

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>  
Russian journal of transport engineering

2018, №1, Том 5 / 2018, No 1, Vol 5 <https://t-s.today/issue-1-2018.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/04SATS118.pdf>

DOI: 10.15862/04SATS118 (<http://dx.doi.org/10.15862/04SATS118>)

Статья поступила в редакцию 30.01.2018; опубликована 23.03.2018

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Крылов М.А., Курганов К.И., Чашин Е.А. Аппаратно-программный комплекс мониторинга, моделирования и прогнозирования состояния и износа дорожного покрытия // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №1, <https://t-s.today/PDF/04SATS118.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/04SATS118

**For citation:**

Krylov M.A., Kurganov K.I., Chaschin E.A. (2018). Monitoring and modeling hardware-software complex for forecasting the condition and deterioration of the road surface. *Russian journal of transport engineering*, [online] 1(5). Available at: <https://t-s.today/PDF/04SATS118.pdf> (in Russian) DOI: 10.15862/04SATS118

*При частичной поддержке грантом РФФИ 17-46-330198 p\_a*

**Крылов Максим Алексеевич**

ООО «Интеллект систем», Ковров, Россия  
Генеральный директор  
E-mail: [krylov.maks2010@yandex.ru](mailto:krylov.maks2010@yandex.ru)

**Курганов Константин Игоревич**

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», Иваново, Россия  
Магистрант  
E-mail: [kurganovk@gmail.com](mailto:kurganovk@gmail.com)

**Чашин Евгений Анатольевич**

ФГБОУ ВО «Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева», Ковров, Россия  
Заведующий кафедрой «Электротехники»  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: [kanircha@list.ru](mailto:kanircha@list.ru)  
РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=42261](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=42261)

## **Аппаратно-программный комплекс мониторинга, моделирования и прогнозирования состояния и износа дорожного покрытия**

**Аннотация.** В статье показана возможность разработки и реализации технических решений по созданию аппаратно-программного комплекса, включающего в себя комплекс технического зрения, программное средство для обработки и анализа результатов мониторинга и моделирования динамики износа дорожного полотна и модуля, использующего искусственный интеллект для формирования стандартных управленческих решений. Аппаратно-программный комплекс реализован на базе методики экспертной оценки состояния дорожных покрытий и предполагает использование существующих геоинформационных систем для визуализации информации о наличии и развитии на дорожных покрытиях дефектов, образующихся в процессе эксплуатации. Аппаратно-программный комплекс позволяет в динамике спрогнозировать изменение дорожного покрытия и предоставить эти данные уполномоченным органам, для принятия ими стандартных управленческих решений по выделению средств на ремонт нужного участка дороги и контроля качества ремонта уже

отремонтированных участков. Что в совокупности позволяет оптимизировать расходование выделяемых средств, выявлять и предотвращать факты их нецелевого и неэффективного использования.

Комплекс технического зрения реализован на базе мобильной транспортной платформы типа дрон, автомобиль и т. д., грузоподъемностью свыше 15 кг, перемещающейся по заданному маршруту, с привязкой выявленных дефектов средствами геолокации. Он включает в себя систему ввода информации (фото-видео фиксацию для обнаружения дефектов, комплекс ультразвукового измерения для контроля развития дефектов), и вычислительную систему (устройство первоначальной обработки, хранения и передачи данных по средствам мобильного соединения, с интернетом используя технологии типа EDGE, 3G, 4G).

Программное средство является высоконагруженной системой, имеющей архитектуру веб-приложения, содержащее модуль искусственного интеллекта, использующий для выработки стандартных управленческих решений информацию о подрядчиках, изменения транспортно-трафика и т. д.

**Ключевые слова:** автомобильные дороги; стандартное управленческое решение; алгоритм; техническое зрение; искусственный интеллект; дефекты дорожного покрытия

### Введение

Ежегодно в России численность автопарка возрастает на 10-12 %, что составляет более 4 млн. автомобилей<sup>1</sup>. В то же время, развитие дорожной инфраструктуры в большинстве городов и регионов России остается на уровне 70-х годов прошлого века<sup>2</sup>. Многократный рост нагрузки на дорожное полотно приводит к его интенсивному износу и росту потерь, что в свою очередь вызывает увеличение аварийности, и затрат на ремонт транспортных средств. Уменьшение нагрузки существующей сети автодорог возможно путем строительства новой дорожной инфраструктуры [1, 2]. Однако это мероприятие является высокочрезвычайно затратным и с учетом плотной городской застройки трудно реализуемо. Таким образом, возникает противоречие между требованием к уменьшению загрузки автодорог и увеличением грузопотока. Это делает актуальным применение аппаратно-программного комплекса мониторинга, моделирования и прогнозирования состояния и износа дорожного покрытия, для решения проблемы сохранения требуемого качества дорожного покрытия, в условиях ежегодного увеличения транспортного потока, при уменьшении затрат на ремонт путем принятия стандартных управленческих решений. Одним из примеров таких решений указанной проблемы является принятие оперативных и превентивных мер, препятствующих интенсивному износу и возникновению аварийных участков.

В настоящее время в сфере ремонта дорожного покрытия использование информационных систем анализа и прогнозирования применяется не распространено [3, 4]. Самыми актуальными из примеров таких систем являются: «Карта убитых дорог» (проект Общероссийского народного фронта), содержит 6000 улиц и проспектов около 21 600 км дорожного полотна<sup>3</sup>, проект Google Россия и Auto.ru. «Дороги России» – около 30 тыс. км. В то

---

<sup>1</sup> ГИБДД подсчитала нарушителей // газета.ru. URL: [https://www.gazeta.ru/auto/2015/02/16\\_a\\_6414401.shtml](https://www.gazeta.ru/auto/2015/02/16_a_6414401.shtml) (дата обращения: 7.09.2017).

<sup>2</sup> Неудовлетворительная работа городских дорожных служб способствует резкому росту ДТП // городковров.рф. URL: <http://www.xn--b1aabe4awacbof.xn--p1ai/news/727.html> (дата обращения: 7.09.2017).

<sup>3</sup> «Дорожная инспекция ОНФ / Карта Убитых Дорог». URL: <http://dorogi-onf.ru/> (дата обращения: 7.09.2017).

же время в России протяженность автодорог составляет примерно 1,5 млн км, из которых к федеральным относятся более 50 тыс. км, в том числе около 1,5 тыс. км платных участков трасс<sup>4</sup>. Иными словами, доля дорог, на которых осуществляется мониторинг аналогичными системами, составляет 1 %, даже по самым оптимистичным прогнозам. Это означает, что обычно принятие решений по ремонту конкретной улицы осуществляется, основываясь на непосредственном осмотре в момент, когда покрытие находится уже в несоответствующем стандартам состоянии, что, по сложившейся практике считается неэффективным.

### Научная новизна

Традиционные методы ремонта<sup>5</sup> и оценки качества дорожного покрытия основываются на утвержденных регламентах [5]. Действующим на территории нашей страны является технический регламент таможенного Союза "Безопасность автомобильных дорог" (ТР ТС 014/2011). Он содержит в себе минимально необходимые требования безопасности к автомобильным дорогам и процессам их проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта и эксплуатации, а также формы и порядок оценки соответствия этим требованиям. Также регулировать требования к ремонту могут регламенты, принятые непосредственно для ремонта, выполняемому по определенному проекту. Использованию подобных регламентов свойственен недостаток, заключающийся в том, оценка качества дороги выполняется непосредственно до и после ремонта, однако не наблюдаются и не отслеживаются изменения состояния дороги, в процессе эксплуатации.

Исключить указанный недостаток, свойственный традиционным методам оценки качества дорожного покрытия позволяют существующие информационные системы анализа состояния дорожного покрытия, основанные на непосредственном добавлении пользователями дефектов, что снижает релевантность информации о дефектах. В основном все они направлены на участие граждан в формировании дорожной политики в регионах и улучшении качества дорог путем выявления «проблемных участков». Поэтому использование механизмов искусственного интеллекта для анализа этих данных является неэффективным.

В проекте «Дороги России» выполняется онлайн мониторинг качества дорожного покрытия следующим образом: мобильное приложение считывает информацию о колебаниях подвески автомобиля, характеристиках его движения. Для анализа используется математическая модель, которая позволяет с большой степенью достоверности выявлять из множества видов воздействия на смартфон именно те, которые имеют отношение к состоянию дорожного полотна, а именно наличие ям и рытвин. Однако данный подход является нерелевантным, потому что не позволяет оценить динамику разрушения дорожного полотна, а лишь определяют факт существования дефекта.

Научная новизна предлагаемого аппаратно-программного комплекса заключается в осуществлении мониторинга состояния дорожного покрытия, моделирования и прогнозирования динамики его износа, с целью принятия стандартных управленческих решений.

---

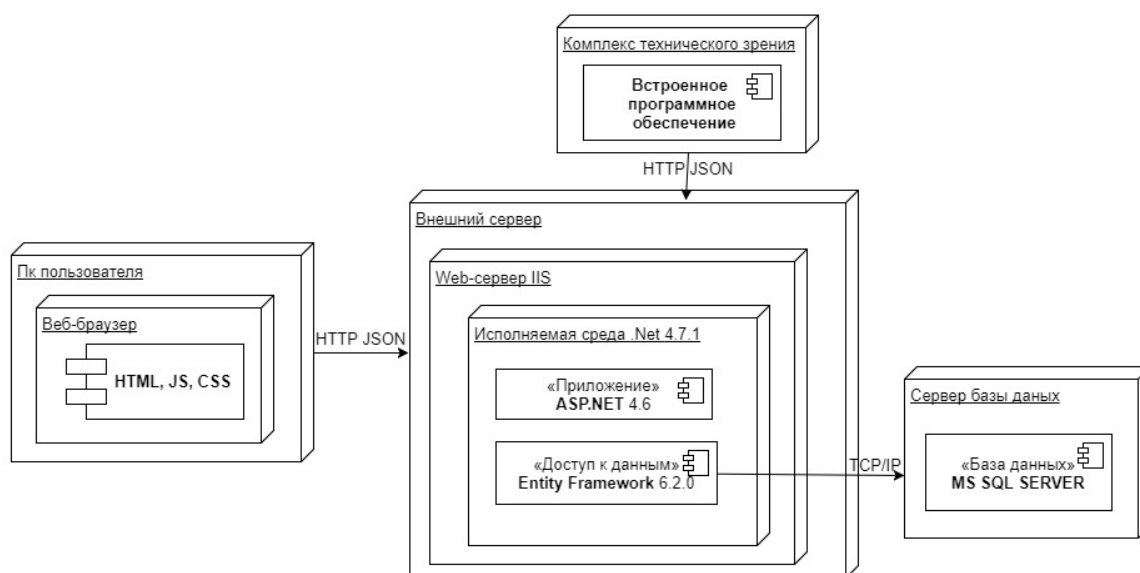
<sup>4</sup> Провал в полтора триллиона. Росавтодор объяснил, почему денег на дороги не хватает // Политика сегодня. URL: <https://polit.info/354856-proval-v-poltora-trilliona-rosavtodor-obyasnil-pochemu-deneg-na-dorogi-ne-hvataet> (дата обращения: 7.09.2017).

<sup>5</sup> Ремонт дорожных покрытий // РАСТОМ. URL: <http://www.rastom.ru/catalog/index.54.htm> (дата обращения: 7.01.2018).

## Методы реализации

Результаты работ, выполненных авторами ранее [6-8], показали возможность моделирования и прогнозирования состояния износа дорожного покрытия путем реализации системы диспетчеризации и выработки стандартных управленческих решений на основании информации о количестве и динамике роста дорожных дефектов, накопленной процессе эксплуатации мониторируемых участков дороги.

Архитектурное строение предлагаемого аппаратно-программного комплекса удобно представить с помощью UML диаграммы развертывания [9], включающей в себя взаимосвязь физических элементов комплекса с установленными на них служебными программными продуктами, выполняющими функции сбора, анализа, и передачи и последующей обработки данных (рис. 1).



*Рисунок 1. Диаграмма развертывания (разработан авторами)*

Разработанный Аппаратно-программный комплекс (см. рис. 1) включает в себя:

- Комплекс технического зрения – аппаратный комплекс, установленный на базе мобильной платформы, представляющий из себя систему технического зрения, состоящую из комплекта стереокамер, способных захватить изображение дорожного покрытия и вычислительного устройства с программным обеспечением, отвечающим за распознавания дефекта дорожного покрытия [10]. Также комплекс оснащен устройством передачи данных, способного передать данные о дефекте на web-сервер, средствами мобильного соединения, с интернетом используя технологии типа EDGE, 3G, 4G.
- Внешний сервер – физический сервер в глобальной сети, где развернуто приложение web-сервера.
- Web-сервер IIS – веб-сервер от компании Microsoft, на котором развернуто приложение-сервис, которое производит анализ состояния дорожного покрытия, основываясь на данных, полученных от комплекса технического зрения. Тут с использованием алгоритмов прогнозирования происходит моделирование состояния дорожного покрытия во времени и визуализация этой информации с помощью геолокационных сервисов.

- Исполняемая среда .Net 4.7.1 – последняя версия среды, отвечающая за непосредственное выполнение кода приложения. Основными технологиями, использованными при создании приложения, являются:
  - ASP.NET 4.6 – последняя версия фрейворка компании Microsoft для создания веб-приложений. Поддерживает работу с типами *geometry* и *geography*, нужными для представления геоинформационных данных.
  - Entity Framework 6.2.0 – фреймворк, предоставляющий слой взаимодействия приложения и базы данных, позволяющий делать запросы к базе данных на языке разрабатываемой системе.
- Сервер базы данных – сервер на котором разворачивается MS SQL база данных.
- Пк пользователя – является тонким клиентом системы. Используя веб-браузер, пользователи могут взаимодействовать с системой через пользовательский интерфейс представленный как веб-приложение.

Для обеспечения функционирования аппаратно-программного комплекса, требуется в процессе мониторинга дорожного покрытия распознавать и измерять размеры дефектов, на предмет их соответствия требованиям ГОСТ Р 50597-93 «Автомобильные дороги и улицы», а именно размеры отдельных просадок, выбоин и т. п. не должны превышать по длине 15 см, ширине – 60 см и глубине – 5 см. С этой целью в комплексе технического зрения (см. рис. 1) могут быть использованы бесконтактные датчики различных видов (инфракрасные, ультразвуковые и т. п.), элементы и устройства фото-видео фиксации и другие технические устройства, позволяющие измерять линейные размеры дефектов дорожного полотна с точностью достаточной для выполнения требований ГОСТ Р 50597-93.

В работе, в качестве одной из возможных реализаций комплекса технического зрения, использован набор из двух совместно работающих стерео-видеокамер типа MBK-LVIP 1080 (матрица 1/2,8” CMOS Sony Exmor (IMX222), 2 Мрх1. Качество изображения: 1920x1080 при 30 к/с. Максимальный поток – 8 Мбит/с) и ультразвукового датчика расстояния типа HC-SR04 (Диапазон расстояний: 2-400 см, Рабочий угол наблюдения: 30°), установленных на мобильной платформе, выполненной на базе управляемого автомобиля ВАЗ 2109, обеспечивающего перемещение по заданному маршруту со скоростью до 40 км/ч. Что позволяет распознавать дорожные дефекты с минимальными размерами по длине 5 см, ширине 10 см и глубине 2 см, а также с максимальными размерами по длине 100 см, ширине 50 см и глубине 10 см, с точностью до 0,5 см, при движении платформы со скоростью до 40 км/ч. Это позволяет определить наличие и размеры дефектов дорожного полотна при движении платформы по одно-, двух-, трех-полосной дороге в попутном направлении, с заданием координат выявленных дефектов с точностью посредством GPS с точностью  $\pm 2$  м. Точность, обеспеченная системами геолокации, для определения координат установленного повреждения дорожного полотна является допустимой, при длине контролируемого участка дороги от 200 м, а также не вызывает ложного умножения количества дефектов при выполнении маневров перестроения или опережения тихоходных транспортных средств, участников дорожного движения. Если движение платформы не соответствует заданному маршруту – мониторинг принудительно останавливается сервером до момента возвращения на заданный маршрут. Пропущенный участок маршрута в таком случае подлежит повторному мониторингу. При движении в условиях плотного транспортного потока мониторинг возможен только по одной полосе. Скрытые дефекты дорожного полотна, такие как наличие скрытых промоин, изменение плотности подстилающего грунта, повышение влажности и т. п., комплекс технического зрения не регистрирует. Также комплекс технического зрения не рассматривается для использования в зимний период на дорогах, где не происходят снегоуборочные работы, так как дефект



дорожного полотна в это время находится под слоем снега и точное определение его размеров не предоставляется целесообразным. В случае, если дефект дорожного полотна находится под слоем воды, распознавание его глубины возможно и осуществляется посредством использования, установленного на транспортном средстве, ультразвукового датчика. Комплекс не рассчитан на определение продольных дефектов дорожного покрытия в виде просадки полотна в жаркую погоду в следствии интенсивного движения по нему грузового транспорта.

Комплекс технического зрения, установленный на транспортное средство, включает в себя также вычислительное устройство, выполняющее функции предварительного анализа, а именно распознавание дефекта дорожного покрытия, и устройство передачи данных о наличии, размерах и координатах дефекта на web-сервер, средствами мобильного соединения, с интернетом используя технологии типа EDGE, 3G, 4G, непосредственно после обнаружения дефекта.

Алгоритм функционирования аппаратно-программного комплекса приведен на рисунке 2.

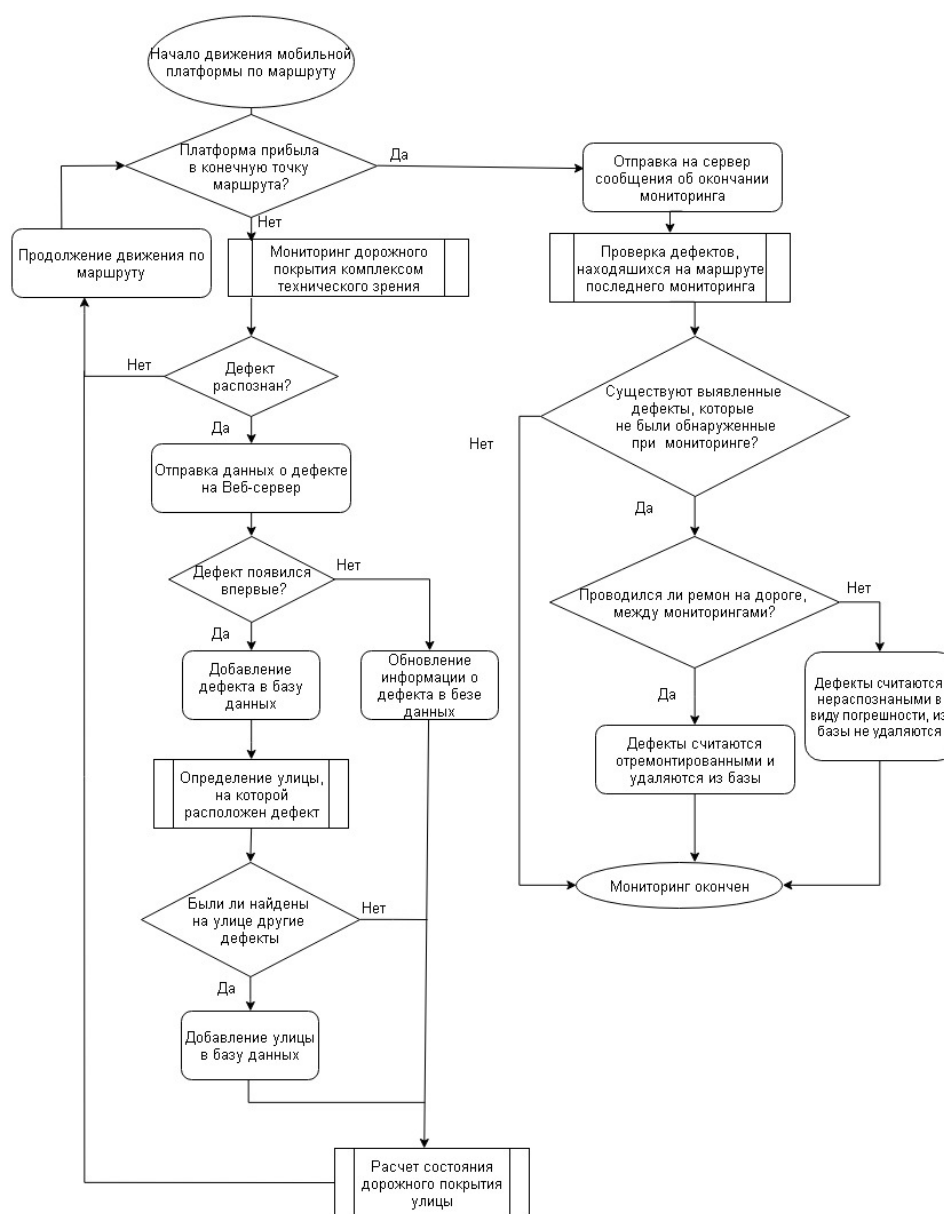


Рисунок 2. Блок-схема функционирования комплекса (разработан авторами)

Мобильная платформа движется по заданному маршруту, что позволяет комплексу технического зрения выполнять мониторинг заданного участка дороги. Как только комплекс распознает дефект дорожного покрытия, он определяет его размеры и глубину, и отправляет данные в формате JSON на Web-сервер, содержащие сведения о размерах дефекта и его координаты (см рис. 3).

```
{
  "date": "Sun Jan 07 2018 15:00:21",
  "height": 10.2,
  "weight": 20.12,
  "depth": 2.23,
  "longitude": 40.39658,
  "latitude": 56.13655
}
```

*Рисунок 3. Пример данных, получаемых от мобильной платформы (разработан авторами)*

Основываясь на полученных данных в соответствии с алгоритмом (см. рис. 3) Web-сервер, используя API геоинформационных системы (например, Яндекс.Карты), выполняет привязку дефекта к определенной улице. Затем, путем сравнения с ранее полученными данными, сервер определяет был ли на этом месте дороги дефект. Если дефект в этом месте дорожного покрытия появился впервые, то он добавляется в систему вновь, затем на основании сравнения линейных размеров выполняется анализ соответствия размеров дефекта требованиям ГОСТ Р 50597-93 и происходит пересчет суммарной площади дефектов на текущей улице (был, но не выявился). Мониторинг заканчивается, когда платформа достигает конечной точки своего маршрута.

Вся информация, полученная мобильной платформой, хранится в базе данных. Поскольку мониторинг с использованием мобильной платформы осуществляется регулярно, в системе должно находиться достаточно информации для прогнозирования увеличения дефекта.

Прогнозирование состояния дорожного покрытия происходит с помощью использования модуля искусственного интеллекта в состав которого входит нейросеть. На вход модуля распознавания подается множество значений размеров дефекта покрытия, полученных в разное время. Эти данные можно представить, как точки, у которых координатой по оси X является время получения, а по оси Y – размер дефекта. В зависимости материала дорожного покрытия, его толщины, величины и условий укладки подложки, рост линейных размеров дорожной ямы может быть линейной зависимостью, а также квадратичной, экспоненциальной, и показательной и другими зависимостями. На рисунке 4 представлен пример роста линейных размеров дефекта в соответствии с распределением в виде степенной зависимости.

Затем, этот массив точек поступает на вход обученной нейросети, которая выполняет аппроксимацию, и подбирает такую функцию, у которой квадратичное отклонение от значений точек является минимальным, поскольку, согласно универсальной теореме аппроксимации – нейронная сеть с одним скрытым слоем может аппроксимировать любую непрерывную функцию многих переменных с любой точностью. Пример результатов подбора кривой представлен на рисунке 4.

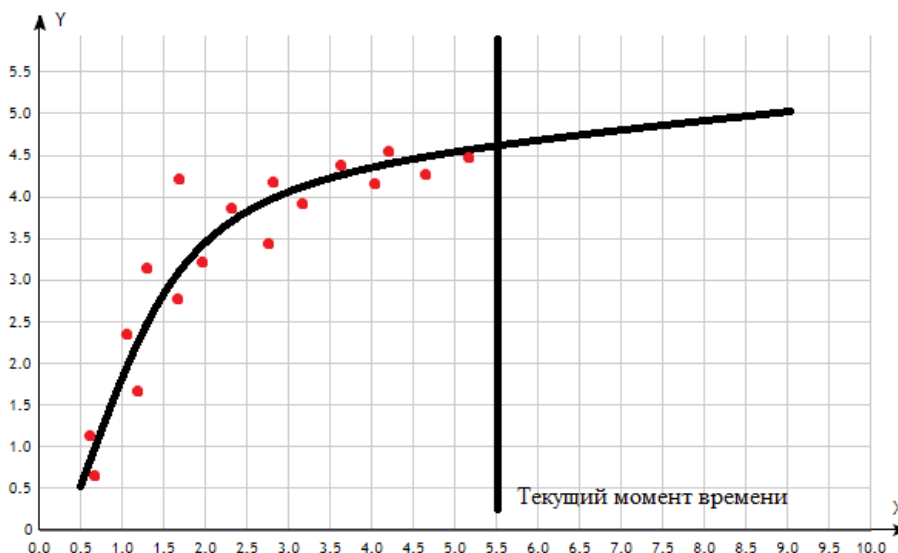


Рисунок 4. Аппроксимация функции (разработан авторами)

На графике также отмечен текущий момент времени. Именно с него, зная зависимость, можно оценить развитие размеров дефекта во времени. Также, нейросеть спроектирована таким образом, что она умеет интерпретировать так называемые «выбросы», то есть элемент совокупности значений, который несовместим с остальными элементами данной совокупности. В реальности это может быть помеха распознавания дефекта, или когда яма занесена снегом и ее размер резко уменьшился.

Сама нейросеть имеет следующую структуру, представленную на рисунке 5.

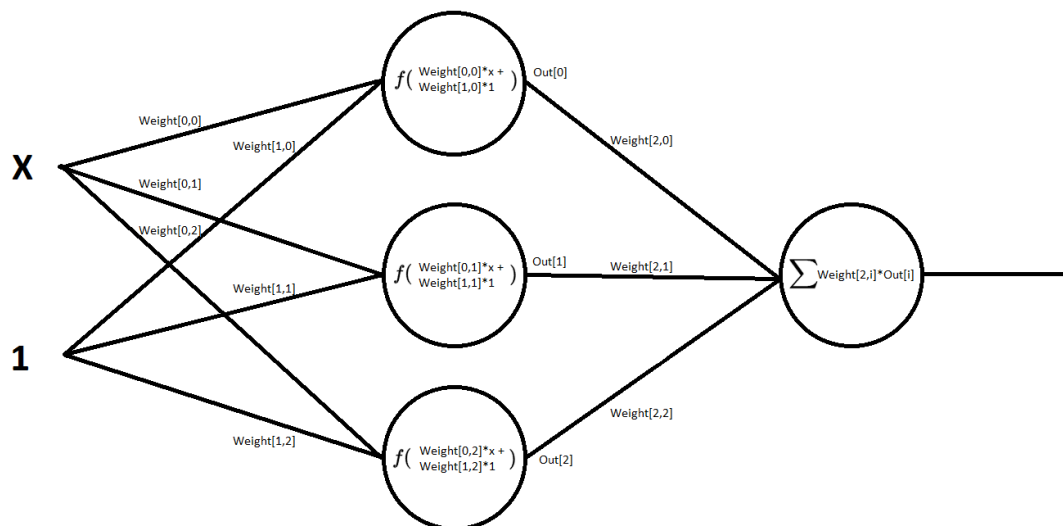


Рисунок 5. Структура нейросети (источник: [11])

Использованная нейросеть имеет два входа и один выход. Первый вход  $x$  – это значения функции, которые она может принимать по оси  $x$ . На второй вход всегда подается единица. В терминах нейросетей такой вход называется входом смещения. При его наличии сеть намного быстрее обучается и намного быстрее сходится к нужному результату. Эта сеть имеет два слоя, скрытый и выходной. На рисунке б показано, что сеть, содержит 3 нейрона в скрытом слое. Но в программе число этих нейронов можно менять в реальном времени, т. е. прямо в



процессе обучения сети. Во втором же слое, число нейронов всегда неизменно, там всегда один нейрон<sup>6</sup>.

Оценка состояния осуществляется в соответствии с ГОСТ Р50597-93 «Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения». Дороги классифицируются в системе, по площади предельно допустимых повреждения покрытия, представлены в таблице 1.

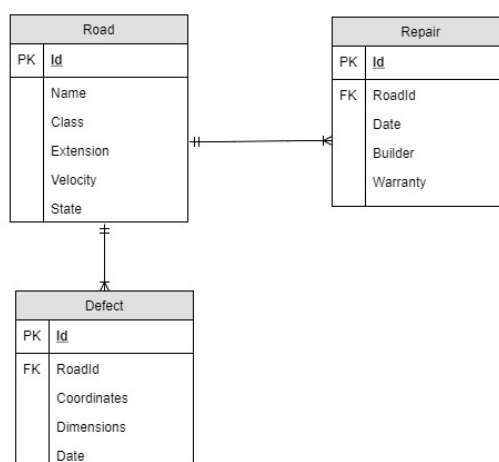
**Таблица 1**

**Предельно допустимые повреждения покрытия**

Группа дорог и улиц по их транспортно-эксплуатационным характеристикам	Повреждения на 1000 м <sup>2</sup> покрытия, м <sup>2</sup> , не более
А – автомобильные дороги с интенсивностью движения более 3000 авт./сут.; в городах и населенных пунктах – магистральные дороги скоростного движения, магистральные улицы общегородского значения непрерывного движения.	0,3 (1,5)
Б – автомобильные дороги с интенсивностью движения от 1000 до 3000 авт./сут.; в городах и населенных пунктах – магистральные дороги регулируемого движения, магистральные улицы общегородского значения регулируемого движения и районного значения.	1,5 (3,5)
В – автомобильные дороги с интенсивностью движения менее 1000 авт./сут.; в городах и населенных пунктах – улицы и дороги местного значения.	2,5 (7,0)

*Примечания: в скобках приведены значения повреждений для весеннего периода*

Определение принадлежности дороги данным категориям может осуществляется по средствам взаимодействия с внешними базами данных содержащими объем транспортного потока на каждой улице (например, база ГИБДД). Это происходит следующим образом: на рисунке 6 представлена упрощенная физическая модель базы данных приложения.



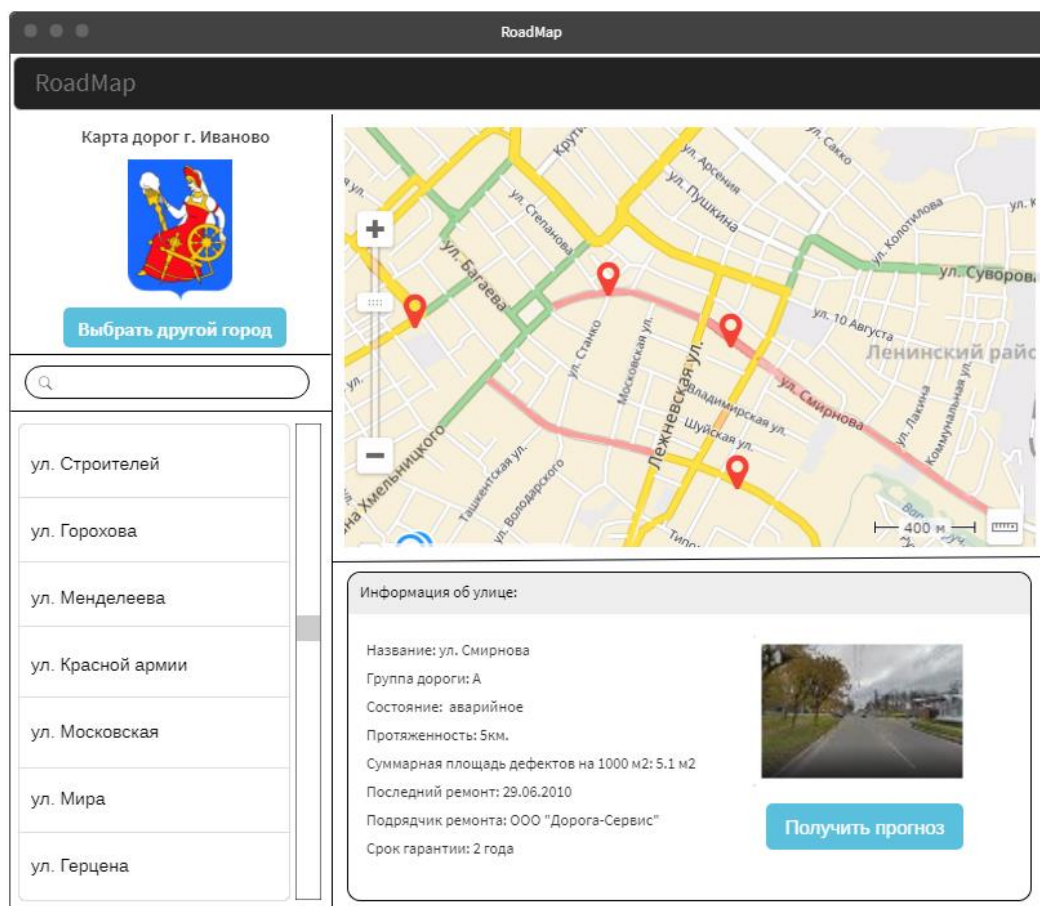
**Рисунок 6. Физическая модель базы данных (разработан авторами)**

На этой модели представлены основные таблицы, с которыми работает система: Road – содержит данные о дороге (название, группа, протяженность, скорость движения, состояние), Defect – соответственно о дефектах дорожного покрытия (координаты, размеры, дата обнаружения), а Repair – о выполненных ремонтах (дата ремонта, подрядчик, срок гарантии). Приложение обращается к другой базе, содержащей данные о скорости и грузопотоке на дороге, затем, получив эти данные приложение обновляет уже в своей базе значение параметров группы и скорости для нужной дороги. Это позволяет применить к этой дороге другие допустимые значения размеров дефектов и обновить состояние дороги в системе.

<sup>6</sup> Аппроксимация математических функций нейронной сетью // Geektimes. URL: <https://geektimes.ru/post/290935/> (дата обращения: 30.11.2017).

## Результаты

Результатом разработки комплекса является веб-приложение, пользовательский интерфейс которого представляет динамическую веб-страницу. Пример такой страницы представлен на рисунке 7. Основной частью пользовательского интерфейса является карта, предоставленная через API геоинформационной системы.



*Рисунок 7. Основная страница приложения (разработан авторами)*

В системе дается оценка состоянию дороги в зависимости от общей площади дефектов:

- «Нормальное состояние» – общая площадь дефектов меньше предельно допустимой.
- «Требуется внимания» – общая площадь дефектов равна предельно допустимой.
- «Аварийное состояние» – общая площадь дефектов больше предельно допустимой.

Через API получается карта определенного населенного пункта и с указанием всех его улиц. В зависимости от состояния дороги в системе она подсвечивается определённым цветом:

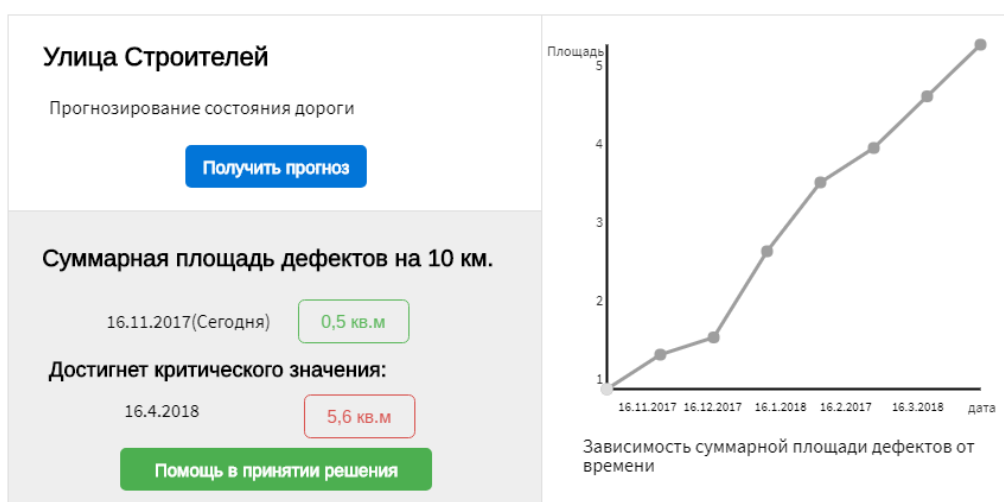
- зеленый – «Нормальное».
- желтый – «Требуется внимания».
- красный – «Аварийное состояние».

Выбрав интересующую улицу, пользователь во всплывающем окне видит информацию, нужную для принятия стандартного управленческого решения, включающую:

- Название улицы.
- Группа дороги по площади предельно допустимых повреждения покрытия.
- Состояние дороги.
- Протяжённость дорожного покрытия.
- Общую площадь дефектов на дороге.
- Когда и кем был произведен последний ремонт.

Если размеры отдельного дефекта не удовлетворяют требованиям ГОСТ Р 50597-93, на карте он обозначается красным маркером.

Пользователь может получить прогноз состояния дороги нажав на кнопку «Получить прогноз». Также информация об улице содержит фото-материалы, демонстрирующие состояние улицы.



**Рисунок 8.** Окно прогнозирование состояния дорожного покрытия (разработан авторами)

На рисунке 8 представлено окно прогнозирования, где пользователь может получить прогноз состояния дорожного покрытия выбранной улицы. Пользователь может, например, узнать, через какое время дорога окажется в аварийном или критическом состоянии. Также пользователю предлагается график, на котором показано развитие общей площади дефектов до и после достижения критического значения. Также система предложит варианты стандартных управленческих решений, рекомендуемых именно для этой дороги. Варианты решений предлагаются пользователю в отдельном окне после нажатия на кнопку «Помощь в принятии решения».

Помощь в принятии решения

В сложившейся ситуации на выбранной дороге предлагается:

- Выполнить немедленный ремонт дороги
- Запланировать капитальный ремонт дороги
- Разгрузить дорогу
- Изменить категорию дороги

Подтвердить

**Рисунок 9.** Окно помощи принятия стандартного управленческого решения (разработан авторами)

## Обсуждение

С помощью использования аппаратно-программного комплекса становится возможным решения всех поставленных задач. Рассматриваемый аппаратно-программный комплекс способен: производить мониторинг дорог используя комплекс технического зрения, выявлять дефекты дорожного покрытия, получить их размеры и координаты, хранить и анализировать эти данные, и представлять пользователю информацию, достаточную для принятия стандартного управленческого решения в сфере ремонта дорог. Комплекс предполагается для использования управлениями городского хозяйства муниципального образования, органами роспотребнадзора и заинтересованными организациями, частные лица и предоставляет каждой из этих категорий лиц интересующую их информацию о состоянии дорожного покрытия. Управления городского хозяйства используя систему могут принимать стандартные управленческие решения по поводу ремонта выбранного участка дорожного покрытия и оптимального распределения бюджетных средств, изучая результаты мониторинга и прогнозирования состояния дорожного покрытия. Органы контроля могут определить качество выполненного ремонта дорожного покрытия, сравнив данные о текущем состоянии дороги, времени ремонта и гарантийных сроках дорожного покрытия.

С другой стороны, используя функцию прогнозирования можно определить какую из аналогичных по количеству дефектов в данный момент времени дорог стоит ремонтировать в первую очередь или разгрузить улицу, пуская транспортный поток по параллельной улице или запрещая проезд тяжеловесного транспорта. Также используя эту функцию становится возможным определение краткосрочных и долгосрочных планов касаясь ремонта дорожного покрытия. Например, к краткосрочным планам можно отнести неотложный восстановление покрытия с помощью «заплаток», а к долгосрочным – перенос дороги в другую категорию, полная смена проекта дороги.

Рассмотренные в статье аналогичные системы, принцип функционирования, которых связан с непосредственным добавлением пользователями дефектов, без использования механизмов искусственного интеллекта, не способны обеспечить пользователям достаточной и релевантной информацией о состоянии дорожного покрытия. Разработанный аппаратно-программный комплекс, работает напрямую с комплексом технического зрения, выполняющим функцию контроля состояния и сохраняя всю историю измерений, прогнозирует состояние дорожного покрытия и в реальном времени предоставляет необходимые для анализа и принятия решения данные. Благодаря этому пользователи всех категорий получают объективный анализ состояния ремонта улиц и контроль, которые могут повлиять на решение о формировании планов ремонта.

## Выводы

Предложенное в статье решение на базе аппаратно-программного комплекса мониторинга, моделирования и прогнозирования состояния и износа дорожного покрытия предоставляет все возможности для принятия стандартных управленческих решений по оперативному ремонту, превентивному развитию дорожной инфраструктуры и контролю. Внедрение аппаратно-программного комплекса для использования в муниципалитетах позволит: привести в нормативное состояние дорог субъектов РФ, снизить уровень ДТП, связанных с плохим состоянием дорог, реализовать меры по повышению эффективности использования ресурсов, направляемых на ремонт и развитие дорожной инфраструктуры, осуществлять контроль адекватности принимаемых решений по ремонту и развитию дорожной инфраструктуры. После успешного применения в одном регионе комплекс может быть

распространена на любой субъект РФ, включая применение системы на дорогах районов и федеральных трассах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / А.Э. Горев, Е.М. Олещенко. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 256.
2. Клиновштейн Г.И., Афанасьев М.Б. Организация дорожного движения: Учеб. для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М: Транспорт, 2001 – 247 с.
3. Юшков В.С., Юшков Б.С., Бургонутдинов А.М. Система активной безопасности и снижение аварийности на автомобильных дорогах // Вестник МГСУ. 2014. № 10. С. 168-176. URL: <http://vestnikmgsu.ru/files/archive/issues/2014/10/ru/18.pdf> (дата обращения: 08.02.2018).
4. Банных Г.А., Калинин И.А. Социолого-управленческий анализ проблем управления безопасностью дорожного движения в условиях городского социума // Вопросы управления. 2011. № 4. С. 170-173. URL: <http://vestnik.uara.ru/ru/issue/2011/04/25/> (дата обращения: 08.02.2018).
5. Технология устройства и ремонта асфальтобетонных покрытий: учебное пособие / Ищенко И.С., Калашникова Т.Н., Семенов Д.А. – М.: «Аир-Арт», 2001. – 176 с.
6. Аксенов Д.Н., Курганов К.И., Чашин Е.А. Аппаратно-программный комплекс диспетчеризации предприятия карьероуправления // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №3 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/41TVN317.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
7. Люблинский М.С., Котов В.В., Чашин Е.А., Шеманаева Л.И. Применение аппаратно-программного комплекса для принятия стандартного управленческого решения // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №5 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/03EVN517.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
8. Chashchin Ye.A., Lioublinskiy M.S., Kotov V.V., Shemonayeva L.I. Information Support for Making Standard Management Decision with the Help of Hardware-Software System // Advances in Economics, Business and Management Research. – 2017. – vol. 38 – P. 410-414.
9. Александр Леоненков. Самоучитель UML 2. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2007. – 576 с.
10. Карпенков А.С., Крылов М.А., Быков М.В., Разбирин А.В. Реконфигурируемая робототехническая платформа // Инновационный центр развития образования и науки Перспективы развития технических наук. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. Челябинск, 2014. 45 с. <http://izron.ru/articles/perspektivy-razvitiya-tekhnicheskikh-nauk-sbornik-nauchnykh-trudov-po-itogam-mezhdunarodnoy-nauchno-sektsiya-2-informatika-vychislitelnaya-tekhnika-i-upravlenie-spetsialnost-05-13-00/opisanie-innovatsionnogo-proekta-rekonfiguriruemaya-robototekhnicheskaya-platforma/>.



**Krylov Maxim Alekseevich**

Intellect systems ltd., Kovrov, Russia  
E-mail: krylov.maks2010@yandex.ru

**Kurganov Konstantin Igorevich**

Ivanovo state power-engineering university, Ivanovo, Russia  
E-mail: kurganovk@gmail.com

**Chaschin Yevgeny Anatolevich**

Kovrov state technical academy, Kovrov, Russia  
E-mail: kanircha@list.ru

## Monitoring and modeling hardware-software complex for forecasting the condition and deterioration of the road surface

**Abstract.** The article shows the possibility of implementing a technical solution, which includes a set of technical vision, software for processing and analyzing the results of monitoring and modeling the dynamics of road deterioration and a module that uses artificial intelligence to form standard management decisions. The hardware and software complex is implemented on the basis of the technique of expert assessment of the condition of pavements and involves the use of existing geoinformation systems to visualize information on the presence and development of road surface defects during operation. The hardware-software complex allows predicting the change in the surface of the road in dynamics and providing these data to the authorized bodies for making standard management decisions on the allocation of funds for road repair and quality control from already repaired sites. This in combination allows to optimize the expenditure of allocated funds, to identify and prevent the facts of their misuse and inefficient use.

The technical vision complex uses a mobile transport platform such as a drone, a car, etc., with a carrying capacity of more than 15 kg, moves along a given route and detects recognized defects by geolocation. It includes an information input system (photo-video fixation for detecting defects), and a computer system (a device for initial processing, storage and transmission of data via mobile Internet connection using technologies such as EDGE, 3G, 4G).

The software is a highly loaded system with a web application architecture containing an artificial intelligence module that uses information about contractors, changing traffic patterns, etc., to perform standard management decisions.

**Keywords:** roads; standard management decision; algorithm; technical vision; artificial intelligence; road surface defects

### REFERENCES

1. Gorev A.E., Oleshchenko E.M. (2006). Organizaciya avtomobil'nyh perevozok i bezopasnost' dvizheniya: uchebnoe posobie dlya studentov vysshih uchebnyh zavedenij. [*The organization of automobile transportations and traffic safety: a textbook for students of higher educational institutions.*] Moscow: publishing center "Academy", p. 256.
2. Klinkowski, G.I., Afanasiev, M.B. (2001). Organizaciya dorozhnogo dvizheniya: Ucheb. dlya vuzov. [*Organization of road traffic: Proc. for universities.*] Moscow: Transport, p. 247.



3. Yushkov V.S., Yushkov B.S., Burhanuddin A.M. (2014). The System of active safety and reduction of accidents on highways. *Vestnik MGSU*, [online], 10, pp. 168-176. Available at: <http://vestnikmgsu.ru/files/archive/issues/2014/10/EN/18.pdf> (in Russian) [Accessed 08.02.2018].
4. Bannyh G.A., Kalinin I.A. (2011). Socio-managerial analysis of problems of management of road safety in urban society. *Management Issues*, [online], 4, pp. 170-173. Available at: <http://vestnik.uapa.ru/ru/issue/2011/04/25/> (in Russian) [Accessed 08.02.2018].
5. Ishchenko I.S., Kalashnikova T.N., Semenov D.A. (2001). Tekhnologiya ustrojstva i remonta asfal'tobetonyh pokrytij: uchebnoe posobie. [*Technology installation and repair of asphalt concrete pavements: a manual.*] Moscow: Air-Art, p. 176.
6. Aksenov D.N., Barrows K.I., Chashchin E.A. (2017). Hardware-software dispatching complex for career administration. *Naukovedenie*, [online] 3(9). Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/41TVN317.pdf> (in Russian).
7. Lublin, M.S., Kotov V.V., Chashchin E.A., Shemanaeva L.I. (2017). The use of a software-hardware complex for making standard administrative decisions. *Naukovedenie*, [online] 5(9). Available at: <https://naukovedenie.ru/PDF/03EVN517.pdf> (in Russian).
8. Chashchin Ye.A., Lioublinskiy M.S., Kotov V.V., Shemonayeva L.I. (2017). Information Support for Management Decision Making Standard with the Help of Hardware-Software System. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 38, pp. 410-414.
9. Ishchenko I.S., Kalashnikova T.N., Semenov D.A. (2001). Tekhnologiya ustrojstva i remonta asfal'tobetonyh pokrytij: uchebnoe posobie. [*Technology installation and repair of asphalt concrete pavements: a manual.*] Moscow: Air-Art, p. 176.
10. Leonenkov A. (2007). Samouchitel' UML 2. [*Tutorial UML 2.*] Saint Petersburg: bkhv-Peterburg, p. 576.
11. Karpenko A.S., Krylov M.A., Bykov M.V., Razbirin A.V. (2014). Reconfigurable robotic platform. *Innovation center for the development of education and science of the Prospects for the development of technical Sciences*, [online], p. 45. Available at: <http://izron.ru/articles/perspektivy-razvitiya-tekhnicheskikh-nauk-sbornik-nauchnykh-trudov-po-itogam-mezhdunarodnoy-nauchno-sektsiya-2-informatika-vychislitelnaya-tehnika-i-upravlenie-spetsialnost-05-13-00/opisanie-innovatsionnogo-proekta-rekonfiguriruemaya-robototekhnicheskaya-platforma/> (in Russian).