

Интеграция искусственного интеллекта в коммуникационные сети и услуги

Integration of artificial intelligence into communication networks and services

Малыгин / Malygin I.

Игорь Геннадьевич
(info@iptran.ru)

доктор технических наук, профессор.
ФГБУН Институт проблем транспорта
им. Н. С. Соломенко Российской академии наук
(ИПТ РАН), директор.
г. Санкт-Петербург

Аванесов / Avanesov M.

Михаил Юрьевич
(avanesov@itain.ru)

кандидат технических наук.
ЗАО «Институт телекоммуникаций»,
научный секретарь.
г. Санкт-Петербург

Тарабаев / Tarabaev A.

Антон Александрович
(anton200895@mail.ru)

ИПТ РАН, младший научный сотрудник
лаборатории проблем организации транспортных
систем.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: искусственный интеллект – *artificial intelligence*; сеть связи – *communication network*; Интернет – *Internet*; визуализация сетевых функций – *visualization of network functions*; программно-определенная сеть – *software defined network*.

Применение искусственного интеллекта (ИИ) в сфере связи позволит предоставлять новые услуги и существенно улучшить удобство работы пользователей и эффективность функционирования сети. В настоящее время применение ИИ в сфере телекоммуникаций находится еще на стадии исследования. В статье рассматривается современное состояние и тенденции дальнейшего применения ИИ в телекоммуникационных системах.

Implementation of artificial intelligence (AI) in the area of communication would make it possible to provide new services and significantly improve the user-friendliness and performance of the network. Currently the use of AI in the field of telecommunications is still in the stage of research. The article considers the current state and trends of further AI application in telecommunication systems.

Введение

В последние годы с появлением и развитием таких технологий, как облачные вычисления, большие данные и глубокое обучение, индустриализация искусственного интеллекта (ИИ) получила соответствующее развитие. Технология ИИ была внедрена в ряде областей.

Связь – это сектор интенсивного использования ИКТ, удовлетворяющий разнообразные требования потребителей в отношении требований индивидуализации, мультимедийных услуг и точного управления, что делает безопасность сети все более значительной. С постепенным обнаружением преимуществ ИИ в обучении, понимании, рассуждениях и взаимодействии появились программно-определяемые сети (SDN), виртуализация сетевых функций (NFV), технологии глубокой проверки пакетов, сервисные сети уже используются, и интеллектуализация сетей связи и услуг становится возможными. Кроме того, операторы проявляют большой интерес к ИИ, что может снизить капитальные затраты и операционные расходы.

Основные тенденции сетей и услуг связи

С ростом числа пользователей и увеличением размера сети связи постепенно выявляются различия в предпочтениях, привычках и информационных потребностях предприятий и отдельных пользователей. Спрос на специализированные услуги предприятий усиливается благодаря специализированным сетям и услугам, которые теперь предоставляются корпоративным пользователям. В будущем будет специальный пакет услуг для каждого пользователя и даже специальная сеть. Такие сложные требования были бы немыслимы без применения интеллектуальных инструментов [1]:

1. Мультимедийные услуги.
С наступлением эры Web 2.0 пользователи Интер-

нета стали как производителями информации, так и потребителями информации, и все больше производят информацию в мультимедиа. Пользовательский контент увеличивает интернет-трафик с невероятной скоростью. В этих условиях хранение и передача данных являются серьезной проблемой. Включение ИИ позволяет добиться серьезных результатов при ее решении.

2. Точность управления.

С развитием технологий виртуализации сетевых функций и программно-определяемых сетей управление сетью стало более точным. Виртуализация происходит не только на уровне сетевых элементов, но и на уровне таких компонентов, как процессор, память, порт, пропускная способность и т.д. Технологии на основе ИИ позволяют операторам устанавливать сети по требованию для специальных пользователей. Операторы могут достичь своих целей в области энергосбережения, а также многое другое с помощью ИИ.

3. Предсказуемое будущее.

Расширение бизнес-требований и увеличение числа пользователей означает, что разрыв между пиками и минимумами использования сети становится все больше. В этом случае операторов просят более точно прогнозировать будущее состояние сетей, чтобы удовлетворить спрос пользователей и улучшить их работу.

4. Разнородность.

Сети становятся все более разнородными. Пользователи часто используют различное оборудование с различными технологиями беспроводного доступа, такими как 2G, 3G, 4G, Wi-Fi и Интернет вещей (IoT), и внедрение 5G изменит телекоммуникационные сети в ближайшем будущем.

Увеличение сетевого оборудования и пользовательских терминалов, расширение размера сети, увеличение количества пользователей и возрастающая сложность сети привели к тому, что управление сетью становится все труднее поддерживать с приемлемым качеством обслуживания (QoS) [2].

Ожидается, что наряду с расширением пропускной способности операторы будут повышать производительность своей сети с помощью интеллектуальных инструментов и интеллектуальных технологий. Это включает в себя внедрение ИИ в сети и управление для удовлетворения потребностей клиентов, получения большей прибыли, снижения эксплуатационных расходов и повышения производительности сети.

5. Повышенные требования к безопасности.

Инциденты безопасности растут и становятся все более серьезными. Эти события привели к значительным коммерческим последствиям, включая падение сетей, экономические потери и т.д. ИИ может быть введен на нескольких уровнях сети для обеспечения надежной защиты и анализа поведения, основанного на машинном обучении, это значительно улучшит способность обнаружения сетевых атак, автоматического анализа данных и выявление взаимосвязей между изолированным поведением.

Преимущества ИИ

ИИ продолжает быстро развиваться. В том числе в отрасли связи, будь то операторы сетей, производители оборудования или поставщики решений и т.д. Следующие несколько подпунктов описывают некоторые преимущества ИИ.

1. Способности к обучению.

Операторам нужны интеллектуальные решения для управления сложными ресурсами и динамическим трафиком. Но до сих пор ни одна модель не может точно описать характеристики сетевого трафика. Благодаря глубокому обучению машинная система может использовать существующие данные обучения для обработки больших объемов данных с помощью интеллектуального анализа данных. ИИ также может автоматически изучать характеристики трафика данных, управления, контроля и других характеристик, а также овладевать опытом эксплуатации, управления и обслуживания сетей [3]. Благодаря этим усилиям можно повысить точность анализа и реализовать интеллектуальное управление и услуги сетей связи.

2. Способности к распознанию.

Из-за динамики сетевой системы информация о состоянии ресурса может изменяться, когда он передается в систему управления сетью. Следовательно, управление сетью может знать только информацию о локальном состоянии без знания внутреннего состояния системы. У машинного обучения есть возможность справиться с такой нечеткой логикой и неопределенностью. Чтобы упростить классификацию или прогнозирование, глубокое обучение создает модель со множеством скрытых слоев и использует иерархическую сетевую структуру. В частности, ИИ не нуждается в точном описании математической модели системы и, следовательно, обладает способностью справляться с неопределенностью.

3. Способность к взаимодействию.

Благодаря расширению сети как по масштабам, так и по размеру, сложность структуры сетей связи быстро увеличивается. Такие понятия как распределение и иерархия, часто обсуждаются в управлении сетью.

Задачи управления и контроля распространяются на всю сеть. В результате нам приходится сталкиваться с такими проблемами как распределение задач, коммуникация и сотрудничество между узлами управления. Если мы введем многоагентную совместную работу распределенного ИИ в управление сетью, мы можем ожидать возможности сотрудничества между сетевыми агентами, распределенными на каждом уровне [4].

Возможность использования ИИ в коммуникациях

С помощью автоматического коммутатора TDM индустрия связи стремилась внедрить интеллектуальные возможности в операциях, управлении и обслуживании сетей. N. Kojc [3] предложил алгоритм нейронной сети для оптимизации маршрутизации в сетях связи. SUI Dan и JIN Xian-hua [5] предложили

метод управления перегрузкой сети, основанный на искусственном интеллекте. Sandra Sendra внедрил ИИ в протокол маршрутизации с использованием SDN. K.M. Sahebu предложил подход ИИ для планирования и управления сетями связи. Несомненно, они достигли очень хороших результатов в своих исследованиях. Но при условии, что сети, оборудование и системы должны рассматриваться как неделимые объекты управления, их исследования в основном были сосредоточены на теоретическом анализе и моделировании, чтобы дать определенный вид решения, и это не могло быть использовано в реальных сетях или службах связи.

Тем не менее SDN, NFV, разделение сетей на плоскости и другие технологии в сочетании с интегрированными системами управления сетью способны напрямую отдавать приказы, которые могут выполняться сетевым оборудованием, а системы DPI (deep packet inspection – глубокий анализ пакетов) могут быть развернуты на сетевом оборудовании, и можно реализовать реальный оперативный мониторинг сетей и сервисов и интеллектуальное управление [6].

1. ИИ в SDN.

Благодаря разделению управления и пересылки SDN предоставляет операторам сетей логическое централизованное управление и гибкие программные интерфейсы, которые значительно расширяют возможности сетевого управления и контроля; больше, чем было возможно ранее.

Типичная структура SDN состоит из трех уровней: уровень инфраструктуры, уровень управления и уровень приложений. Уровень инфраструктуры включает в себя некоторые сетевые элементы, которые могут обеспечивать сетевой трафик, выступая в качестве объекта, управляемого контроллером SDN, а также в качестве источника данных сетевого ресурса. На уровне управления находится контроллер SDN, который является основным компонентом сети SDN, выполняющим важные задачи по контролю сетевого трафика. Прикладной уровень включает в себя различные приложения. Интерфейс D-CPI отвечает за обмен данными между контроллером SDN и элементом сети. Интерфейс A-CPI отвечает за обеспечение приложения верхнего уровня обменом каналами для получения информации о базовых сетевых ресурсах и отправки данных в сеть нижнего уровня. SDN имеет хороший интерфейс с возможностью программирования для внедрения ИИ в сеть связи. Это самое большое преимущество SDN. SDN использует интерфейс прикладного программирования для отправки инструкций по программированию на сетевое устройство.

2. ИИ в NFV.

С помощью технологии виртуализации NFV может разделять функции и приложения сетевого уровня, такие как маршрутизация, абонентское оборудование (CPE), мобильное ядро, мультимедийные IP-подсистемы (IMS), сети доставки контента (CDN), коммутационные элементы, узлы мобильной сети, операции домашней маршрутизации, бизнес-приставки, элементы туннель-

ного шлюза, анализ трафика, обеспечение обслуживания, мониторинг соглашения об уровне обслуживания (SLA), тестирование и диагностика, сигнал сети следующего поколения (NGN), агрегация и сеть; разбить функции, оптимизацию приложений, политику безопасности и т. д. на несколько функциональных блоков и запустить их в программном режиме соответственно. Это означает, что они больше не ограничены аппаратной архитектурой [7].

Типичная эталонная архитектура NFV включает три уровня: полного уровня инфраструктуры, уровень управления ресурсами и уровень оркестровщика бизнес-потоков. NFV помогает операторам независимых поставщиков и телекоммуникационным компаниям выполнять функции виртуальной сети, развертывая гипервизор на уровне инфраструктуры для виртуализации ресурсов инфраструктуры, таких как коммерческие общие вычислительные ресурсы, ресурсы хранения, сетевые ресурсы и другие. Уровень управления ресурсами отвечает за управление инфраструктурой NFV, ее настройку и совместную работу. Уровень оркестровщика бизнес-потоков является ключевой частью сетевой функции NFV для работы в сети; он используется для организации и управления функциями сети NFV. Он также отвечает за управление и мониторинг глобальных ресурсов в центре обработки данных или пуле ресурсов.

Благодаря виртуализации сетевых функций NFV может реализовать динамическую конфигурацию сети по требованию, отделенную от базовой архитектуры. Поскольку ключевые проблемы были решены, ИИ может сыграть свою роль в управлении критически важной сетью.

3. Сетевой мониторинг и контроль.

Чтобы справиться с информацией в реальном времени о сети связи, сеть должна иметь функцию загрузки по инициативе. В настоящее время существует множество систем DPI [8]. С помощью инспекторов система DPI может собирать такую информацию, как текущее состояние сетевого оборудования, использование ресурсов и качество услуг.

С помощью больших данных, полученных из системы DPI, система ИИ может быстро анализировать и обнаруживать, есть ли отклонения в информации. Например, если система AI обнаружит пакет непрерывного трафика, она может усомниться в атаке распределенного отказа в обслуживании (DDoS) в сети и немедленно проанализировать характеристики пакета, а затем организовать задачу совместной работы инспектора, чтобы отбросить все пакеты с характеристиками, чтобы избежать повреждений. Он может записать новую запись в базу данных безопасности в случае появления неизвестных хакерских атак или новых вирусных наводнений.

Структура сети на основе ИИ

На основе приведенного выше анализа в ближайшем будущем можно рассмотреть вопрос о создании интел-

лектиуальной сети связи, называемой будущей интеллектуальной сетью. Одна из возможных архитектур с применением показана на рис. 1 [9].

1. Интеллектуальная плоскость.

Интеллектуальная плоскость (рис. 2) отвечает за обеспечение интеллекта для всей системы и действует как мозг системы. Интеллектуальная плоскость может состоять из базового уровня, уровня ядра, уровня платформы, уровня приложений, терминалов и уровня схемы.

Базовый уровень обеспечивает поддержку данных, расчетов и сети для интеллектуальной плоскости. Данные здесь представляют собой большие данные, включая не только статические данные, такие как данные экспертных знаний, данные сетевой инфраструктуры, данные профиля пользователя и другие, но и динамические исходные данные, собранные сетевыми зондами с бизнес-уровня, такие как данные о состоянии различных видов оборудования, приложений и услуг.

Уровень ядра является поставщиком интеллектуальных алгоритмов в интеллектуальной плоскости, таких как интегрированные алгоритмы, искусственная нейронная сеть, углубленное обучение, рой и т.д.

Уровень платформы предоставляет интеллектуальные плоскости для реализации логики способностей и поведения ИИ, таких как интеллектуальное восприятие, машинный разум, интеллектуальные действия и т.д. Функция интеллектуального восприятия может использовать теории и алгоритмы основного уровня и иметь дело с большими данными базового уровня, поддерживаемыми вычислительными ресурсами, чтобы воспринимать тенденции развития сетей и услуг. Функция машинного разума включает в себя машинное обучение, машинное мышление, машинное понимание и т.д. Машинное обучение состоит из способностей генерируемых такими алгоритмами, как глубокое

обучение, мозговой интеллект и рой. Функция машинного мышления обеспечивает способность отображать и обосновывать знания. Функция машинного понимания обеспечивает способность к пониманию на основе имеющихся знаний и явлений, решение проблемы неоднозначности в рассуждениях и т.д.

Прикладной и терминальный уровни предоставляют возможности модульной реализации функций, необходимых для уровня решений. Функции здесь могут включать в себя портрет пользователя, управление потоком, балансировку нагрузки, восприятие глубины, маршрутизацию, безопасность, энергосбережение и т.д. Эти реализации могут быть в программном или аппаратном обеспечении с использованием способностей восприятия, мышления и действия обеспечивается уровнем платформы.

Уровень решений отвечает за разработку гибких политик и связанных с ними действий, направленных на удовлетворение требований по эксплуатации или управлению сетью, элементом сети, системой управления сетью и т.д.

2. Агентская плоскость.

Плоскость агента состоит из ряда агентов с такими характеристиками, как автономность, социальность, отзывчивость, инициативность, рациональность, способность к обучению и адаптивность, способность к рассуждению и т.д. Агент обычно состоит из модуля пользователя интерфейса, модуля обучения, модуля технологии задачи, интерфейсного модуля операционной системы, исполнительного модуля, базы знаний и центрального модуль управления. Среди них центральный модуль управления является ядром агента и контролирует все остальные модули (эти агенты независимо играют свои роли коммуникаторов). Он отправляет информацию, полученную от сетевых датчиков, в модуль данных интеллектуальной

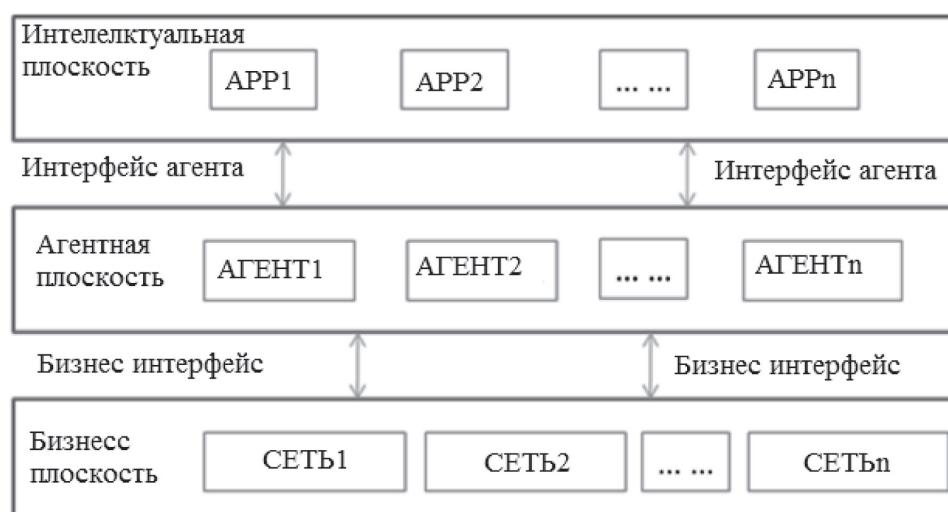


Рис. 1. Системная архитектура с применением ИИ

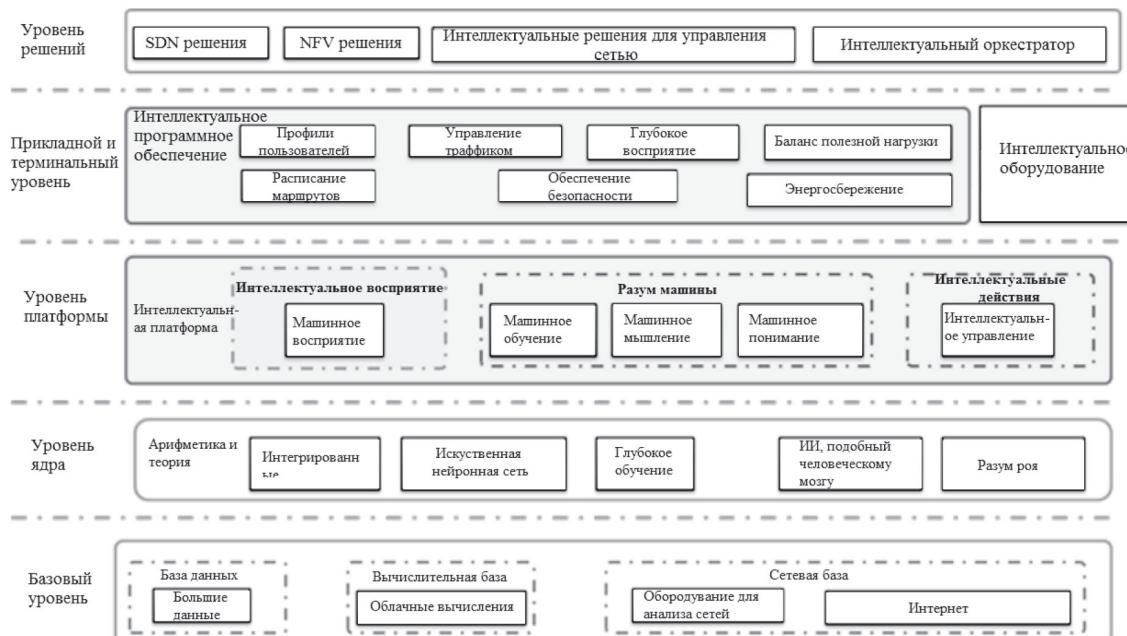


Рис. 2. Интеллектуальная плоскость

плоскости и отправляет инструкции управления из интеллектуальной плоскости в плоскость бизнеса. В то же время эти агенты могут также общаться друг с другом и формировать несколько связей для совместной работы [10].

3. Бизнес-плоскость.

Бизнес-плоскость (рис. 3) в основном включает сети, сервисы, системы, интеллектуально обслуживающие администратора сети и конечного пользователя. Она отвечает за выполнение услуг, организованных на интеллектуальной плоскости, с ее компонентами, такими как сеть связи и система поддержки операций, система поддержки услуг и т.д. Каждый компонент в этой плоскости сопровождается датчиком DPI.

Датчик DPI является датчиком и исполнителем [1]. Во-первых, он воспринимает статус сопровождающего его объекта. Он собирает любую полезную информацию о сопутствующем объекте и отправляет информацию на ИИ-плоскость через агента. Во-вторых, он выполняет инструкции из интеллектуальной плоскости и необходимые действия, мотивированные самим собой.

Компоненты обслуживания включают в себя системы управления, сети связи, системы обслуживания пользователей и инфраструктуры и т.д. Системы управления, обслуживающие менеджера, могут включать в себя OSS, BSS, NMS, EMS и т.д. Сети связи могут включать в себя SDN/NFV, традиционные сети и т.д. Системы обслуживания пользователей включают в себя облачные вычисления, мобильный Интернет, передачу данных, 5G и т. д. Инфраструктура включает в себя центры обработки данных, оборудование и т. д.

Пример работы сети

На рис. 4 показана сеть, развернутая совместно в SDN / NFV. Узлы в этой сети могут быть реальными элементами сети или виртуальными.

Чтобы включить ИИ в эту сеть, мы можем развернуть DPI для каждого компонента в ней. Вся информация, собранная DPI, будет отправлена в модуль больших данных в базовом слое уровня интеллекта. Интеллектуальный модуль восприятия добывает данные, чтобы найти характеристики измененных данных. Затем модуль «Разум машины» воздействует на «рассуждение и понимание», поддерживаемые алгоритмами на уровне ядра и модулем интеллектуального управления политиками на уровне решения, и выдает свое суждение. После этого интеллектуальный модуль управления принимает решение и предоставляет инструкции плоскости управления через плоскость агента. Когда контроллеры в плоскости управления получают отправленные им инструкции, они выполняют их в соответствующих узлах.

Заключение

В этой статье мы осветили сетевую структуру на основе искусственного интеллекта, чтобы дать полное решение для внедрения искусственного интеллекта в сети и услуги связи. Затем это было проиллюстрировано с помощью сети с совместным развертыванием SDN / NFV.

Было доказано, что инфраструктуру с ИИ можно использовать в реальных сетях и службах связи. Мало



Рис. 3. Бизнес-плоскость

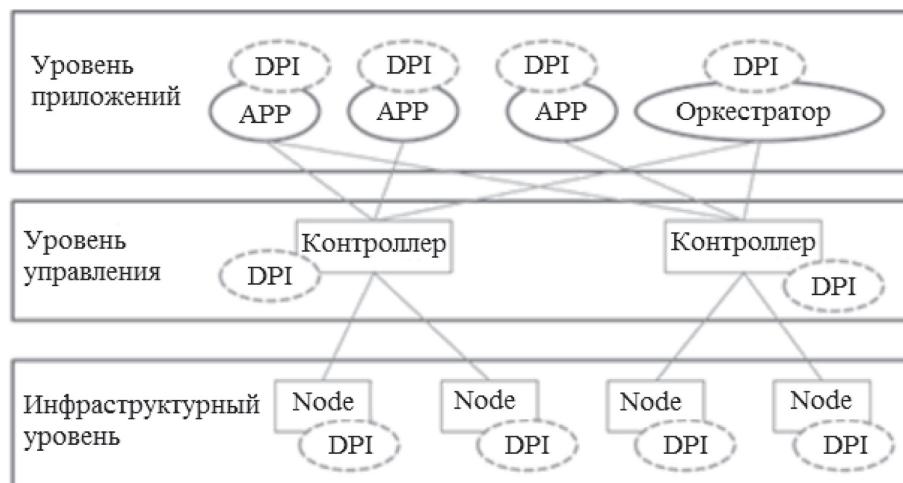


Рис. 4. Совместно развернутая сеть SDN / NFV

того, мы можем зависеть от этой структуры, чтобы установить стандартную систему для сетей и служб связи на основе ИИ путем определения подробных функций узлов, уровней, плоскостей, связанных интерфейсов и т.д. И наконец, следует рассмотреть вопросы, касающиеся конфиденциальности и безопасности.

Литература

1. Hinton, G. E. Reducing the Dimensionality of Data with Neural Networks / G.E. Hinton, R. R. Salakhutdinov // Science. – 2006. – Vol. 313. – P. 504–507.
2. Комашинский, В. И. От телекоммуникационной к когнитивной инфокоммуникационной системе / В.И. Комашинский, Н.С. Мардер, А.И. Парамонов // Технологии и средства связи. – 2011. – № 4. – С. 52–54.
3. Kojic, N. Neural Network for Optimization of Routing in Communication Networks / N. Kojic, I. Reljin, B. Reljin // Facta Universitatis (NIS). Ser: Electronics and Energetics. – 2006. – Vol. 19, No. 2. – P. 317–329.
4. Тарабаев, А. А. Проблема стандартизации интеллектуальных транспортных систем / А.А. Тарабаев // Сборник Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018. Материалы международной научно-практической конференции, 2018. – С. 289–294.
5. SUI, D. Network Cognition Control Method Based on Artificial Intelligence / Dan SUI, JIN Xian-hua // Computer Simulation. – 2011. – Vol. 28, No. 9. – P. 102–105.
6. Тарабаев, А. А. Когнитивный интернет вещей: эволюционное видение / А.А. Тарабаев, О.Н. Агеев, А.Ф. Егорова // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Технологии построения когнитивных транспортных систем». – ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук, 2018. – С. 249–252.
7. Тарабаев, А. А. Когнитивный интернет. История и развитие / А.А. Тарабаев, О.Н. Агеев, А.Ф. Егорова // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Технологии построения когнитивных транспортных систем». – ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук, 2018. – С. 253–258.
8. Al-hisnawi, M. Deep Packet Inspection Using Quotient Filter / M. Al-hisnawi, M. Ahmadi // IEEE Communications Letters. – 2016. – Vol. 20, No. 11. – P. 2217–2220.
9. XU G. A technological architecture of artificial intelligence / Guibao XU // Telecommunication Network Technology. – 2016. – No. 12. – P. 1–6.
10. Chiosi, M. Network Functions Virtualization: An Introduction, Benefits, Enablers, Challenges and Call for Action [Электронный документ]. – Режим доступа: https://portal.etsi.org/NFV/NFV_White_Paper.pdf, свободный. – Загл. с экрана.