

**БАХРИЕВА**

**Хуршида Аскарходжаевна,**  
доцент, PhD кафедры «Цифровых технологий» Alfraganus university,  
Ташкент, Узбекистан.

Почта: [adish\\_adisha@mail.ru](mailto:adish_adisha@mail.ru)  
ORCID: - 0000-0003-2709-1232,

**АМАНОВ**

**Абдулносир Абдулмажид угли2**  
магистрант кафедры «Цифровых технологий» Alfraganus university,  
Ташкент, Узбекистан.

**ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИМАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ОБЪЕКТОВ СЕТЕЙ  
«ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ»**

**Аннотация**

Статья обозначает особенности работы с сенсорными сетями Интернета вещей в качестве мониторинговой инфраструктуры для непрерывных объектов. В нем описаны базовые подходы для улучшения точности и энергоэффективности систем такого типа. Предложена методика оптимизации алгоритмов определения границ непрерывных объектов в сети Интернета вещей. Этот подход основан на классификации областей вокруг граничных узлов и подобластей с низкой вероятностью событий. Результаты показывают, что оптимизация голодного алгоритма может быть использована для активации определенного числа соседних узлов в соответствующих подобластях сети Интернета вещей. Таким образом, этот подход позволяет уточнить границы объектов с использованием данных с активированных датчиков узлов сети Интернета вещей. Кроме того, в тексте строится математическая модель, которая дает лучшую точность обнаружения объектов при меньшей нагрузке на аппаратную платформу. Если вам нужно исправить плагиат в этом тексте, рекомендуется перефразировать и переработать предложения, добавить свой уникальный контент и ссылки на источники информации.

**Ключевые слова:** Интернет вещей, сенсорные сети, обнаружение границ, жадные алгоритмы, непрерывный объект диагностирования, ресурсоемкость.

**IOT TARMOG'I OBYEKT LARI OPTIMAL ALGORITMLARI**

**Аннотация**

Мақолада узлуксиз объектлар учун мониторинг инфратузилмаси сифатида IoT сенсор тармоқлари билан ишлаш хусусиятлари кўрсатилган. У ушбу турдаги аниқлиги ва энергия самарадорлигини оширишнинг асосий ёндошувларини тавсифлайди. IoT тармоғида узлуксиз объектлар чегараларини аниқлаш алгоритмларини оптималлаштириш усули таклиф этилади. Ушбу ёндашув чегара тугунлари атрофидаги ҳудудларни ва ҳодисалар эҳтимоли паст бўлган кичик минтақаларни таснифлашга асосланган. Оптимал алгоритми IoT тармоғининг тегишли кичик

соҳаларида маълум миқдордаги қўшни тугунларни фаоллаштириш учун ишлатилиши мумкин. Ушбу ёндашувга кўра, IOT тармоқ тугунларининг фаоллаштирилган сенсорларидан олинган маълумотларидан фойдаланган ҳолда объектлар чегараларини аниқлаштиришга имкон беради. Мақолада аппарат платформасида камроқ юкланган ҳолда объектни яхшироқ аниқлашни таъминлайдиган математик модел яратилган.

**Калит сўзлар:** IOT, сенсор тармоқлар, чегараларни аниқлаш, оптимал алгоритмлар, узлуксиз диагностика объекти, ресурс интенсификация.

## **POSSIBILITIES OF OPTIMAL ALGORITHMS FOR INTERNET OF THINGS NETWORK OBJECTS**

### **Annotation**

The article outlines the features of working with Internet of Things sensor networks as a monitoring infrastructure for continuous objects. It describes basic approaches to improve the accuracy and energy efficiency of these types of systems. A method for optimizing algorithms for determining the boundaries of continuous objects in the Internet of Things network is proposed. This approach is based on classifying regions around boundary nodes and subregions with low probability of events. The results show that optimization of the hungry algorithm can be used to activate a certain number of neighboring nodes in relevant sub-areas of the IoT network. Thus, this approach makes it possible to clarify the boundaries of objects using data from activated sensors of Internet of Things network nodes. In addition, the text builds a mathematical model that gives better object detection accuracy with less load on the hardware platform. If you need to correct plagiarism in this text, it is recommended to rephrase and rework the sentences, add your unique content and links to sources of information.

**Keywords:** *Internet of Things, sensor networks, edge detection, greedy algorithms, continuous diagnostic object, resource intensity.*

### **Введение**

Активное внедрение и развитие сетей Интернета вещей, основанных на сенсорах, наблюдается на протяжении последних двух десятилетий. Это связано с широким распространением смарт-устройств и появлением методов и технических средств раннего оповещения, анализа данных, агрегирования информации и дистанционного мониторинга сетей [1, 2]. В общем случае сенсорные сети Интернета вещей рассматриваются как инфраструктура, обеспечивающая

взаимодействие функциональных элементов Интернета вещей, таких как датчики и исполнительные устройства. Они также автоматически формируют адаптивные подсети на основе ключевых функций [3-7]. Указанный подход, который предполагает использование сенсорных сетей Интернета вещей для мониторинга параметров комплексных систем, является наиболее эффективным и актуальным для решения различных практических задач, таких как автоматизация научных исследований, контроль технологических

процессов, мониторинг систем "умный дом" и других. Такой подход также вносит вклад в развитие информационных технологий (IT) и концепции Интернета вещей (IoT), решая фундаментальные вопросы в этой области.

### **Материалы и методы**

Анализ последних публикаций в данной области позволяет выявить приоритет исследований, которые основаны на изучении наиболее значимых задач. Одной из таких задач является обнаружение границ утечки газа. Это важная тема, которая требует активного финансирования и способствует повышению безопасности и эффективности в газовой промышленности.

Кроме того, также осуществляется мониторинг природоохранных объектов. Это включает в себя наблюдение за состоянием экосистем, водных ресурсов, растительности и других природных компонентов. Такие исследования имеют важное значение для сохранения биологического разнообразия и устойчивого развития.

Еще одной актуальной задачей является организация городского трафика. С увеличением числа автомобилей в городах становится все сложнее обеспечить плавность движения и снизить загруженность дорожных сетей. Исследования в этой области направлены на разработку инновационных решений, таких как интеллектуальные системы управления транспортом, чтобы

создать более эффективные и удобные условия для горожан.

Проведенные исследования свидетельствуют о высокой эффективности алгоритмов планаризации в определении границы на основе расположения граничных узлов. Алгоритмы планаризации являются инструментами, которые помогают преобразовывать неориентированные графы в плоское представление без пересечения ребер [8-10]. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о значительной эффективности алгоритмов планаризации, которые позволяют точно определить границу на основе расположения граничных узлов [11]. Необходимо учитывать, что при использовании алгоритмов планаризации в сложных инфраструктурах IoT точность данных может существенно снижаться. Поэтому, прогнозируя дальнейшее развитие данной концепции, не рекомендуется полагаться только на такой подход при построении общей методологии работы с сенсорными сетями. С другой стороны, исследования показывают, что системы, основанные на жадных алгоритмах, способны с высокой точностью определять границы объектов в сенсорных сетях любой сложности путем анализа данных датчиков на расстоянии одного сетевого сегмента от аномального узла [12]. Из формулировки вытекает, что жадные алгоритмы могут обнаруживать все аномальные узлы системы, но могут также приводить к

избыточному [13] обнаружению и потребляют излишние ресурсы при циклическом выполнении команд программного кода. Вместо этого, в качестве альтернативы, можно рассмотреть гибридные методы, объединяющие работу с устойчивыми и подвижными узлами. Однако, такие методы могут быть сложны в внедрении и требовательны к ресурсам в процессе сопровождения, поэтому в некоторых случаях их применение может быть неоправданным. Более эффективным решением является методика обнаружения границы непрерывного объекта на основе оптимизированного жадного алгоритма (Optimized Greedy Algorithm, OGA). В рамках этого подхода анализ датчиков на расстоянии одного сетевого сегмента от аномального узла проводится только для неполных соседних узлов [13]. Проведя анализ, было обнаружено отсутствие единой классификации для узлов сенсорных сетей и их подобластей. Это является нерешенной частью общей задачи. В связи с этим, целью данного исследования стало разработать универсальную методологию оптимизации для группы жадных алгоритмов. Методология основана на выборочной активации соседних узлов сенсорной сети с одним скачком в соответствующих подобластях.

Ожидается, что такой подход позволит более точно определить границы непрерывных объектов инфраструктуры "Интернета вещей" на основе данных, полученных от

активированных датчиками узлов, и обеспечить адекватную нагрузку на соответствующую аппаратную платформу.

**Принципы построения сенсорной сети IoT.** Когда строится математическая модель классификатора сети IoT, важным является определение непрерывных объектов, то есть объектов, процессы которых протекают непрерывно, и выходные переменные, описывающие эти объекты, также являются непрерывными.

Жадный алгоритм, в свою очередь, это алгоритм, который принимает локально оптимальные решения на каждом этапе цикла в соответствии с предположением, что конечный результат будет также оптимальным. Если структура задачи, решаемой с помощью жадного алгоритма, задается матроидом (подмножеством множества независимых элементов), то с помощью жадного алгоритма можно получить глобально оптимальное решение как экстремум целевой функции.

Любая сеть IoT может быть описана на основе трех функциональных элементов (рис. 1):

- базовая станция (base station, BS) - это узел беспроводного доступа сенсорной сети IoT, который обеспечивает прием и передачу данных;
- ретрансляционный узел (relay node, RN);
- конечный узел (terminal node, TN).

### Полученные результаты

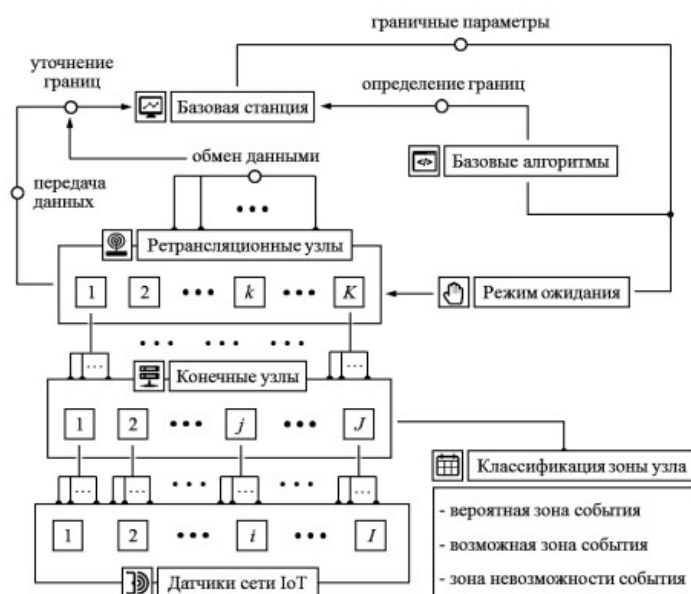
В структуре такой сети ретрансляционные узлы играют роль сборщиков данных от соответствующих конечных узлов и передают их на базовую станцию. Кроме того, ретрансляционные узлы также обмениваются данными между собой для выявления аномалий в узлах и контроля границ. Особенности функционирования сенсорной сети IoT, представленной такой моделью, могут быть описаны следующими пунктами:

1. В режиме ожидания системы в сенсорной сети IoT ретрансляционные узлы (RN) периодически активируются для обнаружения событий, подлежащих мониторингу. Граничные параметры обнаружения событий определяются набором граничных узлов на уровне базовой станции (BS) с использованием адаптации специализированных методик, таких как алгоритмов выпуклой оболочки.

2. Классификация области вокруг каждого граничного узла как подобластей нисходящей вероятности обнаружения события через позиционные отношения с соседними узлами позволяет уменьшить общий показатель ресурсоемкости системы в сенсорной сети IoT.

3. Переход от частично нечеткой границы к четкой границе непрерывных объектов происходит за счет циклического обновления начального определения границ. Это обновление осуществляется путем

учета новых данных датчиков соседних узлов, которые находятся на расстоянии одного сетевого сегмента от базовой станции (BS).



**Рис. 1. Базовая модель организации классификатора сенсорной сети IoT**

Представленная схема является универсальным способом моделирования процесса функционирования сенсорной сети IoT и может использоваться для оптимизации процедуры классификации данных с точки зрения точности и нагрузки на аппаратную платформу системы.

Математическая модель классификатора сенсорной сети IoT на базе жадного алгоритма может быть определена через запись в реляционной системе управления базами данных (СУБД), включающей полные наборы данных об узлах сети (BS, RN и TN) и их связях. Каждый узел сети определяется через

запись в реляционной СУБД, которая включает следующие компоненты:

- Уникальный идентификатор узла (id)
- Радиус зоны покрытия узла (cr)
- Уровень зарядки узла (engy)
- Географическое положение узла, полученное через систему GPS (loc) в виде значений долготы и широты
- Статус узла (stat), принимающий значения "активный" или "неактивный"
- Тип узла (typ), принимающий значения "BS", "RN" или "TN"
- Показатель принадлежности терминального узла ретрансляционному узлу с соответствующим id (hid)
- Набор данных терминального узла, полученных от датчика (val)
- Пороговое значение, определяющее аномальный узел (trd)

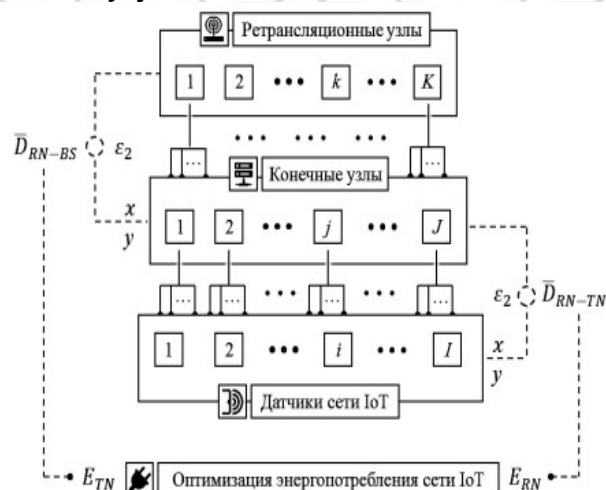
Согласно предложенной модели, все узлы сенсорной сети могут быть классифицированы как нормальные (NN), граничные (BN) и аномальные (AN). Аномальные узлы определяют структуру непрерывного объекта, который отслеживается сетью. Данные о нормальных узлах сохраняются в системе только в случае, если они граничат хотя бы с одним аномальным или граничным узлом.

### Обсуждение

В процессе работы системы набор узлов сети сенсорной сети циклически обновляется путем

получения новых данных от датчиков. Полный набор аргументов целевых функций модели сенсорной сети включает в себя следующие элементы (рис. 2):

- размер записи  $N_m$  (бит);
- $k$  - количество RN;
- количество  $TN j(k)$ , которые обрабатываются  $k$ -ым RN;
- $E_{RN}$  - полное количество электроэнергии, потребляемое RN;
- $E_{TN}$  - полное количество электроэнергии, потребляемое TN;
- количество электроэнергии, потребляемое системой, в расчете на бит передаваемой информации  $E_T$  (Вт/бит);
- количество электроэнергии, потребляемое RN, в расчете на бит собранной информации  $E_{RN-A}$  (Вт/бит);
- среднее расстояние  $\bar{D}_{RN-BS}$  от RN до BS;
- среднее расстояние  $\bar{D}_{RN-TN}$  от RN до TN, который обрабатывается данным RN;
- показатели широты  $x$  и долготы  $y$  узла.



## Рис. 2. Схема расчета и оптимизации энергопотребления сенсорной сети IoT

Апробация предложенной математической модели сенсорной сети IoT можно провести на основе метода определения рассеяния энергии сигнала [14]. Метод определения рассеяния энергии сигнала позволяет оценить степень распределения энергии сигнала в пространстве и время. Он может быть использован для измерения характеристик сигналов, таких как амплитуда, фаза, частота, длительность и другие.

Расчет энергопотребления ретрансляционного узла (RN) в сенсорной сети IoT может быть проведен следующим образом (рис. 2):

$$E_{RN} = \sum_k \sum_j (N_m \cdot ((E_{RN} + E_{RN-A}) \cdot (j(k)+1) + \varepsilon_1 \cdot (\bar{D}_{RN-BS})^4)), \quad (1)$$

а расчет энергопотребления при передаче данных от TN к RN, который его обрабатывает:

$$E_{TN} = \sum_k \sum_j (N_m \cdot (E_{RN} + \varepsilon_2 \cdot (\bar{D}_{RN-TN})^2)), \quad (2)$$

где  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  – коэффициенты передачи и усиления узла, а  $\bar{D}_{RN-BS}$  и  $\bar{D}_{RN-TN}$  определяются через значения  $x$  и  $y$  каждого узла.

### Выводы

Результаты анализа сенсорных сетей IoT показали, что оптимизация жадных алгоритмов определения границ непрерывных объектов и

активация ограниченного числа соседних узлов сети может значительно улучшить точность и энергоэффективность системы.

Методика оптимизации жадных алгоритмов определения границ непрерывных объектов основана на выборочной активации ограниченного числа соседних узлов сети в рамках соответствующих подобластей. Это позволяет уточнять границы объектов в соответствии с данными, полученными от активированных узлов сети, что способствует повышению точности обнаружения объектов.

Построенная математическая модель позволяет достичь высокой точности обнаружения объектов при меньшей нагрузке на аппаратную платформу системы. Она определяет оптимальное распределение активации узлов сети и оптимизирует энергопотребление системы, учитывая уровни зарядки узлов, расстояния и другие параметры.

Схема расчета и оптимизации энергопотребления включает в себя учет всех компонентов энергопотребления, таких как передача данных, обработка данных и состояние ожидания, и их оптимизацию в соответствии с активностью узлов и актуальностью объектов.

В целом, данный подход к оптимизации жадных алгоритмов и энергопотребления позволяет достичь высокой точности обнаружения объектов в сети IoT при меньшей нагрузке на аппаратную платформу

системы, что является важным шагом в развитии и улучшении работы сенсорных сетей IoT.

### Список литературы

1. Kavitha B.C., Vallikannu R. IoT based intelligent industry monitoring system. In: 2019 6th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN), 2019. Pp. 63–65.
2. Diao J., Zhao D., Tang J., Cheng Z., Zhou Z., 2019. Continuous Objects Detection Based on Optimized Greedy Algorithm in IoT Sensing Networks. Security, Privacy, and Anonymity in Computation, Communication, and Storage Lecture Notes in Computer Science, 265–278. doi: 10.1007/978-3-030-24900-7\_22.
3. Xiong S., Ni Q., Wang X., Su Y. A connectivity enhancement scheme based on link transformation in IoT sensing networks. IEEE Internet Things J., 2017. 4(6), 2297–2308.
4. Yates D.J., Xu J., 2010. Sensor Field Resource Management for Sensor Network Data Mining. Intelligent Techniques for Warehousing and Mining Sensor Network Data, 280–304. doi: 10.4018/978-1-60566-328-9.CH013.
5. Wu Y., Rowe A., 2011. Logic-Based Programming for Wireless Sensor-Activator Networks, 2011 IEEE/ACM Second International Conference on Cyber-Physical Systems. doi: 10.1109/ICCPS.2011.31.
6. Ahmadi H., Bouallegue R., 2015. Comparative study of learning-based localization algorithms for Wireless Sensor Networks: Support Vector regression, Neural Network and Naïve Bayes. 2015 International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC). doi: 10.1109/IWCMC.2015.7289314.
7. Qihua W., Ge G., Lijie C., Xufeng X., 2015. Scheduling strategy for Hidden Markov Model in wireless sensor network. 2015 34th Chinese Control Conference (CCC). doi: 10.1109/CHICCC.2015.7260879.
8. Ni J., Li Z., Xie S., Jia C., 2018. Toxic Gas Leak Monitoring Alarm System Based on Wireless Sensor Network. 2018 37th Chinese Control Conference (CCC). doi: 10.23919/CHICC.2018.8483568.
9. Chao C., Jiao S., Zhang S., Liu W., Feng L., Wang Y. TriImputor: realtime imputing taxi trip purpose leveraging multi-sourced urban data. IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., 2018. 99, 1–13.
10. Nguyen D., Phung P.H., 2017. A Reliable and Efficient Wireless Sensor Network System for Water Quality Monitoring. 2017 International Conference on Intelligent Environments (IE). doi: 10.1109/IE.2017.34. 28
11. Shu L., Chen Y., Sun Z., Tong F., Mukherjee M. Detecting the dangerous area of toxic gases with wireless sensor networks. IEEE Trans. Emerg. Top. Comput., 2017.



12. Lei F., Yao L., Zhao D., Duan Y. Energy-efficient abnormal nodes detection and handlings in wireless sensor networks. *IEEE Access* 5, 2017. 3393–3409.
13. Diao J., Zhao D., Tang J., Cheng Z., Zhou Z., 2019. Continuous Objects Detection Based on Optimized Greedy Algorithm in IoT Sensing Networks. *Security, Privacy, and Anonymity in Computation, Communication, and Storage Lecture Notes in Computer Science*, 265–278. doi: 10.1007/978-3-030-24900-7\_22.
14. Heinzelman W.B., Chandrakasan A.P., Balakrishnan H. An application specific protocol architecture for wireless microsensor networks. *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, 2002. 1 (4), 660–670.
15. <https://cyberleninka.ru/article/n/algorithmy-klassifikatsii-obektov-setey-interneta-veschey-na-osnove-zhadnyh-algoritmov/viewer>