ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 004.5
DOI 10.34822/1999-7604-2020-4-6-13

ОБОБЩЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ «УМНОГО ГОРОДА»

П. А. Курта [1]✉, М. В. Коломеец [2]
[1] *Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, Россия*
[2] *Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия*
✉ *E-mail: expert@kurta.ru*

Рассматривается задача классификации интерфейсов транспортной инфраструктуры «умного города». На основе анализа научных исследований проводится обзор состояния данной области, включая существующие подходы к классификациям интерфейсов. Выделяются основные элементы: инфраструктура, беспилотное транспортное средство и окружение, которое дополнительно поделено на субъекты и объекты. Описывается схема взаимодействия элементов и указывается расположение на ней интерфейсов. В качестве подхода к классификации используется комбинация обмена информацией между элементами с учетом направления. В результате решения задачи выделяются 9 классов интерфейсов, которые характеризуются необходимостью и достаточностью. Дается описание каждого интерфейса с практическими примерами. Также приводится запись классов интерфейсов в формальном виде. Предлагаются направления дальнейшего исследования.

Ключевые слова: классификация, интерфейс, информационная безопасность, беспилотное транспортное средство.

GENERALIZED CLASSIFICATION OF INTERFACES FOR THE TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF THE SMART CITY

P. A. Kurta [1]✉, M. V. Kolomeets [2]
[1] *The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications, Saint Petersburg, Russia*
[2] *St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia*
✉ *E-mail: expert@kurta.ru*

The article considers a classification problem of the interfaces for the transport infrastructure of the Smart City. The status of this topic in scientific research is reviewed, including existing approaches to interface classifications. The main elements of the transport infrastructure are highlighted, namely the following: infrastructure, autonomous vehicle, and environment (which is additionally divided into subjects and objects). The scheme of interaction of elements is described and the location of interfaces on it is indicated. The classification approach uses a combination of directional information exchange between elements. As a result of solving the problem, 9 classes of interfaces are distinguished, which have the necessity and sufficiency. A description of each interface and its practical example are given. In addition, the interface classes are written in a formal form. A direction for further research is proposed.

Keywords: classification, interface, information security, autonomous vehicle.

Введение

Создание «умного города», направленное на улучшение жизни людей и функционирование города за счет информатики, является новой концепцией в современном мире. Как следствие, в ней много малоизученных областей, одной из которых является *транспортная инфраструктура,* требующая высокого уровня интеллектуализации [1]. Обеспечение ее информационной безопасности является актуальной задачей с социальной, политической и экономической точек зрения [2].

Концепция «умного города» подразумевает объединение в единую систему множества разнородных подсистем, что существенно осложняет обеспечение безопасности ее реализации (не говоря уже о проблемах цифровой облачной среды, возникающих в случае глобальной масштабируемости с большим количеством удаленных серверов [3], а также эффектах от объединения различных концепций киберсистем [4]). Так, если безопасность отдельных подсистем каждого типа и имеет решения, то узким местом могут стать точки соединения их воедино – *интерфейсы взаимодействия*. Под последними понимается одно из классических определений: совокупность средств, методов и правил взаимодействия (управления, контроля и т. д.) между элементами системы. Таким образом, интерфейсы представляют собой не абстрактные переходы от одной подсистемы к другой (т. е. условная граница между ними), а вполне реальные устройства. Например, интерфейсами взаимодействия для ввода информации являются клавиатура, микрофон, лидар; а для вывода – дисплей, динамик, электронный дорожный знак. Поскольку назначением интерфейса в случае «умного города» является передача информации, следовательно, существует целый вектор атак (использующих уязвимости), потенциально приводящих к тому, что информация может быть утеряна (нарушение доступности), изменена (нарушение целостности) или может оказаться у третьих лиц (нарушение конфиденциальности). Тогда понятие безопасного интерфейса означает его защищенность от таких атак, т. е. гарантию того, что информационные потоки через него будут проходить согласно изначальной задумке. Особенно критично это именно для транспортной инфраструктуры, поскольку нарушение ее информационных потоков может приводить к человеческим жертвам.

Первым шагом на пути обеспечения безопасности интерфейсного взаимодействия подсистем «умного города» является их базовая классификация, которая позволит как поделить все их многообразие на отличные друг от друга группы, так и выделить присущие каждому классу уязвимости и угрозы. Для этого потребуется применение системного анализа, поскольку интерфейсы так или иначе обладают едиными структурными связями через остальные части такого достаточно сложного для исследования объекта, как «умный город» и его транспортная инфраструктура.

Концепция «умного города» давно изучается современной наукой с теоретической и практической точек зрения. В исследовании [5] рассматривается историческая и концептуальная связь между «идеальным городом» и современными технологиями превращения реальных городов в «умные» на базе внедрения интеллектуальных информационных систем и достижений научно-технического прогресса.

В работе [6] проведен анализ информационно-коммуникационных технологий и даны рекомендации по внедрению концепции в городах России.

Для решения проблем взаимодействия различных поставщиков «умного города» предлагаются открытые платформы, основанные на мировых стандартах [7].

Такая перспективная концепция, как Интернет вещей, находит отражение в «умном городе» и «умной деревне» [8], для которых необходим научный подход и к пользовательскому интерфейсу [9].

Актуальность изучения интерфейсов «умного города» подчеркивается во многих российских исследованиях [10].

Тем не менее исследование непосредственных способов классификации интерфейсов в научной сфере практически отсутствует. Преобладающее большинство редких классифи-

каций интерфейсов рассматривают их как отдельные объекты, без учета дальнейшего распространения информационных потоков.

Далее приведем обзор наиболее интересных работ, посвященных способам классификации интерфейсов.

В [11] предлагается классификация интерфейсов многокомпонентных систем с использованием алгебраических структур по операциям вложения, сопряжения и фильтрации.

В [12] предлагается классификация интерфейсов измерительных систем и приборов с помощью следующих классификационных признаков: универсальность или открытость, тип связи, назначение, физическая природа сигнала связи, тип организации связи, режим обмена информацией, тип интерфейса, используемые стандарты.

В [13] предлагается следующая классификация метафор, лежащих в основе некоторых подходов при разработке интерфейсов: ориентационные, онтологические, структурные и метонимии.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать однозначный вывод, что, несмотря на актуальность задачи классификации интерфейсов «умного города» и, в частности, его транспортной инфраструктуры, решения практически отсутствуют. Этот научный пробел и будет частично восполнен авторами статьи.

Материал и методы

Как было указано ранее, для всестороннего исследования безопасности интерфейсов первоочередной задачей является их однозначная классификация, обладающая свойствами необходимости и достаточности. Во-первых, интерфейс, отнесенный к одному из классов, не может оказаться в другом классе. Во-вторых, не может быть интерфейсов, не подходящих ни под один класс. Для этого изначально построим схему предметной области в виде набора основных элементов транспортной инфраструктуры «умного города» (далее – Элементы) и ближайшего окружения, а также точек их взаимодействия – т. е. интерфейсов; такой подход аналогичен методикам, используемым для построения общих схем информационно-технических взаимодействий в информационных системах [14–15]. Исходя из общих представлений о самой концепции и ее инфраструктуре, можно выделить следующую триаду Элементов:

1. Инфраструктура – внутренние средства реализации концепции «умного города» в части транспортной инфраструктуры (например, «умные» информационные табло, пункты приема оплаты, система мониторинга и управления парковками и др.).

2. Беспилотное транспортное средство (далее – БТС) – средство, реализующее основные функции транспортной инфраструктуры, а именно перевозку пассажиров и товаров (например, автомобили, автобусы и троллейбусы).

3. Окружение – элементы, не являющиеся частью сети «умного города», но участвующие в обмене информацией с ним: погода, пассажиры, здания, дорожное полотно и др., а также не подключенная к сети городская инфраструктура (дорожные знаки, неинтеллектуальные автомобили и т. д.). Целесообразно поделить Окружение на подэлементы, составляющие классическую категориальную пару, использование которых показало свою эффективность в проведении различных исследований сложных систем [16–17]: *Субъект окружения* – активный, обладающий волей и разумом (пассажир, пешеход, водитель и т. п.), и *Объект окружения* – пассивный, не обладающий волей и разумом (погода, знаки, автомобили и т. п.).

Выбор беспилотных транспортных средств (среди всех) обусловлен особенностью предметной области – «умным городом», подразумевающим высокую степень интеллектуализации его инфраструктуры. Именно исследованию безопасности их интерфейсов как «обслуживающих» сложные информационные потоки к остальным Элементам требуется уделить особое внимание. Классические же транспортные средства, управляемые человеком, также имеют свое представление в виде Элемента окружения.

Взаимодействия приведенных Элементов транспортной инфраструктуры «умного города» представлены на рисунке.

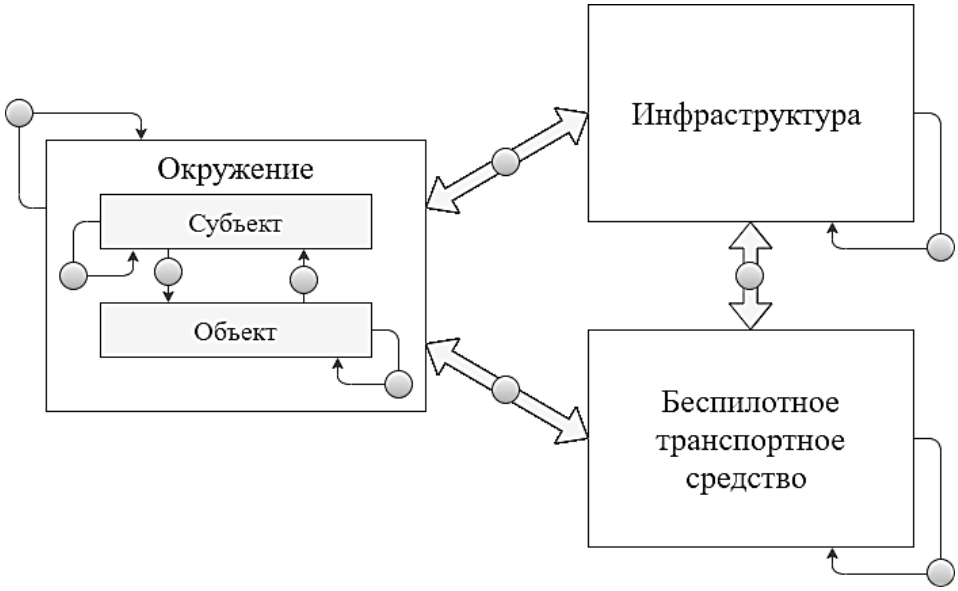

Рисунок. Схема взаимодействия элементов транспортной инфраструктуры «умного города» (со средствами интерфейса)
Примечание: составлено авторами.

Таким образом, между приведенными Элементами происходит постоянный информационный обмен. А исходя из их разнородности (например, пункт оплаты качественно отличен от автомобиля, который, в свою очередь, очень отличен от пассажира), очевидно, что для взаимодействия Элементов необходима реализация соответствующих интерфейсов – в виде отдельных средств (серые точки на рис.), а не просто протоколов преобразования данных. Именно классификация таких интерфейсов и является первой задачей для обеспечения безопасности транспортной инфраструктуры «умного города».

Результаты

Основываясь на введенной триаде Элементов, можно в качестве классификации интерфейсов взять различные комбинации двух из них: так, класс интерфейса будет определяться тем, между какими Элементами происходит обмен. Также, поскольку можно обоснованно предположить, что обмен имеет направление от одного Элемента к другому, целесообразно поделить классы и по этому критерию. Поскольку разновидностей и реальных объектов Элемента может быть несколько (различные информационные знаки, пассажиропоток, метеосводки), то взаимодействие возможно даже в рамках одного из них. Все это позволяет перейти к 9 различным взаимодействиям, а следовательно, и к 9 классам интерфейсов; такая классификация представлена в матричном виде в таблице. Классы имеют обозначения в следующем формате – Класс_XY, где X – первая буква источника данных при взаимодействии, Y – первая буква получателя данных при взаимодействии (буквы совпадают при взаимодействии в рамках одного Элемента).

Таблица

Классификация интерфейсов взаимодействий в транспортной инфраструктуре «умного города»

	Окружение	**БТС**	**Инфраструктура**
Окружение	Класс_ОО	Класс_ОБ	Класс_ОИ
БТС	Класс_БО	Класс_ББ	Класс_БИ
Инфраструктура	Класс_ИО	Класс_ИБ	Класс_ИИ

Примечание: составлено авторами. Серым фоном помечены классы, для которых не существует направления взаимодействия, поскольку оно является взаимным.

Необходимо отметить, что, хотя Окружение непосредственно и не относится к транспортным системам «умного города», тем не менее они также могут взаимодействовать друг с другом через интерфейсы «умного города». И безопасность последних (при наличии, конечно) является также актуальной задачей, поскольку ее нарушение косвенно может приводить и к нарушениям самих транспортных систем. Так, например, неверное оповещение водителей неинтеллектуальных автомобилей о погодных условиях или же пробках (для чего могут применяться сервисы «умного города») может привести как к человеческим жертвам, так и к созданию транспортного коллапса.

Опишем более подробно каждый из классов интерфейсов.

Класс_ОО. Интерфейс используется при взаимодействии Окружение ↔ Окружение. Интерфейс обеспечивает взаимодействие Субъекта или Объекта окружения с другим Субъектом или Объектом; естественно, в данном случае участие во взаимодействии Объектов является, скорее, теоретической, нежели практической ситуацией. Тем не менее рассмотрим каждый из вариантов в рамках Окружения:

1. Субъект → Субъект: например, получение и передача информации другим людям (не обязательно в режиме реального времени) касательно качества и/или сложности маршрута (так называемая система отзывов), где ошибка может привести к созданию опасных ситуаций на дороге.

2. Субъект → Объект: например, открывание двери автомобиля с помощью мобильного приложения через единую интеллектуальную службу *Carsharing*.

3. Объект → Субъект: например, оповещение человека (пешехода или водителя неинтеллектуального автомобиля) о погодных условиях на основании интеллектуальных метеослужб, где ошибка может повлиять на обстановку в транспортной инфраструктуре «умного города».

4. Объект → Объект, т. е. взаимодействие Объектов через интерфейсы «умного города»: например, интеллектуальный подогрев дорожного полотна в условиях холодного климата (что в простом варианте уже сейчас применяется в таких странах, как Финляндия, Норвегия, Япония и др.).

Класс_ОБ. Интерфейс используется при взаимодействии Окружение → БТС. Интерфейс обеспечивает взаимодействие субъекта или объекта окружения с активными сенсорами транспортного средства. Например, сенсоры автомобиля могут распознавать пешеходов и снижать скорость, учитывать для контроля скорости временные знаки (не подключенные к интеллектуальным сервисам «умного города»), следовать дорожной разметке и т. п.

Класс_ОИ. Интерфейс используется при взаимодействии Окружение → Инфраструктура. Интерфейс обеспечивает взаимодействие Субъекта или Объекта окружения с активными сенсорами «умной» транспортной инфраструктуры. Например, человек может использовать терминалы для оплаты проезда на общественном транспорте, сенсоры метеостанций могут получать информацию об ухудшении погодных условий в районе, ночное освещение на дорогах может включаться не только в определенное время суток, но и с учетом тумана (что актуально для горных дорог) и т. п.

Класс_БО. Интерфейс используется при взаимодействии БТС → Окружение. Интерфейс обеспечивает взаимодействие средств оповещения БТС с Субъектами окружения и теоретически – с Объектами окружения. Например, при прибытии в конечную точку служба такси может сообщить пассажиру о необходимости оплаты проезда или же при риске наезда на пешехода или внезапно возникший предмет (или животное) беспилотный автомобиль может применить экстренное торможение; естественно, потребуется сообщить об этом опасном маневре сзади идущим транспортным средствам, а также пассажирам внутри.

Класс_ББ. Интерфейс используется при взаимодействии БТС ↔ БТС. Интерфейс обеспечивает взаимодействие между сенсорами одного транспортного средства и сенсорами другого транспортного средства. Классическим примером такого взаимодействия является концепция автомобилей, подключенных к сети (connected cars). Например, таким образом можно обеспечивать движение группы автомобилей в караване (т. е. по единому маршруту

с соблюдением дистанции) или же оказание экстренной помощи на дороге. Естественно, подобные схемы могут реализовываться и непосредственно через Инфраструктуру, поскольку беспилотный транспорт также производит с ней информационный обмен.

Класс_БИ. Интерфейс используется при взаимодействии БТС → Инфраструктура. Интерфейс обеспечивает взаимодействие сенсоров транспортного средства и «умных» объектов транспортной инфраструктуры. Например, автомобиль может инициировать открывание шлагбаума при подъезде к нему, автобус может отмечаться при прохождении маршрута, припаркованные транспортные средства могут оповещать систему об освобождении места и т. п.

Класс_ИО. Интерфейс используется при взаимодействии Инфраструктура → Окружение. Интерфейс обеспечивает взаимодействие средств оповещения Инфраструктуры с Субъектом окружения и теоретически – с Объектом окружения. Классическим примером является уже давно вошедшая в обиход сигнализация для пешеходов об окончании перехода на зеленый свет. Также можно предположить внедрение всевозможных информационных табло, способствующих лучшей ориентации людей в транспортной инфраструктуре города. Гипотетически возможно развитие и взаимодействие Инфраструктуры с природным пассивным объектом, например, включение средств осушки затоплений низин дорог (что достаточно часто бывает в проездах под мостами после ливней).

Класс_ИБ. Интерфейс используется при взаимодействии Инфраструктура → БТС. Интерфейс обеспечивает взаимодействие «умных» объектов транспортной инфраструктуры с сенсорами БТС. Например, информация о загруженности дорог может быть передана «умному» автомобилю для выбора наилучшего маршрута; аналогичным образом для приоритетного проезда автомобиля скорой помощи потребуется координирование движения всех близрасположенных автомобилей.

Класс_ИИ. Интерфейс используется при взаимодействии Инфраструктура ↔ Инфраструктура. Интерфейс обеспечивает взаимодействие между сенсорами элементов «умной» транспортной инфраструктуры. Классическим примером такого взаимодействия является ядро концепции «умного города», когда его отдельные службы характеризуются информационным обменом, имеют общее информационное пространство, протоколы работы. Например, медицинская служба может сообщить службе управления светофорами о необходимости приоритетного проезда автомобиля скорой помощи.

Формальная запись. В строгом формальном смысле множество классов (см. табл. 1) может быть задано следующим образом:

$$\begin{cases} Class_{Interface} = \{Element_i \oplus Element_j\} \\ \oplus \equiv \begin{cases} \leftrightarrow, i = j \\ \rightarrow, i \neq j \end{cases} \\ Element_k \in \{\text{Окружение, БТС, Инфраструктура}\} \end{cases},$$

где $Class_{Interface}$ – множество классов интерфейсов (список которых был сформирован ранее: Класс_ОО, Класс_ОБ, Класс_ОИ, Класс_БО, Класс_ББ, Класс_БИ, Класс_ИО, Класс_ИБ, Класс_ИИ);

$Element_k$ – Элемент транспортной инфраструктуры «умного города», принимающий одно из значений – Окружение, БТС, Инфраструктура;

$\oplus$ – направление передачи информации через интерфейс ($\leftrightarrow$ – для однотипных Элементов и $\rightarrow$ – для разнотипных Элементов).

Обсуждение и заключение

Приведенная классификация позволяет отнести любой интерфейс транспортной инфраструктуры «умного города» к одному из 9 классов; при этом по одному из них (Класс_ОО) существует дополнительное деление на 4 подкласса. Отличительной особенностью данной классификации является то, что любой из возможных интерфейсов, обеспечи-

вающих взаимодействие между Элементами транспортной инфраструктуры «умного города», будет обязательно относиться к одному из классов, при этом невозможна ситуация отнесения интерфейса сразу к двум классам.

Если же какой-либо интерфейс не поддается корректной классификации, это значит, что он функционирует в рамках одного из Элементов, и, следовательно, его безопасность рассматривается соответствующей предметной областью, выходящей за рамки данной, рассматривающей интерфейсы взаимодействий между качественно разными подсистемами.

Можно выделить следующие направления дальнейших исследований:

- во-первых, апробация теоретически полученной классификации на практических примерах;
- во-вторых, исследование возможных уязвимостей средств, реализующих каждый из классов интерфейсов;
- в-третьих, прогнозирование угроз интерфейсов, возникающих вследствие использования этих уязвимостей.

Также востребованным может оказаться применение описанного подхода к классификации интерфейсов взаимодействия для остальных подсистем «умного города».

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-29-06099).

Литература

1. Buinevich M., Izrailov K., Stolyarova E., Vladyko A. Combine Method of Forecasting VANET Cybersecurity for Application of High Priority Way // 20th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), Chuncheon, South Korea, 2018, P. 266–271.

2. Буйневич М. В., Васильева И. Н., Воробьев Т. М., Гниденко И. Г., Егорова И. В. и др. Защита информации в компьютерных системах : моногр. СПб. : Санкт-Петербург. гос. эконом. ун-т, 2017. 163 с.

3. Mescheryakov S., Shchemelinin D., Izrailov K., Pokussov V. Digital Cloud Environment: Present Challenges and Future Forecast // Future Internet. 2020. Vol. 12. No. 5. P. 82.

4. Buinevich M., Fabrikantov P., Stolyarova E., Izrailov K., Vladyko A. Software Defined Internet of Things: Cyber Antifragility and Vulnerability Forecast // Application of Information and Communication Technologies (AICT-2017). 2017. P. 293–297.

5. Глебова И. С., Ясницкая Я. С. Возможности реализации концепции «умного города»: практика российских городов // Экономика и предпринимательство. 2014. № 1–3 (42). С. 232–235.

6. Ярош Н. Н. Городское хозяйство: от «города солнца» к умному городу // Экономический журнал. 2013. № 2 (30). С. 72–88.

7. Tolcha Y. k., Nguyen H. M., Byun J.et al. Oliot-OpenCity: Open Standard Interoperable Smart City Platform // 2018 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2), Kansas City, MO, USA, 2018, P. 1–8.

8. Ram S. K., Das B. B., Mahapatra K. et al. Energy Perspectives in IoT Driven Smart Villages and Smart Cities // IEEE Consumer Electronics Magazine. 2020. P. 1–1.

9. Yuan Z., Ng W. S., Tat Goh S., Zhou Y. Study of Design Method for Tangible User Interface in IoT Paradigm // TENCON 2018 – 2018 IEEE Region 10 Conference, Jeju, Korea (South), 2018, P. 2071–2074.

10. Кононова М. Ю., Вильдероттер К., Плосс А. Использование диалоговых интерфейсов в рамках умного города // Baikal Letter DAAD. 2019. № 1. С. 12–27.

11. Кулясов П. С. Классификация интерфейсов многокомпонентной системы на основе алгебраического подхода // Информационные системы и технологии (ИСТ-2020) : сб. материалов XXVI Междунар. науч.-технич. конф., Нижний Новгород. 2020. С. 419–423.

12. Кондратов В. Т., Кондратов Ю. Т. Классификация интерфейсов измерительных систем и приборов // Вестн. Хмельницкого национальн. ун-та. Технич. науки. 2014. № 4 (215). С. 85–97.

13. Леонов А. В. Классификация метафор пользовательских интерфейсов // Человеческий фактор в сложных технических системах и средах : тр. II Междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2016. С. 343–348.

14. Израилов К. Е., Покусов В. В., Столярова Е. С. Информационные объекты в системе обеспечения информационной безопасности // Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности : материалы I Междунар. науч.-практ. конф. СПб. : Петровская академия наук и искусств. 2018. С. 166–169.

15. Buinevich M. V., Izrailov K. E., Pokusov V. V. et al. Generalized Interaction Model in the Information System // International Journal of Pure and Applied Mathematics. 2018. Vol. 119. No. 17. P. 1381–1385.

16. Буйневич М. В., Израилов К. Е. Категориальный синтез и технологический анализ вариантов безопасного импортозамещения программного обеспечения телекоммуникационных устройств // Информац. технологии и телекоммуникации. 2016. Т. 4, № 3. С. 95–106.

17. Израилов К. Е., Татарникова И. М. Подход к анализу безопасности программного кода с позиции его формы и содержания // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2019) : сб. науч. ст. VIII Междунар. науч.-технич. и науч.-методич. конф. СПб. : Санкт-Петербург. гос. ун-т телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2019. С. 462–467.