая работу генетического алгоритма [6].

В основном критерии прекращения состоят из нескольких условий. Первое – это достижение максимального числа поколений. В таком случае результатом будет считаться самый лучший индивид, даже если он не соответствует другим критериям.

Следующий критерий – это порог пригодности. Алгоритм останавливается, когда значения пригодности полученных решений преодолевают установленный максимальный или минимальный порог пригодности.

Ещё критериями остановки может быть достижение целевого значения, которое изначально было вписано в алгоритм, но этот критерий не особо подходит для маршрутизации беспроводных сенсорных сетей. Также критерием является ситуация, когда в следующих поколениях нет существенных изменений. Данный критерий гарантирует остановку, когда изменения из поколения в поколение минимизируются, убирая эффективность самого генетического алгоритма.

Таким образом, можно сделать вывод, что генетические алгоритмы являются одним из самых эффективных способов организации маршрутизации беспроводных сенсорных сетей и в настоящее время находят обширное применение. На их основе построено множество протоколов, которые делают маршрутизацию более эффективной и позволяют затрачивать минимум ресурсов и получать максимум выгоды. Дальнейшее исследование данной области

позволит оптимизировать существующие пути решения проблемы и повысить эффективность алгоритмов.

### **Библиографический список**

1. Кудр, Л. ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ МАРШРУТИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ сайт – URL: [https://www.researchgate.net/publication/338434898\\_GENETICESKIJ\\_ALGORITM\\_MARSRUTIZACII\\_BESPROVODNYH\\_SENSORNYH\\_SETEJ](https://www.researchgate.net/publication/338434898_GENETICESKIJ_ALGORITM_MARSRUTIZACII_BESPROVODNYH_SENSORNYH_SETEJ) (дата обращения 27.10.2024) – Текст: электронный.

2. Wei, W. Leach-H: An improved routing protocol for collaborative sensing networks / W. Wei, W. Qianping, L. Wei сайт – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5371725> (дата обращения 27.10.2024) – Текст: электронный.

3. Bhatia, T. A genetic algorithm based distance-aware routing protocol for wireless sensor networks / T. Bhatia, S. Kansal, S. Goel, A.K. Verma сайт – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045790616302932#bib0014> (дата обращения 27.10.2024) – Текст: электронный.

4. Birtane, S. Vibrational Genetic Algorithm-Based Deployment of Wireless Sensor Networks With Heterogeneous Nodes in Irregularly Shaped Areas / S. Birtane, O.K, Sahingoz, H. Korkmaz сайт – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10510455> (дата обращения 28.10.2024) – Текст: электронный.

5. Herrera F. Multiple Crossover per Couple with Selection of the Two Best Offspring: An Experimental Study with the BLX-alpha Crossover Operator for Real-Coded Genetic Algorithms сайт – URL: [https://www.researchgate.net/figure/nterval-of-random-generation-for-a-gene-with-BLX-a\\_fig1\\_220942866](https://www.researchgate.net/figure/nterval-of-random-generation-for-a-gene-with-BLX-a_fig1_220942866) (дата обращения 28.10.2024) – Текст: электронный.

6. Chen, T. Genetic Algorithm in Optimization of Wireless Sensor Networks / T. Chen, Q. Cheng, J. Yang // The Scientific Word Journal сайт – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2014/286575> (дата обращения 28.10.2024) – Текст: электронный.

7. Храмов, Д. Э. Онтология алгоритмов оценки продолжительности жизненного цикла программного обеспечения / Д. Э. Храмов // Проблемы управления в социально-экономических и технических системах : Материалы XX Международной научно-практической конференции. Сборник научных статей, Саратов, 17–18 апреля 2024 года. – Саратов: Издательский центр "Наука", 2024. – С. 137-140. – EDN RQHOFT.

8. Романова, М. А. Алгоритмы обработки текста / М. А. Романова, Д. Э. Храмов // Материалы международной научно-практической конференции "Тренды развития сельского хозяйства и агрообразования в парадигме Зеленой экономики" : сборник статей, Москва, 14–15 июня 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет- Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2023. – С. 252-257. – EDN HZDKZR.