

ИНТЕРАКТИВНЫЙ СЕРВИС ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ УНИФИЦИРОВАННОГО ГРАФИЧЕСКОГО ВОПЛОЩЕНИЯ АКТИВНОСТИ

М.В. Кузнецов (*kurt21.89@mail.ru*)^A
В.А. Углев (*uglev-v@yandex.ru*)^{A,B}

^A Кафедра прикладной физики и космических технологий
Сибирского федерального университета, Железногорск

^B Отделение интеллектуальных систем в гуманитарной сфере
Российского государственного гуманитарного университета, Москва

В работе описывается инструментальное решение одного из подходов Data Visualization из Data Mining – метода унифицированного графического воплощения активности (UGVA). Приводится обобщённая модель формализации исходных данных и кратко описывается технология их отображения на части антропоморфного образа. Обсуждаются интерактивные возможности сервиса и возможности его интеграции в аналитические системы. На примере формирования образов работников научно-образовательной организации показано то, как метод UGVA может быть применен в интеллектуальных системах поддержки принятия решений.

Ключевые слова: Data Mining, когнитивная визуализация, метод унифицированного графического воплощения активности, интеллектуальная система поддержки принятия решений.

Введение

Комплексное представление объектов в виде графических образов – это базовое назначение всех методов Data Visualization из такого раздела искусственного интеллекта, как интеллектуальный анализ данных (Data Mining [Witten, 2025]). При этом если сами данные описываются с позиции структуры (параметрические модели), то для этого используются хорошо зарекомендовавшие себя подходы (кластеризация [Han, 2011], упругие карты [Зиновьев, 2000], самоорганизующиеся карты [Kohonen, 2013] и пр.). Но не только нужно на образе показать динамику, активность или развитие,

все эти методы становятся недостаточно выразительны. При этом всегда остаётся потребность в усилении объясняющей способности результата визуализации, соответствуя тренду XAI-подхода [Arrieta, 2020].

Фокусировка на структуре объекта отображения является слабым местом многих методов когнитивной визуализации. Частично эту проблему решает использование пиктографирования. Оно заключается в том, что образ формируется в виде сложной композиции элементов, имеющих отвлечённое отношение к исходным данным. Классическими примерами таких методов являются или. При этом совместить возможность отображения динамики (активности) образа (например, дашборды [Few, 2006]) и возможности множественного сравнения объектов (например, лица Чернова [Chernoff, 1973]) объединить в рамках одного подхода достаточно сложно [Uglev, 2024a].

Целью данной статьи является краткое описание метода унифицированного графического воплощения активности (UGVA), ориентированного на отражение динамики сложных объектов, а также интерактивного сервиса, реализующего этот метод. Для этого опишем особенности антропоморфных образов в Data Visualization, дадим краткую характеристику методу UGVA, опишем сервис по построению образов, а также приведём результаты практического применения метода при реализации интеллектуальных систем поддержки принятия решений.

1. Антропоморфные образы как инструмент Data Mining

Антропоморфные образы в пиктографике изначально делятся на две группы: отображение эмоции (концентрация на лице) или всей фигуры человека (концентрация на пропорциях тела). Первый подход развивался в работах Джоунса [Jones, 1982] и Чернова [Chernoff, 1973] (см. пример на рис. 1,а). Его достоинства – быстрое выделение отличий, передача общей оценки состояния объекта визуализации. Но, с другой стороны, он требователен к симметрированию на уровне данных, их полноте и низкой степени детализации (подробнее см. в [Uglev, 2024a]).

Второй подход, опирающийся на целостную фигуру человека, наоборот, не имел интегральной зоны и результативнее отображал сложные наборы исходных данных. При этом уровень детализации мог быть существенно повышен, а скорость восприятия образа не сильно уступала тем же лицам. В работах Да-Винчи (*Homo vitruvianus*), Ле Корбюзье [Le Corbusier, 1948] (см. пример на рис. 1,б) и других этот метод стал применяться больше для иллюстрации, чем в задачах принятия решений.

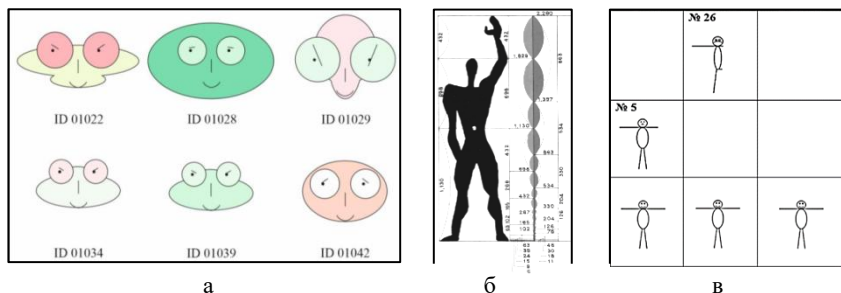


Рис. 1. Примеры антропоморфных образов в пиктографике

Объединить оба подхода удалось в работах В.А. Филимонова, предложившего сначала приложение бодикодер [Филимонов, 2015], а затем и введя образ модулятора Тризкина (см. пример на рис. 1,в, [Филимонов, 2021]). Совмещая возможность передачи эмоции (интегральной оценки) и большего разнообразия элементов образа, данный подход позволил не только визуализировать сложный объект, но и сравнивать объекты между собой (по аналогии с [Chernoff, 1973]).

Таким образом, решение проблемы концентрации данных, их отображения и сравнения была в пиктографике решена за счёт использования легко воспринимаемых контуров – антропоморфных фигур. Но осталась проблема отображения динамики. Попытки использования анимации, кодирования неопределённости данных и цветовых шкал (см. обзор в [Nuñez, 2010]) не дали существенного улучшения. В первую очередь это связано с тем, что на уровне модели исходных данных активность объекта визуализации не рассматривалась как важная компонента [Uglev, 2022]. Введем модель, учитывающую динамику.

Описание динамики показателей сложного объекта, как активности, требующей визуализации, может быть представлено как совокупность четырёх планов описания: совокупность прецедентов активности A (цифровой след); совокупность признаков P (структурная составляющая); совокупность целей и аспектов деятельности G (классификатор активности) и множество планов анализа Q . Тогда P и G можно представить в виде графа типа дерево (граф с вертикальным типом связей), компонент Q будет реализовывать смысловое объединение элементов графа за счёт горизонтальных связей, отражающих семантику и экспертные оценки), а данные из A будут представлять из себя временной ряд [Uglev, 2024a]. Модель активности объекта u_k будет записана в виде кортежа (1)

$$u_k = \langle A|P, G, Q \rangle, \quad (1)$$

где k – индекс объекта, подлежащего визуализации.

Если провести аналогию с семиотическим представлением [Поспелов, 1999], то тройка $\langle P, G, Q \rangle$ будет соответствовать синтактике, прагматике и семантике соответственно. Денотатом будет сущность u_k в памяти аналитической системы, детализирующейся за счёт компонента A , формируя квадрат Поспелова.

Совокупность компонентов u_k из (1) будет отображать активность в том случае, если основой для формирования образа послужит граф G , т.е. будет использован функционально-структурный подход к анализу объектов [Балашов, 1985]. Это значит, что ключевые оси на образе, будут отражать группы активностей, принадлежащих одной ветви графа и имеющей схожую целевую обусловленность. Это заставляет поставить вопрос о рассмотрении такой графической нотации антропоморфного образа, которая будет результативно отображать предложенную модель из (1) относительно G , но инвариантно Q .

2. Метод UGVA

Метод Unified Graphic Visualization of Activity – это такой подход к визуальному представлению профиля сложного многопараметрического объекта, выраженного в виде антропоморфного образа, с целью показать особенности его функциональных (activity) и зависимых от них структурных параметров, а также результативного сравнения таких профилей между собой [Uglev, 2022b].

В основе антропоморфного образа лежит параметрическая модель той предметной области, для которой требуется произвести концентрацию данных. На образе выделяются оси, страты, определяется тип симметрирования [Weyl, 2015] и прочие параметры. Предполагается, что последовательно формируются следующие типы образов, усложняющиеся и дополняющиеся по мере решения задачи анализа: каркас, архитектурный образ, базовый образ, индивидуализированный образ, активный образ, групповая карта. Два примера групповых карт в нотации UGVA приведены на рис. 2.

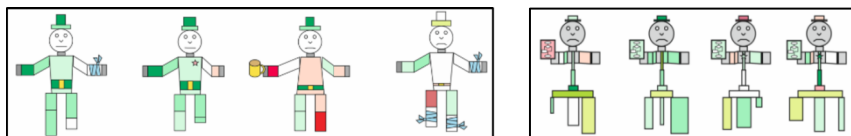


Рис. 2. Примеры групповых карт антропоморфных образов для работников предприятия (слева) и для группы учащихся (справа)

Формируется антропоморфный образ за 9 шагов, которые были подробно изложены в [Углев, 2023]. Для интерпретации картируемой группы объектов требуется не только рассматривать соотношение линейных раз-

меров частей образов, но и симметричность, «выражение лиц», наличие артефактов, характер тепловой карты (раскраски). Таким образом, на основании системно проработанной модели активности, формируется карта экземпляров объектов, позволяющая решать задачи диагностики, мониторинга и сравнения (выявления особенностей/аномалий).

Метод UGVA, по аналогии с лицами Чернова, применяется как для визуализации активных объектов (людей, машин, организаций и пр.), так и для сложных процессов (проектов, оперативной обстановки и пр.). Далее рассмотрим интерактивный сервис по формированию карт и обратимся к одному из примеров.

3. Сервис построения антропоморфных образов

Автоматизированное построение образа в нотации UGVA было реализовано в виде сервиса в 2020 году. В его возможности входило формирование и раскраска образа по вектору входных данных (без возможности интерактивного взаимодействия).

В 2024 году был разработан новый сервис, позволяющий интегрировать образы на страницы с профилями интеллектуальной систем поддержки принятия решений. Поддерживается возможность загрузки пакетных данных из баз данных активностей (см. пример описания события на рис. 3,а), выделение мышью элементов образа (с выводом уточняющей информации), автоматическое построение групповых карт по данным из базы проекта, настройка шаблонов отображения (рис. 3,б).

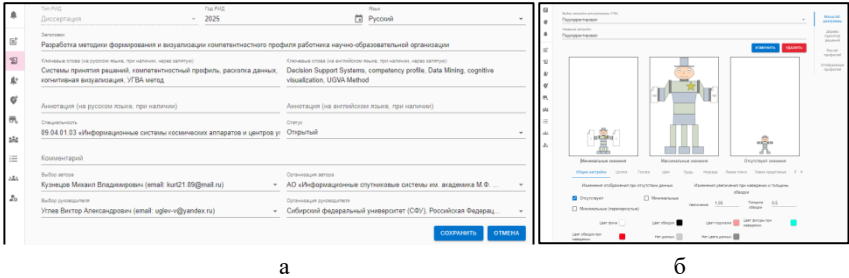


Рис. 3. Примеры интерфейса ввода первичных данных и формирования шаблона образа в нотации UGVA

Для разработки серверной части приложения выбран язык программирования PHP, в качестве серверного фреймворка использован Laravel (с поддержкой шаблонов проектирования Model-View-Controller). Клиентская часть реализована на JavaScript (библиотека React), CSS и HTML. В качестве технической основы для синтеза интерактивных образов в нотации UGVA выбран элемент HTML5 – canvas, предоставляющий воз-

возможности для программной отрисовки разнообразных графических примитивов, таких как линии, многоугольники, кривые и текстовые элементы. Использование Konva.js обеспечивает высокую производительность и гибкость визуализации, что критически важно для динамического и интерактивного отображения данных компетентностного профиля.

Визуальный образ активного объекта реализован в прямоугольной области фиксированных размеров. Поддерживает масштабирования под размеры окна приложения и динамически пересчитывает размеры элементов в зависимости от значений всех показателей в базе цифровых следов. Это делается для того, чтобы вычислить комплексную нормализованную оценку каждого образа в диапазоне от 0 до 1 с учётом распределения оценок всех образов, что позволит объективно позиционировать каждый образ в составе групповой карты. Нормализация данных, применяемая при $I > I_{min}$, преобразует все оценки в диапазон от 0 до 1 по формуле (2).

$$I_{\text{норм}} = (I - I_{\min}) / (I_{\max} - I_{\min}), \quad (2)$$

где $I_{\text{норм}}$ – нормализованное значение интегральной характеристики; I – значение характеристики образа; I_{\min} – минимальное значение критерия для параметра; I_{\max} – максимальное значение критерия для параметра.

Цветовая маркировка на образах используется в шкале от зеленого до красного с переходом в центре через белый: красный цвет обозначает низкое качество активностей в текущей группе показателей, зеленый обозначает высокое качество, белый отражает нейтральное значение, а переходы от белого к красному или зеленому показывают степень отклонения оценок признаков от нейтральных.

4. Пример экспериментального применения

Возьмём в качестве примера использования интерактивного сервиса по построению антропоморфных образов в нотации UGVA задачу анализа активности работников подразделения научно-образовательной организации. Сама проблема выявления «точек роста» при управлении подразделениями подобного типа упирается в отсутствии общепризнанной номенклатуры работ и норм показателей [Гаврилова, 2003 и 2024]. Проведя исследование [Uglev, 2024b], мы остановились на следующей структуре показателей цифрового следа сотрудника:

- классификатор активностей P был представлен тремя типами следов: научными (научные интересы, результаты интеллектуальной деятельности, публикационная активность и участие в научно-исследовательских работах и пр.), педагогическими (научной работой с аспирантами и магистрантами, читаемыми дисциплинами, учебно-методическими материалами, выпускными работами подопечных, и прочей активностью в рамках университетской работы), личностно-профессиональными (цели, образование, курсы повышения квалификации, роли на работе вне кафедры, экспертная работа и пр.).

- цели и аспекты деятельности G включали личные цели и планы, разбитые относительно образовательному, профессиональному или научному аспектам;
- планами анализа Q стали кафедральная точка зрения, университетская точка зрения, точка зрения индустриального предприятия-партнёра (работодателя) и обобщённый план анализа.

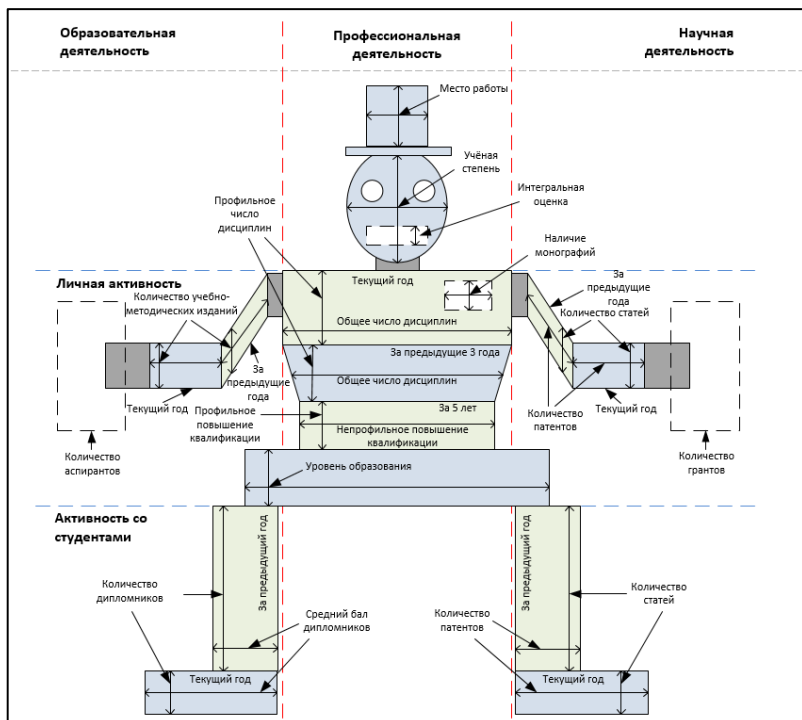


Рис. 4. Соотнесение параметров профиля элементам образа в нотации UGVA

В результате, получилась параметрическая модель из 18 обобщённых параметров, подавляющая часть из которых была представлена в делении на текущие (за этот год) и наработанные ранее (за предыдущие 5 лет). Распределение параметров по вертикальным стратам (аспекты) и горизонтальным (личная активность, активность в работе с учащимися и интегральная зона – голова) приведена на рис. 4. Согласно классификации из [Углев, 2023], данный образ имеет тип $\mathcal{X}Eit$.

Для примера возьмём научно-педагогический состав работников кафедры «Прикладная физика и космические технологии» Сибирского федерального университета. Исходная информация по сотрудникам кафедры

и приписанной к ней научно-учебной лаборатории вводилась в интеллектуальную систему поддержки принятия решений (данные хранятся в базе данных MySQL). Опирируя совокупностью предобработанных и нормализованных по (2) данных из базы активностей сотрудников (компонент A из формулы (1)), сервис автоматически формирует антропоморфный образ, актуальный на дату запроса.

Антропоморфные образы, в качестве примера, для трёх научно-педагогических работников приведены на рис. 5 за 2024 и 2025 года: слева направо приведен пример профессора, доцента и аспиранта. Здесь выбран обобщённый план анализа, минимизирующий оценочную раскраску.

Если оценивать качества отдельных работников, то сразу бросается в глаза несимметричность образов: каждый работник имеет более «привычные» сферы активности, которые следует учитывать при формировании годовых планов. Но если давать оценку подразделения в целом (по всем образам работников, а не только трём приведённым на рис. 5), то в качестве рекомендаций сразу можно выделить необходимость увеличения публикационной активности и перераспределение нагрузки по научному руководству диссертациями магистрантов в сторону тех, кто более результативен для планов подразделения.

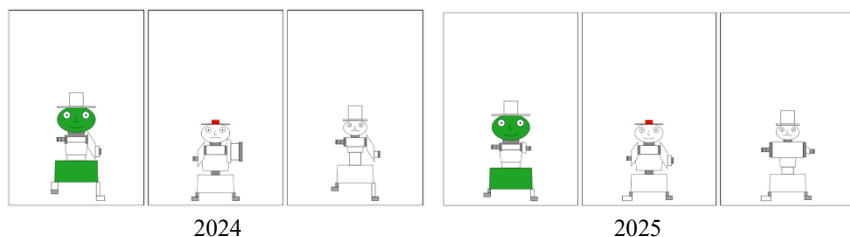


Рис. 5. Пример образов трёх научно-педагогических работников кафедры в виде групповой карты в нотации UGVA, построенные с интервалом в год

Иные примеры использования образов в нотации UGVA, хотя и реализованные на предыдущей версии сервиса, опирались на модели научных работников Сибирского отделения РАН [Uglev, 2024a], сотрудников предприятий Росатома [Мешков, 2024], учебных планов подготовки специалистов в области информатики и вычислительной техники [Uglev, 2024b] и системного анализа [Проценко, 2021]. Обобщение опыта использования метода UGVA приведено в работе [Uglev, 2024a].

Заключение

Метод унифицированного графического воплощения активности (UGVA) позволяет методически обосновать, а затем и реализовать визуализацию активности сложных систем. Приведённое описание интерактивного

сервиса по формированию и визуализации антропоморфных образов поддерживает интеграцию в сетевые проекты систем поддержки принятия решений. При этом поддерживаются не только единичные профили, но и построение карт образов, что отвечает главному назначению метода – обеспечение мониторинга и контроля, выявления аномалий и закономерностей.

Использование метода UGVA сейчас реализуется как в рамках киберсоциальных систем, так и в виде простого средства визуализации. Наибольшее число моделей активности нами было проработано для сопровождения электронного обучения на базе интеллектуальных автоматизированных обучающих систем. В данный момент осуществляется интеграция механизма оценки параметров образов с технологией рекомендательных (экспертных) систем с элементами нечёткой логики [Uglev, 2024c].

Список литературы

- [Arrieta, 2020] Arrieta A., Díaz-Rodríguez N., Del Ser et al. Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI // Information fusion. – 2020. – Vol. 58.
- [Chernoff, 1973] Chernoff H. The use of faces to represent points in k-dimensional space graphically // Journal of the American Statistical Association. – 1973. – Vol. 68. – doi: 10.1080/01621459.1973.10482434.
- [Few, 2006] Few S. Information dashboard design: The effective visual communication of data. O'Reilly Media, Inc., 2006.
- [Han, 2011] Han J., Kamber M., Pei J. Data Mining: Concepts and Techniques Third Edition // The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems. – 2011. – Vol. 5, No. 4.
- [Jones, 1982] Jones D. The Inventions of Daedalus: A Compendium of Plausible Schemes. WH Freeman, 1982.
- [Kohonen, 2013] Kohonen T. Essentials of the self-organizing map // Neural networks. – 2013. – Vol. 37. – P. 52-65.
- [Le Corbusier, 1948] Le Corbusier (C.E. Jeanneret). Le Modulor. Boulogne-sur-Seine: Editions de l'Architecture d'Aujourd'hui, Groupe Expansion, Paris, 1948.
- [Nuñez, 2010] Nuñez J. Ideas para el uso de las caras de Chernoff en la cartografía escolar // Boletim de Geografia. – 2010. – 28(1). – P. 5-15.
- [Uglev, 2022] Uglev V. Unified Graphic Visualization of Activity (UGVA) Method. Novel and Intelligent Digital Systems. LNNS, 2022. – 556. – P. 255-265. – doi: 10.1007/978-3-031-17601-2_25.
- [Uglev, 2024a] Uglev V., Meshkov S., Kuznetsov M. Methodology of Complex Visual Representation of Human Activity Using Cognitive Visualization // Journal of Integrated Design and Process Science. – 2024. – Vol. 27(3-4). – P. 184-199. – doi: 10.1177/10920617241289768
- [Uglev, 2024b] Uglev V., Kuznetsov M., Meshkov S. An approach to the formation and visualization of the competency profile of the staff of organizations using the UGVA method // Computational Science and Its Applications – ICCSA 2024 Workshops. LNCS. – Vol 14814. – Springer, Cham. – P. 170-185. – doi: 10.1007/978-3-031-64608-9_11.

- [Ughev, 2024c] Ughev V.A. Implementation of Decision-Making Mechanism in the Intelligent Tutoring System Based on the Expert Systems Module // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2024. – Vol. 34, No. 3. – P. 744-750. – doi: 10.1134/S1054661824700615.
- [Weyl, 2015] Weyl H. Symmetry. Princeton University Pres, 2015.
- [Witten, 2025] Witten I.H. et al. Data Mining: Practical machine learning tools and techniques. – Elsevier, 2025.
- [Балашов, 1985] Балашов Е.П. Эволюционный синтез систем. – М.: Радио и связь, 1985.
- [Гаврилова, 2003] Гаврилова Т.А., Кузнецова А.В. Лещева И.А. К вопросу о разработке онтологии научной и учебной работы // XXI национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2023). В 2 т. Т 1. - Смоленск: Принт-Экспресс, 2023. – С. 60-67.
- [Гаврилова, 2004] Гаврилова Т.А., Алканова О.Н., Гринберг Э.Я., Кузнецова А.В. Визуализация компетенций сотрудников с помощью карт знаний // Российский журнал менеджмента. – 2024. – №. 1. – С. 86-112.
- [Зиновьев, 2000] Зиновьев А.Ю., Питенко А.А. Визуализация произвольных данных методом упругих карт // Радиоэлектроника, информатика, управления. – 2000. – № 1(3).
- [Мешков, 2024] Мешков С.С. Методика визуального мониторинга проектных работ первичных трудовых коллективов на базе метода UGVA // Прогрессивные научные исследования – основа современной инновационной доктрины: Материалы Международной конференции. – Уфа: OMEGA SCIENCE, 2024. – С. 50-54.
- [Поспелов, 1999] Поспелов Д.А., Осипов Г.С. Прикладная семиотика // Новости искусственного интеллекта. – 1999. – № 1. – С. 9-35.
- [Проценко, 2021] Проценко Д.А. Сравнение учебных планов магистратуры направления «Системный анализ и управление» методом UGVA // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: сборник научных трудов; материалы Девятнадцатой открытой Всероссийской конференции. – М АПКИТ, 2021. – С. 173-174.
- [Углев, 2022] Углев В.А. Визуальная поддержка принятия решений при синтезе учебных планов с помощью метода UGVA // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2022. – № 2. – С. 51-61. – doi: 10.14357/20718594220205.
- [Углев, 2023] Углев В.А. Поддержка процесса принятия решений с использованием нотации унифицированного графического воплощения активности (UGVA) // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. – 2023. – № 3(144). – С. 125-140. – doi: 10.18698/0236-3933-2023-3-125-140.
- [Филимонов, 2015] Филимонов В.А. СумА технологии: три пятилетки многодисциплинарного проекта // Знания-Онтологии-Теории (ЗОНТ-2015): Материалы Всероссийской конференции с международным участием. – Новосибирск: Ин-т математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Т. 2. – С. 181-188.
- [Филимонов, 2021] Филимонов В.А. Способ когнитивной визуализации многопараметрических компонентов системы // Робототехника и искусственный интеллект: Материалы XIII Всероссийской конференции с международным участием. – Красноярск: Литера-принт, 2021. – С. 109-113. – URL: https://aesfu.ru/local/conference/_docs/2021/RAI-21_print.pdf.