



Сетевая концепция метадисциплинарной платформы конструирования множественных реальных и виртуальных миров

© 2022, О.Г. Берестнева¹✉, И.А. Лызин¹, А.А. Тихомиров², М.В. Корняков³, Г. Джафари³, С.В. Дуга³, Э.К. Куулар³, А.И. Труфанов³, Л.А. Петрова⁴

¹Томский политехнический университет, Томск, Россия

²Университет Инха, Инчхон, Республика Корея

³Иркутский национальный исследовательский технический университет Иркутск, Россия

⁴Государственный гуманитарно-технологический университет, Орехово-Зуево, Московская область, Россия

Аннотация

В последние годы становится актуальной проблема освоения дополненной и виртуальной реальностей в широком спектре человеческой деятельности. В работе выполнен анализ необходимости, требований и возможностей метадисциплинарного конструирования в обобщённом пространстве, сопрягающем реальное и виртуальное для нужд образовательной сферы. Сложность совмещения миров, объёмность данных, учёт динамики рассматриваются как проблемы, доступные для расчётного решения и практической реализации на базе сетевой платформы. В рамках предлагаемой концепции предусмотрен вход в сетевое подпространство, содержащее сетевые отпечатки обобщённого реально-виртуального мира, согласование в нём множественных компонентов и возвращение в единый образ смешанного мира, воспринимаемый через разработанное приложение. Сетевая платформа включает как сетевые элементы онтологии, так и представление, хранение и обработку данных с использованием графовых нереляционных баз данных и инструментов анализа и визуализации сетей. Архитектура с сетевым компонентом обработки данных даёт возможность продвинуться в направлении совершенствования платформы – конструктора множественных реальных и виртуальных миров. Особый акцент на сетевую парадигму обусловлен практической ценностью «сетевой» смешанной реальности (особенно в образовательной сфере) и заключается в том, что информация представлена в хорошо структурированной форме. Можно ожидать, что инструменты, способные выполнять такое структурирование не только технологически (что необходимо для распознавания, трекинга и визуализации), но и на пользовательском уровне, явятся удачным способом поддержки образовательного пространства.

Ключевые слова: континуум реальность-виртуальность, виртуальная реальность, дополненная реальность, смешанная реальность, образовательное пространство, сетевая платформа, распознавание, трекинг, визуализация.

Цитирование: Берестнева О.Г., Лызин И.А., Тихомиров А.А., Корняков М.В., Джафари Г., Дуга С.В., Куулар Э.К., Труфанов А.И., Петрова Л.А. Сетевая концепция метадисциплинарной платформы конструирования множественных реальных и виртуальных миров // *Онтология проектирования*. 2022. Т.12, №2(44). С.218-230. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-2-218-230.

Финансирование: Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ и МОНСМ в рамках научных проектов № 19-37-90005 и № 20-57-44002.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение

Специалисты, отвечая на современные вызовы в сфере образования, свидетельствуют о наступлении его новой эры, которая, вовлекая достижения в области информационных технологий, создаёт большие возможности для передачи и получения знаний [1-3]. В последние годы зарубежные [4] и отечественные [5] специалисты активно обсуждают необходимость и важность освоения дополненной (*Augmented reality, AR*) и виртуальной реальности (*Virtual*

reality, VR) в научной и образовательной сферах. Можно ожидать, что для междисциплинарных («надпредметных») задач, в т.ч. и образовательного характера, эффективным явится обобщение, совмещающее множественные реальные и виртуальные миры, технология которого носит название смешанной реальности (*Mixed reality, MR*). Междисциплинарность подразумевает здесь интеграцию и целостность понимания и задач, и методов их решения, и результатов, выходящих за рамки традиционных ограничений, накладываемых отдельными областями знаний [6]. Для широкого внедрения технологии *MR* в образовательный процесс преподавателям необходимы простые и эффективные инструменты конструирования дополненных и виртуальных миров, совмещения их с миром реальным, инструменты, по пользовательским качествам подобные редакторам слайдовых презентаций или систем управления содержанием (*Content Management System, CMS*). Для создания удобных и легко осваиваемых *MR*-конструкторов, объединяющих и настраивающих значительные объёмы данных из разноплановых хранилищ, требуется качественно новая методологическая платформа, позволяющая приблизиться к достижению поставленной цели.

1 Анализ понятий

Глубокая концептуализация дополненной, виртуальной и смешанной реальностей, сопутствующая терминология и таксономия были заложены в классической работе [7]. *MR* называют любую среду, содержащую смесь реальных и виртуальных элементов. *AR* определяют как такую среду *MR*, в которой реальный мир дополнен некоторым набором виртуальных элементов. Если же большая часть элементов *MR* является виртуальной, и присутствует некоторая малая доля элементов реального мира, такую среду трактуют как дополненную виртуальность (*Augmented virtuality, AV*).

Специалисты по-разному трактуют многие термины, рассматривая понятие континуума «реальность-виртуальность» (*reality-virtuality, RV*), в котором размещены и физические, и цифровые сущности, различным образом взаимодействующие между собой и воспринимаемые человеком неразрывно и в пространстве, и во времени. Виртуальный мир в формате мультисенсорных виртуальных сред воздействует на все чувства человека, обеспечивающие восприятие окружающего мира через зрение, слух, вкус, обоняние и осязания. Заявленные в [8] среды, отличаясь от *AR* и *VR*, позволяют одновременно естественным образом стимулировать все пять чувств. Если реальный мир человек фиксирует сам, то *VR* полностью «отсекает» его видение картины мира от реального, обеспечивая нарисованным, спроектированным или преобразованным в цифровом устройстве реальным изображением.

AR, накладывая изображение виртуального мира на мир существующий, оставляет эти миры сугубо разделёнными. Как правило, эксперты, определяя понятия *AR* и *AV*, полагали, что включение инородных объектов не предусматривало взаимодействия отдельных составляющих *RV* миров [9].

Задача *MR* — в максимальной степени «бесшовно» объединить объекты двух миров — реального и виртуального, обеспечивая взаимодействие этих объектов, устанавливая их связи в соответствии с законами природы.

Метавселенная, как концептуальная среда, вмещает в себя подобное объединение как объектов, так и различных миров человеческой деятельности [10], не пренебрегая такими опасными, как информационное противостояние и информационная безопасность [11], что заставляет задуматься о предупреждении несанкционированных вторжений как в реальном, так и в виртуальном пространстве. В целом, современное представление о метавселенной включает платформы *VR*, совместимые с массовыми многопользовательскими онлайн-

инструментами, открытыми мирами и пространствами для совместной работы с дополненной реальностью [12].

Пересматривая идеи [7], авторы [13], расширяя и уточняя определения понятий, указывают, что континуум *RV* прерывист, так что абсолютная *VR* не может быть достигнута. В том числе из-за того, что внешние виртуальные среды не в состоянии воздействовать на интероцептивные чувства, например, вестибулярные. Истинная *VR* реализуется только тогда, когда все чувства — экстероцептивные и интероцептивные — полностью воспроизводимы в цифровом мире. По [13] *MR* — это среда, в которой элементы-объекты и раздражители реального и виртуального миров представлены и воспринимаются наблюдателем совместно и одновременно. При этом важно, что согласованность смешанного мира нацелена на пользователей и учитывает их роль и опыт, что является ключевым для оценки *MR*. Реальный мир, включающий жизненную реальность (*in vivo*) и реальность лабораторную (*in vitro*) находится у одного полюса пространства континуум *RV*. У противоположного полюса — *VR*, приближённая и строгая (в значительной степени отсекающая реальный мир). В образовании это пространство, зарождаясь на границе с наблюдением реальных социально-экономических, технологических и природных явлений, заполнялось ещё в докомпьютерную эпоху разного рода моделями (физическими и математическими), текстами, рисунками, печатными и выполненными вручную преподавателем, в том числе мелом на аудиторной доске.

Несмотря на то, что многие определения *MR* были источником путаницы, современная *MR* направлена на приемлемую степень когерентности в объединении физического (реального) и цифрового (виртуального) миров [14], поддерживаемом процессами взаимодействия человека с вычислительными устройствами и окружающей средой (см. рисунок 1).



Рисунок 1 - Спектр смешанной реальности

MR может быть задействована, начиная с этапа приёмной кампании, проводимой ВУЗами. В условиях повсеместного применения *MR* абитуриенту будут полезны даже части этих средств в *AR/VR*, которые дадут более отчётливое представление о направлениях подготовки и перспективе на рынке труда [15]. Студенты могут быть сориентированы интерактивными моделями как при выборе мест практики, так и для адаптации в послевузовской профессиональной деятельности. Важно, что «бесшовным» ожидается дальнейшее включение выпускника в трудовую деятельность. Здесь просматривается психологическая поддержка непрерывности траектории от школьной скамьи во взрослую жизнь [16]. Многое зависит от технологической составляющей при освоении *MR* в образовательном пространстве, в т.ч. от простоты освоения, эффективности и доступности инструментария. *MR*-конструктор — инструмент, который предоставляет средства пользователям для подготовки продуктов *AR*, *VR* и *MR* без специального программирования. Из-за сложности *VR*-технологий это могут делать только профессиональные разработчики. В [17] отмечается, что подобные технологии — не

для масштабного проникновения, поскольку непрофессиональному пользователю продукта недоступно управление контентом без помощи разработчика, а разработки затратны по времени и стоимости.

Требования образовательной сферы в лице преподавателей и системных интеграторов ВУЗовской информационной среды обусловлены необходимостью своевременной практической реализации качественного контента, сокращения сроков освоения продуктов *MR/AR/VR* и снижения расходов на освоение и владение ими. Конечным пользователям нужен *MR*-конструктор для подготовки продуктов-приложений, который не требует использования труда высокооплачиваемых программистов, развёртывания крупномасштабных проектных работ, а позволяет быстро и эффективно собрать прототип пилотного решения и убедиться в его работоспособности. При успешном испытании прототипа можно доводить его функционал до необходимого, развивая по мере необходимости.

Сделать современные средства разработки *MR/AR/VR* доступными для практического использования специалистам образовательной сферы – актуальная задача. Для обобщения *MR/AR/VR*-технологий используется понятие расширенной реальности (*extended reality, XR*) [18]. Авторы [19] критикуют экспертов в непоследовательности использования многих вышедших терминов. Например, отмечая множественную концептуальную путаницу и расплывчатое разграничение, они предлагают применять нотацию *xR*, но не для расширенной реальности, а подразумевая под *x* неизвестную переменную (*xReality*), что остаётся на сегодняшний день спорным.

В бизнес-сфере целевая аудитория подразделяется на две категории: разработчиков и заказчиков (владельцев) [20]. В образовательной сфере целесообразно, чтобы информацией в рамках данной технологии оперировал её владелец, а не разработчик *XR* продукта. Оптимальный вариант использования продукта наблюдается в случае, когда владелец и разработчик заключены в одном лице. Большинство инструментальных наборов, позволяющих разрабатывать приложения для *MR*, например, *Mixed Reality Toolkit* для *Unreal (MRTK-Unreal)* [21] предполагает знание профессиональных понятий, специальных платформ и новейших периферийных устройств.

SDK (Software Developer Kit) — набор из программ и приложений, которые могут создавать дополнительное программное обеспечение *XR*, популярные инструменты в сообществе зарубежных разработчиков *AR*: *Vuforia*, *Wikitude*, а также *ARKit*, *ARCore*, *ARToolKit* [22]. Среди предлагаемых зарубежных конструкторов *AR* и *VR* можно выделить *AVR Platform* [23]. Отечественные решения, отвечающие высокому уровню развития технологий *XR*, это: *iVariant Varwin*, *EV Toolbox* и *UniVRsity* [24].

Эксперты отмечают причины, подчеркивающие важность и необходимость разработки эффективных и практичных *XR*-конструкторов для образовательной сферы [25]:

- недостаточность основных инструментов континуума *RV*, доступных на рынке, полезных при подготовке привлекательного образовательного контента, которые можно использовать лишь как некоторое дополнение;
- сложность освоения преподавателями, что приводит к невозможности самостоятельного создания иммерсивных приложений;
- необходимость адаптации содержания к целевой аудитории.

2 Обзор методов

Сектор образования проявляет значительный интерес к теме метавселенной, которая интенсивно развивается с использованием технологий *XR* [26]. Объединение объектов физиче-

ского и цифрового миров предполагает анализ их взаимодействия и конструирование связей, тем самым закладывая сетевую основу построения решения.

Проблема развития платформы при создании *MR*-конструктора для самостоятельной разработки приложений состоит во внутренней сложности и объёмности продукта. Основные технологические задачи построения *AR* и *VR* сводятся к процессам распознавания, трекинга и визуализации.

В настоящей работе для объединения миров выбрана «безмаркерная» технология трекинга. При этом в основу и распознавания, и трекинга, и визуализации положено использование онтологии пространственно-временных рядов с помощью комплексных сетей. Предложены высокоэффективные подходы, методы и инструменты науки о сетях для анализа разноплановых объёмных данных, которые являются высокоэффективными средствами явного описания концептуализации знаний [27]. Так, для сетевой платформы характерно раскодирование скрывающихся в данных сведений, извлечь которые иным путём оказывается недоступно или трудоёмко. Сетевой же анализ с его моделями и алгоритмами продемонстрировал свой высокий потенциал на практике в различных областях знаний – медицине [28], безопасности [29], материаловедении [30].

Работы по конвертированию различного рода данных в сетевые структуры представлены в [31-34], в т.ч. авторские [35, 36]. В работе [37] модель комплексной сети применяется для распознавания движения человека по данным о положении суставов его тела в 3D пространстве. При этом концепция метапути в такой сетевой модели даёт возможность устранить многие неопределённости в описании структуры движений, повышая эффективность решения задач распознавания.

Таким образом, в построении *XR*-конструктора заложена сетевая парадигма анализа и согласования данных, обеспечивающая в значительной мере бесшовное согласование данных реальных и виртуальных миров.

3 Концепция архитектуры XR-конструктора

Предлагается концепция архитектуры конструктора разработки *XR*-приложений, программным образом визуально совмещающих множество изначально независимых пространств: миров наблюдаемых или наблюдавшихся реальных объектов и процессов и миров виртуальных (синтетических) (рисунок 2). Важно, что загруженные в сетевое пространство данные о процессах и объектах становятся удобными и эффективными для сравнения и анализа. Все процессы обработки сводятся к высокопроизводительным операциям на ограниченном наборе сетевых отпечатков с этих данных (сетевых метрик). Современные нереляционные базы данных (как хранилища образов) дают возможность организовать продуктивную работу с графовыми ресурсами. После выполнения ключевых процедур (затратных в традиционных схемах) производится объединительная визуализация с возвращением в пространство обычное.

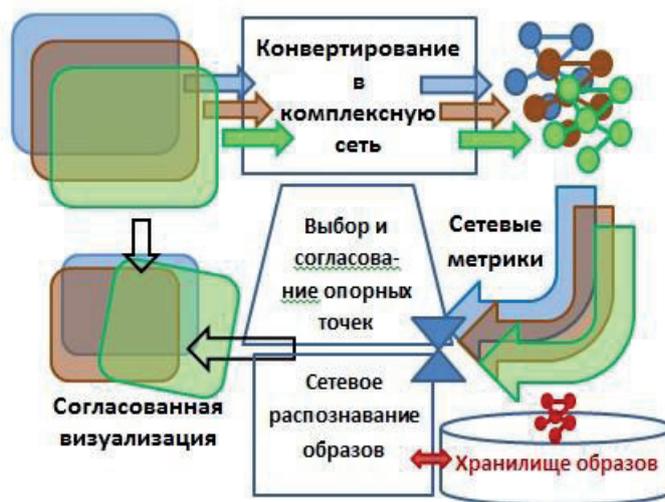


Рисунок 2 – Концепция архитектуры платформы

Выбор новых форматов взаимодействия между участниками образовательного процесса требует дополнительных эффективных инструментов реализации этого взаимодействия [38].

В трудах лидирующей в России Самарской школы онтологии проектирования неоднократно отмечалась значимость предварительных процедур инжиниринга с необходимой формализацией предметной области (ПрО) и проектных процессов и последующим построением адекватных моделей (см., например [39]). Характерно, что такой подход позволяет не только предвидеть образ проектируемой системы, функционирующей в складывающихся условиях, но и изначально наметить и далее отслеживать множественные связи акторов в системе и окружающей среде [40].

Наблюдая всё более тесное взаимодействие между цифровым миром, людьми и предприятиями, эксперты отмечают, что элементы континуума *RV*, совместно развиваясь, образуют единую экосистему [41]. Использование методов науки о сетях даёт возможность оценить не только структурные, но и динамические характеристики сложных цифровых экосистем.

Исследователями (см., например [42]) ставится вопрос о новом определении понятия метавселенной в контексте интеграции её составляющих: технологической части, различных ПрО и социальной деятельности. Внимание к сетевым подходам, как в отдельным компонентам, так и в целом для метавселенной, будет постоянно нарастать.

Предлагаемая архитектура с сетевым компонентом обработки данных (сетевизацией) даёт возможность продвинуться в направлении совершенствования платформы – конструктора множественных реальных и виртуальных миров. Особый акцент на сетевую парадигму обусловлен так же тем, что практическая ценность сетевой *XR* (и особенно в образовательной сфере) заключается в том, что информация представлена в хорошо структурированной форме. Можно ожидать, что конструктор, способный такое структурирование выполнять не только технологически (что необходимо для распознавания, трекинга и визуализации), но и на пользовательском уровне, станет инструментом поддержки образовательного пространства. При извлечении сложных взаимодействий в процессе познания и согласования элементов *RV*-среды полезными представляются новые подходы восстановления топологии комплексных сетей различного масштаба [43].

Метадисциплинарный мир континуума *RV* может быть представлен разнородными и многомерными сетями, охватывающими множественные типы сущностей и отношений. Сети могут включать субъектов, объекты жилых, учебных, производственных помещений, здания и сооружения, объекты инфраструктуры, ландшафта, иные природные объекты, связанные такими отношениями как расположение в пространстве, траектории движения и др. Здесь оказывается необходимым метод эффективного и гибкого сбора, хранения и извлечения информации о расположении и динамике развития из комплексных сетей с использованием графовой базы данных. Эффективным решением представляется структурирование базы данных, основанное на онтологии, которая фиксирует допустимые типы сущностей и отношений. Подобные сети создают связующую информацию между элементами миров и играют центральную роль в концепции бесшовного их сопряжения.

Подход, основанный на онтологии, позволяет ставить общие и конкретные вопросы о сетях в рамках одной и той же структуры [44]. Этот подход можно применять к разного рода сообществам или многомерным сетям для сбора, анализа, прогноза и визуализации различных типов взаимодействий и отслеживания их динамики.

Разработка *XR*-конструктора предполагает совместную работу специалистов в различных ПрО. Наука о сетях, являясь междисциплинарным языком, способствует такому сложному процессу как совместная разработка онтологий [45]. Метадисциплинарная платформа даёт возможность участникам разработки согласовать свои требования и приоритеты при создании концептуальной модели, отражающей как отдельные, так и общие интересы.

Выводы

В работе предпринята попытка устранения путаницы в понятиях и таксономии среды *RV*, необходимая для выработки метадисциплинарной платформы, сопрягающей реальное и виртуальное пространства для нужд образовательной сферы,

Обоснована сетевая парадигма развития *XR*, объединяющая объекты мира физического с объектами цифрового мира в значительной степени беспрепятственно (бесшовно) через анализ их взаимодействия и конструирование связей.

Предложена концепция сетевой платформы *XR*-конструктора, включающая как общую онтологию, так и архитектуру с его сетевыми механизмами распознавания, трекинга и визуализации.

Список источников

- [1] *Деброк Л.* Новая эра очного образования: масштабируемая система интерактивного взаимодействия. Вопросы образования / Educational Studies Moscow. 2018. № 4. С.44-59. DOI: 10.17323/1814-9545-2018-4-44-59 <https://vo.hse.ru/data/2018/12/12/1144863279/03%20DeBrock.pdf>.
- [2] *Родионова М.Ю.* Новая эра в образовании: дистанционное и бесконтактное или отдаленное и отстраненное? // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2021. №2(155). С.76-80.
- [3] *Allen J., White S.* (Eds.). Learning to Teach in a New Era. Cambridge: Cambridge University Press. 2017. DOI:10.1017/9781316822647.
- [4] *Turhan B., Gümüş Z.H.* A Brave New World: Virtual Reality and Augmented Reality in Systems Biology. Front. Bioinform. 2022. 2:873478. DOI: 10.3389/fbinf.2022.873478.
- [5] *Савельева К.В.* Дополненная реальность: культурный и образовательный феномен // Контекст и рефлексия: философия о мире и человеке. 2018. Том 7. № 1А. С.227-233.
- [6] *Dalai G., Martini B., Perondi L., Tombolato M.* Beyond the discipline: A metadisciplinary approach for the didactics of communication design. Inmaterial. Diseño, Arte y Sociedad. 3, 6 (dic. 2018), 021–051. DOI:10.46516/inmaterial.v3.50.
- [7] *Milgram P., Kishino F.* A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE Trans. Inform. Syst. 1994. 77, 1321–1329.
- [8] *Chalmers A., Howard D., Moir C.* ACM Press the 2009 Spring Conference - Budmerice, Slovakia (2009.04.23-2009.04.25). Proceedings of the 2009 Spring Conference on Computer Graphics - SCCG '09 - Real virtuality. 9–16. DOI:10.1145/1980462.1980466.
- [9] *Schnabel M.A.* Framing Mixed Realities. In: Wang, X., Schnabel, M.A. (eds) Mixed Reality In Architecture, Design And Construction. Springer, Dordrecht. (2009). 3-11. DOI:10.1007/978-1-4020-9088-2_2
- [10] *Moro Visconti R.* From physical reality to the Metaverse: a Multilayer Network Valuation. Journal of Metaverse , (2022). 2 (1) , 16-22 . <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2247581>.
- [11] *Di Pietro R., Raponi S., Caprolu M., Cresci S.* New Dimensions of Information Warfare. Advances in Information Security. (2021). 262 p. DOI:10.1007/978-3-030-60618-3 10.1007/978-3-030-60618-3.
- [12] *Mystakidis S.* Metaverse. Encyclopedia 2022, 2, 486–497. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>.
- [13] *Skarbez R., Smith M., Whitton M.C.* Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum. Front. Virtual Real. 2021; 2:647997. DOI: 10.3389/frvir.2021.647997.
- [14] *Collins J., Regenbrecht H., & Langlotz T.* Visual Coherence in Mixed Reality: A Systematic Enquiry. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 2017. 26(1), 16–41. DOI:10.1162/pres_a_00284.
- [15] *Набокова Л.С., Загидуллина Ф.Р.* Перспективы внедрения технологий дополненной и виртуальной реальности в сферу образовательного процесса высшей школы // Профессиональное образование в современном мире. Т. 9, № 2. 2019. С.2710–2719.
- [16] *Jumani A.K., Siddique W.A., Laghari A.A., Abro A., Ayub Khan A.* Virtual Reality and Augmented Reality for Education. In: Tiwari,R., Duhan,N., Mittal,M., Anand,A., Attique Khan, M.(eds) Multimedia Computing Systems and Virtual Reality . Chapter 9. Taylor & Francis. 2022. 189-210. DOI:10.1201/9781003196686-9.
- [17] *Сабитов О.* Стартап Varwin запустил бесплатный конструктор VR-приложений для бизнеса. 10 июня 2019. Хайтек. <https://hightech.fm/2019/06/10/varwin>.
- [18] *Taylor S., Soneji S.* Bioinformatics and the Metaverse: Are We Ready?. Front. Bioinform. 2022. 2:863676. DOI:10.3389/fbinf.2022.863676.

- [19] **Rauschnabel P.A., Felix R., Hinsch C., Shahab H., Alt F.** What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual Reality, *Computers in Human Behavior*, Volume 133, 2022, 107289, ISSN 0747-5632, DOI:10.1016/j.chb.2022.107289.
- [20] **Ярославский Е.** Конструктор дополненной реальности ARTAR. 2021. <https://vc.ru/tribuna/221559-konstruktor-dopolnennoy-realnosti-artar>.
- [21] Знакомство с MRTK для Unreal. 2022. <https://docs.microsoft.com/ru-ru/windows/mixed-reality/develop/unreal/unreal-mrtk-introduction>.
- [22] 5 Top Tools for VR and AR Development. Enterprise Engineering Solutions. <https://www.eescorporation.com/tools-for-vr-and-ar-development/>.
- [23] The AVR Platform Simplifies AR and VR Content Creation for Academic Institutions and Enterprises. <https://eonreality.com/the-avr-platform-simplifies-augmented-and-virtual-reality-content-creation-for-academic-institutions-and-enterprises/>.
- [24] Виртуальная и дополненная реальность принесут российской экономике 340 млрд рублей. https://www.cnews.ru/articles/2019-12-15_virtualnaya_i_dopolnennaya_realnost.
- [25] Augmented and Virtual Reality in Education. The App Solutions. <https://theappsolutions.com/blog/development/ar-vr-in-education/>.
- [26] **Damar M.** Metaverse Shape of Your Life for Future: A bibliometric snapshot. *Journal of Metaverse*, (2021). 1(1), 1-8. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2112/2112.12068.pdf>.
- [27] **Mata A.S.D.** Complex Networks: a Mini-review. *Braz J Phys* 50, 658–672 (2020). <https://doi.org/10.1007/s13538-020-00772-9>.
- [28] **Berestneva O., Lyzin I., Yumasheva A., Marukhina O., Trufanov A.** The use of computer visualization in the analysis of breathing curves. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. January 2021. 1019. 012007. DOI:10.1088/1757-899X/1019/1/012007.
- [29] **Дуга С.В., Себякин А.Г., Труфанов А.И., Носырева Л.Л.** Концепция системы поддержки принятия решения в предварительном следствии. Безопасность информационных технологий. Том 26, № 3 (2019). С.45-57. DOI:10.26583/bit.2019.3.04. <https://bit.mephi.ru/index.php/bit/article/view/1216/1153>.
- [30] **Semenov M., Lelushkina K.** Study of the Materials Microstructure using Topological Properties of Complex Networks 2016 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 135 012040. DOI:10.1088/1757-899X/135/1/012040.
- [31] **Silva V.F., Silva M.E., Ribeiro P., Silva F.** Time series analysis via network science: Concepts and algorithms. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, 2021. 11(3). DOI:10.1002/widm.1404.
- [32] **Mourchid Y., El Hassouni M., Cherifi H.** A general framework for complex network-based image segmentation. *Multimedia Tools and Applications*, 2019. 78(14), 20191–20216. DOI:10.1007/s11042-019-7304-2.
- [33] **De Lima G.V.L., Castilho T.R., Bugatti P.H., Saito P.T.M., Lopes F.M.** A Complex Network-Based Approach to the Analysis and Classification of Images. *Lecture Notes in Computer Science*, (2015). 322–330. DOI:10.1007/978-3-319-25751-8_39.
- [34] **Berceanu, C.; Pătrașcu, M.** Engineering Emergence: A Survey on Control in the World of Complex Networks. *Automation* 2022, 3, 176-196. DOI:10.3390/automation3010009.
- [35] **Berestneva O., Marukhina O., Rossodivita A., Tikhomirov A., Trufanov A.** Networkalization of Network–Unlike Entities: How to Preserve Encoded Information // *Creativity in Intelligent Technologies and Data Science*. 2019. 143–151.
- [36] **Trufanov A., Kinash N., Tikhomirov A., Berestneva O., Rossodivita A.** Image Converting into Complex Networks: Scale- Level Segmentation Approach // *Proc. IV Int.Conf. "Information technologies in Science, Management, Social sphere and Medicine"(ITSMSSM 2017) / Series: Advances in Computer Science Research (ACSR)*. Atlantis Press. Volume 72 .2017. P. 417-422.
- [37] **Barkoky A., Charkari N.M.** Complex Network-based features extraction in RGB-D human action recognition. *Journal of Visual Communication and Image Representation*. Volume 82, January 2022, 103371.
- [38] **Winkler R., Hobert S., Salovaara A., Söllner M., Leimeister J.M.** Sara, the Lecturer: Improving Learning in Online Education with a Scaffolding-Based Conversational Agent. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. DOI:10.1145/3313831.3376781
- [39] **Боргест Н.М., Власов С.А., Громов Ал.А., Громов Ан.А., Коровин М.Д. Шустова Д.В.** Робот-проектант: на пути к реальности // *Онтология проектирования*. 2015. Т.5, № 4(18). С.429-449.
- [40] **Боргест Н.М.** Распознавание образов при создании артефактов как метафора и как прикладные технологии онтологии проектирования // *Онтология проектирования*. 2015. Т.5, №1(15). С.19-29.
- [41] **Baggio R.** Digital Ecosystems, Complexity, and Tourism Networks. In: Xiang Z., Fuchs M., Gretzel U., Höpken W. (eds) *Handbook of e-Tourism*. Springer, Cham. 2020. DOI:10.1007/978-3-030-05324-6_91-1.
- [42] **Park S.M., Kim Y.G.A.** “Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges”, *IEEE ACCESS*, 2022. Vol.10, p.4209–4251.

- [43] *Wang S., Herzog E.D., Kiss I.Z., Schwartz W.J., Bloch G., Sebek M., Granados-Fuentes D., Wang L., Li J.-S.* Inferring dynamic topology for decoding spatiotemporal structures in complex heterogeneous networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2018. 201721286. DOI:10.1073/pnas.1721286115.
- [44] *Ambrosiano J., Sims B., Bartlow A.W., Rosenberger W., Ressler M., Fair J.M.* Ontology-Based Graphs of Research Communities: A Tool for Understanding Threat Reduction Networks. *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, 2020. 5. DOI:10.3389/frma.2020.00003.
- [45] *Simperl E., Luczak-Rösch M.* Collaborative ontology engineering: a survey. *The Knowledge Engineering Review*, (2013). 29(01), 101–131. DOI:10.1017/s0269888913000192.

Сведения об авторах



Берестнева Ольга Григорьевна, 1955 г.р. Окончила Томский политехнический институт (ТПУ) по специальности "Прикладная математика" (1976), д.т.н. (2008). Профессор отделения информационных технологий Инженерной школы информационных технологий и робототехники (ИШИТР) ТПУ. С 2009 г. является экспертом РФФИ по направлению 07 (Информационные технологии и вычислительные системы). В списке научных трудов более 200 работ в области исследования и разработки информационных технологий в сфере образования и здравоохранения. Author ID (РИНЦ): 112998; Author ID (Scopus): 10043013900; Researcher ID (WoS): R-7316-2016. ogb6@yandex.ru ✉.

Лызин Иван Александрович, 1993 г. рождения. Окончил ТПУ (2018). Аспирант отделения информационных технологий ИШИТР ТПУ. Является соавтором более 30 работ. Author ID (Scopus): 57218651308; ORCID: 0000-0003-2827-441X. Lyzin@tpu.ru ✉.



Тихомиров Алексей Анатольевич, 1951 г.р. Окончил Московский государственный университет им. Ломоносова (1973), д.э.н. (1981). Профессор Центра сотрудничества со странами СНГ университета Инха, Республика Корея. Вице-президент Международной академии информатизации. В списке научных трудов около 100 работ в области экономики и науки о сетях. ORCID: 0000-0002-7317-5851. alexeytikhomirovprof@gmail.com



Корняков Михаил Викторович, 1974 г.р. Окончил Иркутский государственный технический университет (1997), д.т.н. (2008). Ректор Иркутского национального исследовательского технического университета (ИРНИТУ). Является соавтором около 100 работ в области горных технологий, экономики и образования. Author ID (РИНЦ): 351500. kornikov@istu.edu.



Джафари Голамреза, 1970 г.р. Окончил Технологический университет им. Шарифа (Тегеран, Иран) в 2001 г., доктор философии (2006). Профессор Института информационных технологий и анализа данных ИРНИТУ. В списке научных трудов более 120 публикаций в области физики сложных систем и ее приложений в социальных и когнитивных науках. ORCID: 0000-0003-4308-207X; Author ID (WoS): D-8181-2011; Author ID (Scopus): 8558289900. gjafari@gmail.com.



Дуга Сергей Владимирович, 1985 г.р. Окончил Иркутский государственный университет (2008). Аспирант Института информационных технологий и анализа данных ИРНИТУ. Старший эксперт отдела компьютерно-технических исследований Судебно-экспертного центра Следственного комитета Российской Федерации. В списке научных трудов 6 работ. ORCID:0000-0002-5894-9855. siber@list.ru.



Куулар Эдита Канкиевна, 1991 г.р. Окончила ИРНИТУ (2015), инженер по специальности Информационные системы и технологии. Ассистент Института информационных технологий и анализа данных ИРНИТУ. В списке научных трудов 9 работ по сетевому анализу аудио данных. Author ID (РИНЦ): 362877 kuular1991@mail.ru.



Труфанов Андрей Иванович, 1950 г. рождения. Окончил Ленинградский политехнический институт им. Калинина (1973), к.ф.-м.н. (1980). Доцент Института информационных технологий и анализа данных ИРНИТУ. Член Международной академии информатизации. В списке научных трудов более 200 работ в области радиационной физики, информационной безопасности и науки о сетях. ORCID: 0000-0002-6967-3495; Author ID (РИНЦ): 635311; Author ID (Scopus): 7003762385. troufan@istu.edu.

Петрова Людмила Андреевна. 1950 г.р. Окончила Томский государственный педагогический институт в 1972 г., к.п.н. (1995г.). Доцент кафедры педагогики Государственного гуманитарно-технологического университета. Член Международной педагогической академии. В списке научных трудов около 100 работ в области образования. ORCID: 0000-0002-3514-654X; Researcher ID: ABH-4360-2020. plandr50@mail.ru.



Поступила в редакцию 03.05.2022, после рецензирования 10.06.2022. Принята к публикации 27.06.2022.



Scientific article

DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-2-218-230

Network concept of a metadisciplinary platform for constructing multiple real and virtual worlds

© 2022, O.G. Berestneva¹✉, I.A. Lyzin¹, A.A. Tikhomirov², M.V. Korniaikov³, G. Jafari³, S.V. Duga³, E.K. Kuular³, A.I. Trufanov³, L.A. Petrova⁴

¹Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

²Inha University, The Republic of Korea

³Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

⁴State Humanitarian and Technological University

Abstract

In recent years, the problem concerning mastering augmented and virtual reality has arisen in a wide range of areas of modern life. The paper analyzes the need, requirements and possibilities of metadisciplinary (i.e. non-disciplinary) construction in a generalized space that combines reality and virtuality in educational sphere. At the same time, complexity of combining the worlds, volume of data, and consideration of dynamics are contemplated as problems available for computational solution and practical implementation on the basis of a network platform. Within the framework of the proposed concept, an entrance to the network sub-space containing network imprints of a generalized real-virtual world, coordination of multiple components in it and return back to a previous image, perceived through the developed application of the mixed world is provided. The network platform includes both the network elements of ontology (general description) and representation, storage and processing of data using graph non-relational databases and tools for analyzing and visualizing networks. An architecture with a network component of data processing (networkalization) makes it possible to move forward in the direction of improving the design platform of multiple real and virtual worlds. Special emphasis on the network paradigm is due to the practical value of the “networked” mixed reality (and especially in the educational field) which lies in the fact that information is presented in a well-structured form. It can be expected that tools capable of performing such structuring not only technologically (which is necessary for recognition, tracking and visualization), but also at user level, will be a good way to support educational space.

Key words: *RV continuum, MR/AR /VR, editor, educational space, network platform, recognition, tracking, visualization.*

Citation: Berestneva OG, Lyzin IA, Tikhomirov AA, Korniaikov MV, Jafari G, Duga SV, Kuular EK, Trufanov AI, Petrova LA. Network concept of a metadisciplinary platform for constructing multiple real and virtual worlds [In Russian]. *Ontology of designing.* 2022; 12(2): 218-230. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-2-218-230.

Financial Support: The reported study was partially funded by RFBR and MECSS, project numbers 19-37-90005 and 20-57-44002.

Conflict of interest: The author declares no conflict of interest.

List of figures

Figure 1 – Mixed Reality Spectrum

Figure 2 – Platform Architecture Concept

References

- [1] **DeBrock L.** The New Face-to-Face Education: Scalable Live Engagement [In Russian]. Educational Studies Moscow. 2018. 4: 44-59. DOI: 10.17323/1814-9545-2018-4-44-59. <https://vo.hse.ru/data/2018/12/12/1144863279/03%20DeBrock.pdf>
- [2] **Rodionova MYu.** A new era in education: remote and non-contact or remote and aloof? Proceedings of the Volgograd State Pedagogical University. 2021; 2(155): 76-80.
- [3] **Allen J, White S. (Eds.).** Learning to Teach in a New Era. Cambridge: Cambridge University Press. 2017. DOI:10.1017/9781316822647.
- [4] **Turhan B, Gümüş ZH.** A Brave New World: Virtual Reality and Augmented Reality in Systems Biology. *Front. Bioinform.* 2022; 2:873478. DOI: 10.3389/fbinf.2022.873478.
- [5] **Savelyeva KV.** Augmented reality: a cultural and educational phenomenon [In Russian]. Context and reflection: philosophy about the world and man. 2018; 7(1A): 227-233.
- [6] **Dalai G, Martini B, Perondi L, Tombolato M.** Beyond the discipline : A metadisciplinary approach for the didactics of communication design. INMATERIAL. Diseño, Arte y Sociedad. 3, 6 (dic. 2018), 021–051. DOI:<https://doi.org/10.46516/inmaterial.v3.50>.
- [7] **Milgram P, Kishino F.** A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Trans. Inform.* 1994;77: 1321–1329.
- [8] **Chalmers A, Howard D, Moir C.** ACM Press the 2009 Spring Conference - Budmerice, Slovakia (2009.04.23-2009.04.25). Proceedings of the 2009 Spring Conference on Computer Graphics - SCCG '09 - Real virtuality. 9–16. DOI:10.1145/1980462.1980466.
- [9] **Schnabel MA.** Framing Mixed Realities. In: Wang, X., Schnabel, M.A. (eds) *Mixed Reality In Architecture, Design And Construction*. Springer, Dordrecht. (2009). 3-11. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9088-2>.
- [10] **Moro Visconti R.** From physical reality to the Metaverse: a Multilayer Network Valuation. *Journal of Metaverse*, 2022. 2 (1), 16-22 . <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2247581> .
- [11] **Di Pietro R, Raponi S, Caprolu M, Cresci S.** New Dimensions of Information Warfare. *Advances in Information Security*. (2021). 262 p. DOI:10.1007/978-3-030-60618-3 10.1007/978-3-030-60618-3.
- [12] **Mystakidis S.** Metaverse. *Encyclopedia* 2022, 2, 486–497. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>.
- [13] **Skarbez R, Smith M, Whitton MC.** Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum. *Front. Virtual Real.* (2021) 2:647997. DOI: 10.3389/frvir.2021.647997.
- [14] **Collins J, Regenbrecht H, Langlotz T.** Visual Coherence in Mixed Reality: A Systematic Enquiry. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 2017; 26(1): 16–41. DOI:10.1162/pres_a_00284.
- [15] **Nabokova LS, Zagidullina FR.** Prospects for the introduction of augmented and virtual reality technologies in the sphere of the educational process of higher education [In Russian]. *Vocational education in the modern world*. 2019; 9(2): 2710–2719.
- [16] **Jumani AK, Siddique WA, Laghari AA, Abro A, Ayub Khan A.** Virtual Reality and Augmented Reality for Education. In: Tiwari,R., Duhan,N., Mittal,M., Anand,A., Attique Khan, M.(eds) *Multimedia Computing Systems and Virtual Reality* . Chapter 9. Taylor & Francis . 2022: 189-210 . DOI: 10.1201/9781003196686-9.
- [17] **Sabitov O.** Startup Varwin has launched a free VR application constructor for business [In Russian]. June 10, 2019. Hi-tech <https://hightech.fm/2019/06/10/varwin>.
- [18] **Taylor S, Soneji S.** Bioinformatics and the Metaverse: Are We Ready?. *Front. Bioinform.* (2022) 2:863676. DOI:10.3389/fbinf.2022.863676.
- [19] **Rauschnabel PA, Felix R, Hinsch C, Shahab H, Alt F.** What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual Reality. *Computers in Human Behavior*, 2022; 133, 107289, ISSN 0747-5632, DOI:10.1016/j.chb.2022.107289.
- [20] **Yaroslavsky E.** Augmented Reality Constructor ARTAR. 2021. [In Russian]. <https://vc.ru/tribuna/221559-konstruktor-dopolnennoy-realnosti-artar>.
- [21] Introduction to MRTK for Unreal. 2022 [In Russian]. <https://docs.microsoft.com/ru-ru/windows/mixed-reality/develop/unreal/unreal-mrtk-introduction>.
- [22] 5 Top Tools for VR And AR Development. Enterprise Engineering Solutions. <https://www.eescorporation.com/tools-for-vr-and-ar-development/>.
- [23] The AVR Platform Simplifies AR And VR Content Creation For Academic Institutions And Enterprises. <https://eonreality.com/the-avr-platform-simplifies-augmented-and-virtual-reality-content-creation-for-academic-institutions-and-enterprises/>.

- [24] Virtual and augmented reality will bring the Russian economy 340 billion rubles [In Russian]. https://www.cnews.ru/articles/2019-12-15_virtualnaya_i_dopolnennaya_realnost.
- [25] Augmented and Virtual Reality in Education. The App Solutions. [Online]. Available at: <https://theappsolutions.com/blog/development/ar-vr-in-education/>
- [26] **Damar M.** Metaverse Shape of Your Life for Future: A bibliometric snapshot. *Journal of Metaverse*, (2021). 1(1), 1-8 <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2112/2112.12068.pdf>.
- [27] **Mata ASd.** Complex Networks: A Mini-review. *Braz J Phys* 50, 658–672 (2020). DOI:10.1007/s13538-020-00772-9.
- [28] **Berestneva O, Lyzin I, Yumasheva A, Marukhina O, Trufanov A.** The use of computer visualization in the analysis of breathing curves. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. January 2021. 1019. 012007. DOI:10.1088/1757-899X/1019/1/012007.
- [29] **Duga SV, Sebyakin AG, Trufanov AI, Nosyreva LL.** The concept of a decision support system in the preliminary investigation. *Information technology security* [In Russian]. 2019; 26(3): 45-57. DOI: <http://dx.doi.org/10.26583/bit.2019.3.04>.
- [30] **Semenov M, Lelushkina K.** Study of the Materials Microstructure using Topological Properties of Complex Networks 2016 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 135 012040 DOI:10.1088/1757-899X/135/1/012040.
- [31] **Silva VF, Silva ME, Ribeiro P, Silva F.** Time series analysis via network science: Concepts and algorithms. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, 2021; 11(3). DOI:10.1002/widm.1404.
- [32] **Mourchid Y, El Hassouni M, Cherifi H.** A general framework for complex network-based image segmentation. *Multimedia Tools and Applications*, 2019; 78(14), 20191–20216. DOI:10.1007/s11042-019-7304-2.
- [33] **De Lima GVL, Castilho TR, Bugatti PH, Saito PTM, Lopes FM.** A Complex Network-Based Approach to the Analysis and Classification of Images. *Lecture Notes in Computer Science*, 2015; 322–330. DOI:10.1007/978-3-319-25751-8_39.
- [34] **Berceanu C, Pătrașcu M.** Engineering Emergence: A Survey on Control in the World of Complex Networks. *Automation* 2022, 3, 176-196. <https://doi.org/10.3390/automation3010009>.
- [35] **Berestneva O, Marukhina O, Rossodivita A, Tikhomirov A, Trufanov A.** Networkalization of Network–Unlike Entities: How to Preserve Encoded Information. *Creativity in Intelligent Technologies and Data Science*. 2019. 143–151.
- [36] **Trufanov A, Kinash N, Tikhomirov A, Berestneva O, Rossodivita A.** Image Converting into Complex Networks: Scale- Level Segmentation Approach // Proc. IV Int.Conf. "Information technologies in Science, Management, Social sphere and Medicine"(ITSMSSM 2017) / Series: Advances in Computer Science Research. Atlantis Press. 2017; 72: 417-422.
- [37] **Barkoky A, Charkari NM.** Complex Network-based features extraction in RGB-D human action recognition. *Journal of Visual Communication and Image Representation*. Volume 82, January 2022, 103371.
- [38] **Winkler R, Hobert S, Salovaara A, Söllner M, Leimeister JM.** Sara, the Lecturer: Improving Learning in Online Education with a Scaffolding-Based Conversational Agent. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. DOI:10.1145/3313831.3376781.
- [39] **Borgest NM, Vlasov SA, Gromov AIA, Gromov AnA, Korovin MD, Shustova DV.** Robot-designer: on the way to reality [In Russian]. *Ontology of designing*. 2015; 5(4): 429-449.
- [40] **Borgest NM.** Pattern recognition when creating artifacts as a metaphor and as applied technologies of ontology of designing [In Russian]. *Ontology of designing*. 2015; 5(1): 19-29.
- [41] **Baggio R.** (2020) Digital Ecosystems, Complexity, and Tourism Networks. In: Xiang Z., Fuchs M., Gretzel U., Höpken W. (eds) *Handbook of e-Tourism*. Springer, Cham. DOI:10.1007/978-3-030-05324-6_91-1.
- [42] **Park SM, Kim YGA.** Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges, *IEEE ACCESS*, 2022; 10: 4209–4251.
- [43] **Wang S, Herzog ED, Kiss IZ, Schwartz WJ, Bloch G, Sebek M, Granados-Fuentes D, Wang L, Li J-S.** Inferring dynamic topology for decoding spatiotemporal structures in complex heterogeneous networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, (2018). 201721286. DOI:10.1073/pnas.1721286115.
- [44] **Ambrosiano J, Sims B, Bartlow AW, Rosenberger W, Ressler M, Fair JM.** Ontology-Based Graphs of Research Communities: A Tool for Understanding Threat Reduction Networks. *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, (2020). 5. DOI:10.3389/frma.2020.00003.
- [45] **Simperl E, Luczak-Rösch M.** Collaborative ontology engineering: a survey. *The Knowledge Engineering Review*, 2013; 29(01): 101–131. DOI:10.1017/s0269888913000192.

About the authors

Olga Grigoryevna Berestneva (b. 1955) graduated from the Tomsk Polytechnic Institute in 1976, Doctor of Technical Sciences (2008). Professor of the Department of Information Technologies, TPU Institute of Information Technologies. Since 2009, she has been an RFBR expert in area Information technologies and computer systems. The list of scientific papers includes more than 200 papers in the field of research and development of information technologies in education and health care. Author ID (РИНЦ): 112998; Author ID (Scopus): 10043013900; Researcher ID (WoS): R-7316-2016. ogb6@yandex.ru. ✉

Ivan Alexandrovich Lyzin (b. 1993) graduated from the Tomsk Polytechnic University (TPU) in 2018, PhD student, School of Engineering Information Technology and Robotics, TPU. He is a co-author of more than 30 papers. Author ID (Scopus): 57218651308; ORCID: 0000-0003-2827-441X. Lyzin@tpu.ru.

Alexei Anatolyevich Tikhomirov (b. 1951) graduated from Moscow State University named after Lomonosov (Moscow, USSR) in 1973, D.Sc. (1981). Professor of CIS Cooperation Center, Inha University, Republic of Korea. He is a member of the International Informatization Academy. He is a co-author of about 100 papers in the fields of economics and network science. ORCID: 0000-0002-7317-5851. alexaitikhomirovprof@gmail.com.

Mikhail Viktorovich Korniyakov (b.1974) graduated from Irkutsk State Technical University (ISTU) in 1997, D.Sc. (2008). Rector of Irkutsk National Research Technical University He is a co-author near 100 papers in the fields of mining technologies, economics and education korniyakov@istu.edu.

Gholamreza Jafari (b. 1970) graduated from Sharif University of Technology (Tehran, Iran) in 2001, PhD (2006). Professor at Irkutsk National Research Technical University (Institute of Information Technology and Data Science). He is a coauthor of more than 120 publications in the field of physics of complex systems and its applications in social to cognitive sciences. ORCID: 0000-0003-4308-207X; Author ID (WoS): D-8181-2011; Author ID (Scopus): 8558289900. gjafari@gmail.com.

Sergey Vladimirovich Duga (b. 1985) graduated from Irkutsk State University in 2008. PhD student of Irkutsk National Research Technical University (Institute of Information Technology and Data Science). Senior Expert of the Computer and Technical Research Department of the Forensic Expert Center of the Investigative Committee of the Russian Federation. He is a co-author of 6 scientific articles. ORCID: 0000-0002-5894-9855. siber@list.ru.

Kuular Edita Kankievna (b. 1991) graduated from Irkutsk National Research Technical University (INRTU) in 2015, engineer with a degree in Information Systems and Technologies. 2019 Graduated from INRTU, Lecturer-Researcher in the field of Informatics and Computer Engineering. She is Assistant at Irkutsk National Research Technical University (Institute of Information Technology and Data Science). The list of scientific papers includes 9 papers on network analysis of audio data. kuular1991@mail.ru.

Andrey Ivanovich Trufanov (b. 1950) graduated from Leningrad Polytechnic Institute named after Kalinin (Leningrad, USSR) in 1973, Ph.D. (1980). Associate Professor at Irkutsk National Research Technical University (Institute of Information Technology and Data Science). Member of the International Informatization Academy. He is a co-author of more than 200 papers in the fields of radiation physics, information security and network science. ORCID: 0000-0002-6967-3495; Author ID (RSCI): 635311; Author ID (Scopus): 7003762385. troufan@istu.edu.

Petrova Lyudmila Andreevna (b. 1950). Graduated from Tomsk State Pedagogical Institute in 1972, Ph.D. (1995). Associate Professor of the Department of Pedagogy of the State University of Humanities and Technology. Member of the International Pedagogical Academy. The list of scientific papers includes about 100 works in the field of education. ORCID: 0000-0002-3514-654X; Researcher ID: ABH-4360-2020. plandr50@mail.ru.

Received May 3, 2022. Revised June 10, 2022. Accepted June 27, 2022.
