

## «Умный город» – современный подход для решения стандартных задач

Д. С. Мазяр, М. С. Носко, Я. А. Якубовский, В. А. Чуйко

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: [Vchuyko@bsu.by](mailto:Vchuyko@bsu.by)*

Умный город - концепция интеграции нескольких информационных и коммуникационных технологий и Интернета вещей для управления городским имуществом. В данной статье предлагается способ решения проблем, связанных с безопасностью движения наземного транспортом, оптимизацией маршрута служб спасения, а также обнаружением пожароопасных ситуаций в городской застройке.

**Ключевые слова:** интеллектуальная система; обнаружение источников открытого огня, оптимизация маршрута; служба скорой помощи; управление светофорами.

## "Smart City" – a modern approach to solving standard tasks

D. S. Maziar, M. S. Noska, Y. A. Yakubovski, V. A. Chuyko

*Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: [Vchuyko@bsu.by](mailto:Vchuyko@bsu.by)*

Smart city is a concept of integration of several information and communication technologies and the Internet of Things for urban asset management. This paper proposes a way of solving problems related to the safety of ground transportation, optimizing the route of emergency services, as well as detecting fire hazardous situations in urban areas.

**Keywords:** intelligent system; detection of open fire sources; route optimization; ambulance service; traffic lights control.

### Введение

В данной работе представлены три прототипа интеллектуальных систем для решения таких проблем современного города, как своевременное обнаружение и предотвращение пожароопасных ситуаций, оптимизация маршрутов машин скорой медицинской помощи и управление работой светофоров.

### 1. Интеллектуальная система обнаружения источников открытого огня

Во все времена актуальной остается тема задымлений, возгораний и пожаров в жилых и промышленных помещениях. Такая опасность может возникнуть как по ошибке человека, так и из-за неисправности оборудования или же как следствие природных катаклизмов

Далее описана предлагаемая структура и вариант реализации интеллектуальной системы детектирования источников открытого огня в помещениях и городской застройке. В состав системы входят видеокамеры, организованные в сеть, размещаемые на некоторой заданной территории таким образом, чтобы обеспечить её максимальный обзор. В блок обработки данных видеокамер встроен оригинальный алгоритм на основе нейронной сети для распознавания источников открытого огня.

При создании программной реализации нейронной сети в качестве базовой модели была выбрана модель сверточной нейронной сети от Google под названием Inception V3, которая имеет 50 основных слоев при общем количестве слоев 159. Выбор данной нейросетевой архитектуры обусловлен необходимостью обеспечивать высокое быстродействие алгоритма при наименьших системных требованиях к организации его работы, что позволит в дальнейшем при внедрении удешевить систему без ущерба качеству ее работы [1]. В результате исследований работы выбранной модели было выявлено, что лучшего обучения необходимо добавить несколько дополнительных слоев: слой субдискретизации GlobalAveragePooling2D, 2 плотных слоя, 2 Dropout-слоя. Это сделано также для предупреждения переобучения сети. Кроме того, добавлен плотный слой с активацией Softmax, для повышения качества распознавания [2]. После обучения полученной нейронной сети было проведено тестирование в различных условиях: при естественном и искусственном освещении в закрытом пространстве, а также при отсутствии освещения. В результате тестирования установлено, что на видеозаписях, получаемых камерами, нейронная сеть безошибочно определяла возгорания. Проведено также тестирование в условиях открытого пространства. Пример работы сети в условиях открытой местности представлен на рис. 1. Из представленного примера видно, что в условиях открытой местности предложенный алгоритм позволяет распознать открытый огонь и идентифицировать его как не несущий угрозы возгорания в данных условиях (на переднем плане видно пламя газовой зажигалки, распознанное алгоритмом).



Рис. 1. Работа алгоритма в условиях открытой местности (1 – пламя, 2 – точность распознавания пламени алгоритмом)

Пробное испытание предлагаемой интеллектуальной системы на основе нейронной сети показало, что система демонстрирует оперативное реагирование на источники открытого огня, что может способствовать повышению безопасности в городской застройке.

## 2. Интеллектуальная система оптимизации маршрута машин скорой медицинской помощи

Оптимизация маршрута машин скорой медицинской помощи является критически важным фактором для организации оперативной и эффективной работы службы спасения. Быстрое и точное определение наиболее подходящего маршрута позволяет оказать медицинскую помощь пострадавшим в критические моменты. Своевременное перенаправление свободного транспорта скорой медицинской помощи по оптимальному маршруту может спасти жизнь пациента и улучшить прогнозы по исходу лечения. При разработке прототипа данной системы использовался мультиагентный подход.

Мультиагентная система (МАС) – расширение агентной технологии, когда группа слабо связанных автономных агентов действует в среде для достижения общей цели. Это происходит либо путем сотрудничества, либо путем конкуренции, обмена или не обмена знаниями друг с другом. Агент – аппаратная, программная или аппаратно-программная сущность, которая расположена в некоторой среде и способна автономно действовать и обучаться в интересах достижения конкретных целей, в рамках поставленной задачи, а также взаимодействовать с другими агентами, проявляя независимое поведение.

При разработке МАС оптимизации времени прибытия автомобилей экстренной медицинской помощи определены следующие агенты: агент-диспетчер вызовов, агент-менеджер транспорта скорой медицинской помощи, агенты транспортного средства скорой медицинской помощи и агент визуализации карты, которые в совокупности представляют единое транспортное средство скорой медицинской помощи, а также агент поиска оптимального маршрута [3]. На рис. 2 представлена схема взаимодействия агентов с описанием каждого из них. В данном случае использована холоническая структура МАС, в которой агент может состоять из множества субагентов, связанных между собой обязательствами [4].

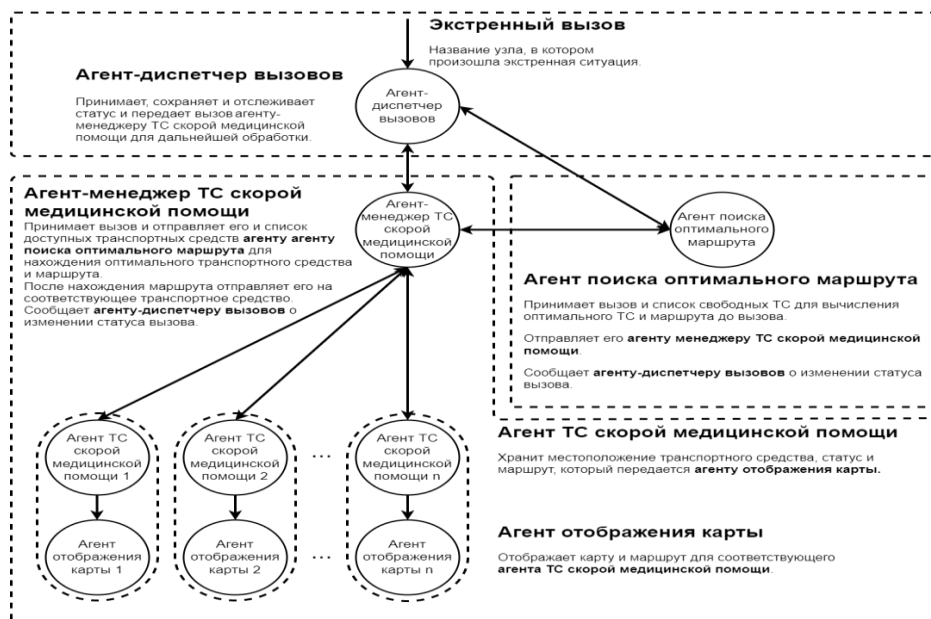


Рис. 2. Схема взаимодействия агентов

Тестирование смоделированной на платформе JADE системы включало обработку одновременно 100 вызовов. В результате определено среднее время отклика системы, которое составляет 0.08143 секунды. Время прибытия машины к месту вызова составляет от 2 до 9 минут. Что соответствует требованиям протоколов Министерства здравоохранения [5].

### 3. Интеллектуальная система управления светофорами

В системе «Умного города» интеллектуальная система управления светофорами предназначена для регулирования дорожного движения. С помощью адаптивного управления сигналами светофора можно запрограммировать динамические правила для изменения сигналов в зависимости от условий, предупреждать и обнаруживать аварийные ситуации на оживленных перекрестках. Интеллектуальные светофоры могут регулировать длительность сигнала в зависимости от количества транспортных средств на разных перекрестках и переменных факторов, например, времени суток. Такая настройка может обеспечить плавные потоки трафика и уменьшить количество ситуаций, когда нарушение правил дорожного движения кажется водителю привлекательным. Такая система управления обладает гибкостью, что позволяет быстро реагировать на проблемы, применяя заранее созданные решения.

Данный модуль системы «Умный город» может иметь следующие функции:

- Адаптивное управление светофорами (ATSC) для городского движения
  - Контроль пробок
  - Уменьшение времени простоя
  - Поиск оптимального маршрута
  - Прогнозирование движения
- Приоритезация для транспорта экстренных служб
  - Настройка сигналов для движения без помех
  - Освобождение полосы движения и зоны происшествия
- Мониторинг работы светофоров
  - Сообщение о выбросах в работе светофоров
  - Сообщение о выбросах в дорожном движении

В качестве платформы для реализации алгоритма работы системы управления светофорами выбрана Apache Spark. Это платформа с открытым кодом подходит для реализации распределенных вычислений. Из основных плюсов выделяются пакетная передача данных, высокая скорость работы, поддержка языка Python, на котором решено реализовывать работу алгоритмов [6].

В системе реализуется мультиагентный подход, описанный выше. Каждый светофор является агентом с заранее установленными методами обработки данных, что облегчат нагрузку на основной вычислительный центр. Агент также собирает информацию и передает ее для дальнейшей обработки. Вызов агентов осуществляет сама система в рамках мониторинга транспортной сети и решения задач управления. Такой подход позволяет также масштабировать дорожную сеть путем добавления заранее прописанных агентов. На рис. 3 представлена предлагаемая схема структурной организации системы управления светофорами.

Система управления светофорами может работать в связке с остальными модулями «Умного города», представленными в данной работе.

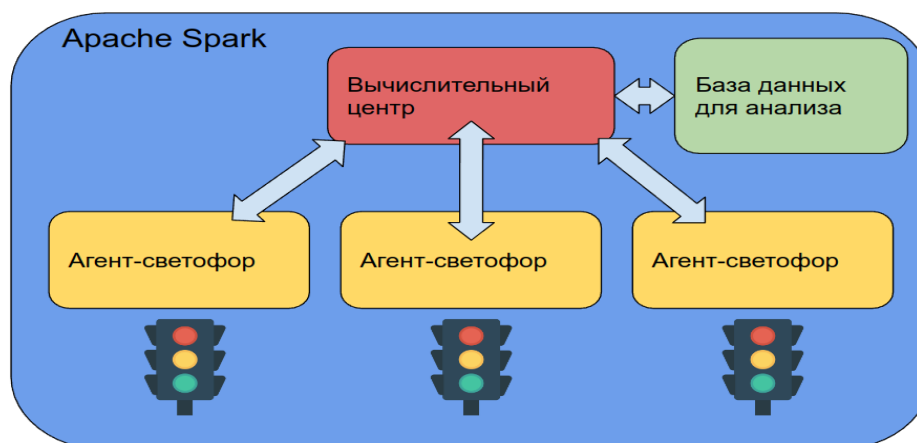


Рис. 3. Схема устройства системы управления светофорами

## Заключение

Рассмотренные интеллектуальные системы обладают высоким потенциалом для снижения числа чрезвычайных ситуаций в городе. Для дальнейшей работы над представленными системами в качестве приоритетных определены задачи расширения датасета для улучшения качества обучения нейросети для поиска пожароопасных ситуаций, а также возможность использования оборудования более низкого качества для получения и обработки данных без снижения качества, что позволит снизить затраты на внедрение таких систем. Важными задачами также являются оптимизация времени прибытия машин скорой помощи и сокращение времени отклика системы на вызов для повышения эффективности предоставляемой медицинской помощи в чрезвычайных ситуациях. В связи с недоступностью информации о реально применяемых сегодня алгоритмах управления светофорами, необходимо провести более глубокие исследования и тестирование, с помощью чего будут определены главные критерии, отвечающие за эффективность работы алгоритмов. Это позволит повысить качество работы предлагаемой системы управления работой светофоров в городе.

## Библиографические ссылки

1. *Круглов В. В., Борисов В. В.* Нейронные сети: теория и практика. 2-е изд. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2002. 382 с.
2. *Архангельская Е.* Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей / Е. Архангельская, А. Кадулин, С. Николенко. – СПб.: Питер, 2018. 480 с.
3. *Bellifemine F.* Developing Multi-Agent Systems with JADE / F. Bellifemine, G. Caire, D. Greenwood. 2007. 303 p.
4. *Goldman, C. V.* Learning in multi-agent systems. In Proceedings of the Thirteenth National Conference on Artificial Intelligence and the Eighth Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference. 1996. Vol. 2. P. 136.
5. Постановлением Минздрава №13 от 22 февраля 2021. [Электронный ресурс] URL: <https://pravo.by> (дата обращения:25.08.2023).
6. Apache Spark [Electronic resource]. URL: <https://spark.apache.org> (date of access:27.09.2023).