

УДК 004.9

ИНФОРМАЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОЙ СИСТЕМЕ

Цветков Виктор Яковлевич¹,
профессор, доктор технических наук,
e-mail: cvj2@mail.ru,

¹Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (НИИАС), АО «НИИАС», Москва, Россия

Статья описывает особенности информационного взаимодействия в человеко-машинной системе. Описана структура и особенности человеко-машинной системы. Показано что существенным отличием человеко-машинной системы от других систем является включение в состав ее ресурсов человеческих ресурсов. Участие человека и его способности влияют на результат деятельности человеко-машинной системы. Человеко-машинная система трактуется как организационный технологический информационный комплекс. Статья показывает значение информационных моделей и информационных технологий для человеко-машинных систем. Описаны две системные модели человеко-машинной системы: слабо формализованная и формализованная. Модели дополняют друг друга. Статья описывает значение визуальных моделей для человеко-машинной системы. Показаны разные виды информационных взаимодействий. Визуальная модель позволяет проводить информационное взаимодействие в человеко-машинной системе для реальной ситуации. Описано значение информационных единиц при формировании информационных и визуальных моделей. Статья описывает основные принципы информационного взаимодействия в человеко-машинной системе. Статья дает сравнение алгоритмической системы обработки информации и человеко-машинной системы.

Ключевые слова: информационное взаимодействие, информация, человеко-машинная система, информационные модели, информационные ситуации

INFORMATION INTERACTION IN A MAN-MACHINE SYSTEM

Tsvetkov V.Ya.¹,
D.Sc. in Technology, Prof.,
e-mail: cvj2@mail.ru,

¹Research and Design Institute of design information, automation and communication on railway transport, Moscow, Russia

The article describes the features of information interaction in a human-machine system. The structure and features of the human-machine system are described. It is shown that a significant difference between a man-machine system and other systems is the inclusion of human resources in its composition. Human participation and abilities affect the outcome of a human-machine system. The human-machine system is interpreted as an organizational technological information complex. The article shows the importance of information models and information technologies for human-machine systems. Two system models of a man-machine system are described: weakly formalized and formalized. The models complement each other. The article describes the significance of visual models for a human-machine system. Different types of information interactions are shown. The visual model allows information interaction in a human-machine system for a real situation. The importance of information units in the formation of information and visual models is described. The article describes the basic principles of information interaction in a human-machine system. The article compares the algorithmic information processing system and the man-machine system.

Keywords: information interaction, information, man-machine system, information models, information situation

DOI 10.21777/2500-2112-2021-3-88-96

Введение

Современная человеко-машинная система (ЧМС) обозначает широкий класс систем, в котором имеет место взаимодействие человека и сложной системы. Это взаимодействие является существенным фактором, определяющим эффективность работы такой системы. Методически ближе всего к ЧМС находится сложная организационно-техническая система (СОТС) [1]. Длительное время под ЧМС понимали систему «человек–техника» и затем «человек–ЭВМ» [2]. В настоящее время класс ЧМС включает существенно разные системы: транспортные системы (водитель–транспортное средство); автоматизированное рабочее место (АРМ) (пользователь–компьютер); система управления базой данных (пользователь–БД); геоинформационная система (пользователь–ГИС); информационно-измерительная система (пользователь–измерительная аппаратура); информационная система обработки информации (пользователь–алгоритм–ИС); система векторизации растровой информации (пользователь–компьютер); информационно-поисковая система (пользователь–запрос–БД); система обработки изображений (пользователь–компьютер); экономическая информационная система (пользователь–компьютер); диагностическая информационная система (врач–компьютер) орбитальная станция (космонавт–техника) [3] и другие проблемно-ориентированные системы [4]. В образовании ЧМС проявляется в двух видах: как система обучения с использованием компьютерных средств обучения (преподаватель–КСО–учащийся) и как система тестирования (учащийся–система тестирования). ЧМС могут быть трехзвенными (обучение) и двухзвенными (тестирование).

Человеко-машинная система (man-machine system MMS) [5] включает человеческие ресурсы, технические компоненты (системы), технологические компоненты (системы), организационные компоненты (технологии), информационные компоненты (системы или описания), эвристические компоненты (когнитивный опыт). Все ее компоненты являются комплементарными [6] и дополняют друг друга [7].

В первых ЧМС употребляли термин «оператор», рассматривая его как звено следящей системы или системы управления. В настоящее время вместо этого термина применяют термин «пользователь предметной области», так как одна и та же система может быть использована в разных областях. Например, ГИС применяют в картографии, кадастре, строительстве, медицине, экологии и других областях. В современных ЧМС велика роль информационной составляющей. В ГИС. Применяемой в разных областях основой обработки является информационная модель.

Современную человеко-машинную систему следует рассматривать как организационный технологический информационный комплекс (ОТИК) решающий прикладные задачи с использованием человеческих ресурсов. Человеческий ресурс [8] означает, что фактор опыта специалиста и когнитивный фактор влияют на результат работы ЧМС. Человеческий ресурс означает, что факторы состояния человека: усталость, ментальность, внимательность, сосредоточенность, оперативность мышления – влияют на результат работы ЧМС.

ЧМС как система

Человеко-машинная система создается для управления или исследования некоторого реального объекта, находящегося во внешней среде. Человеко-машинную систему с системных позиций можно рассматривать как сложную систему для изучения ее свойств и принципов функционирования. ЧМС с использованием системного подхода может быть описана в виде выражения [9]

$$MMS = \langle StO(t), IS(t), Ru, R, G, \Delta T, Cog, TK \rangle. \quad (1)$$

В (1) $StO(t)$ – состояние объекта, меняющееся с течением времени; $IS(t)$ – информационная ситуация, меняющаяся с течением времени; Ru – совокупность правил поведения человека; R – отношения «ситуация–объект»; G – множество целей; ΔT – пределах допустимого интервала времени принятия решений, Cog – когнитивный фактор (интеллект, оперативность мышления); TK – не формализуемые неявные знания.

Человеко-машинную систему с дескриптивных позиций можно рассматривать как информационную конструкцию [10] для изучения ее концепций, моделей и принципов. Такая информационная конструкция человеко-машинной системы $IC(MMS)$ может быть описана в виде выражения

$$IC(MMS) = \langle ModO, IS(t), Ru, IR, G, \Delta T, ModMMS, IU, II \rangle. \quad (2)$$

В (2) $ModO$ – модель объекта, слабо меняющаяся с течением времени; $IS(t)$ – информационная ситуация, меняющаяся с течением времени; Ru – совокупность правил взаимодействия; IR – информационные отношения «информационное поле–объект»; G – множество целей; ΔT – предел допустимого интервала взаимодействия; $ModMMS$ – модель ЧМС; IU – информационные единицы, задающие структуру системы и типы взаимодействий; II – информационные взаимодействия.

Различие между (1) и (2) в том, что в (2) исключены субъективные «человеческие» факторы. Выражение (2) можно рассматривать как сильно формализованное. Выражение (1) как слабо формализованное. Выражение (1) можно использовать для изучения влияния когнитивных, поведенческих и интеллектуальных факторов в ЧМС. Выражение (2) можно использовать для изучения влияния формальных и технологических факторов в ЧМС.

Виды взаимодействий в ЧМС

В ЧМС возможно когнитивное, технологическое и информационное взаимодействие [11]. Когнитивное взаимодействие – слабо предсказуемое и определяется накопленным опытом и прецедентами функционирования системы. Технологическое взаимодействие строится на нормативах и правилах. Информационное взаимодействие строится на информационных описаниях ситуации и системы.

Во всех случаях рациональная организация деятельности пользователя предметной области определяет эффективное функционирование системы и результат ее работы. Если рассматривать ЧМС, связанные с обязательной обработкой информации, то обработка информации в такой ЧМС является «слепой». Человек ведет исследование «не видя» реального объекта и состояния системы, используя информационные описания. Между реальным объектом и человеком находится информационная модель объекта (рисунок 1). Это актуализирует проблему информационного взаимодействия вида «человек–модель». Для таких ЧМС важное значение имеет интерфейс пользователя [12]. Структура человеко-машинной системы изображена на рисунке 1. На нем показан организационно-технологический информационный комплекс (ОТИК) и подсистемы взаимодействия. ОТИК обеспечивает выполнение функций: сбора, моделирования, хранения и обработки первичных данных. На первом этапе функционирования ЧМС на основе сбора информации формируют первичные информационные модели.

На втором этапе первичные информационные модели преобразуют во вторичные информационные модели с помощью имеющихся ресурсов ЧМС. Ресурсами ЧМС являются: человеческие ресурсы, методы, технологии, алгоритмы или правила. Включение человеческих ресурсов в ресурсы ЧМС является качественным отличием ЧМС от технических и технологических систем. На этом этапе важную роль играет информационное взаимодействие вида «первичная модель–человек–вторичная модель». На этом примере видно, что информационные взаимодействия можно делить по числу звеньев: двухзвенные, трехзвенные и многозвенные. Тип звена определяет цикл взаимодействия.

Обеспечение информационного взаимодействия человека происходит за счет использования интерфейса пользователя. Часто результат обработки или сама обработка сопровождается с помощью визуальной модели. В настоящее время в качестве таковых применяют виртуальные модели [13] и модели смешанной реальности [14].

На рисунке 1 показано, что реальный объект преобразуется в информационную модель. Это применимо не для всех видов ЧМС. Например, на транспорте при вождении транспортного средства человеком такое преобразование не требуется. Человек напрямую взаимодействует с объектом, изучая ситуацию. Однако при «беспилотном управлении» или «слепом» управлении такое преобразование обязательно. В интерактивных системах обработки информации такое преобразование также обязательно.

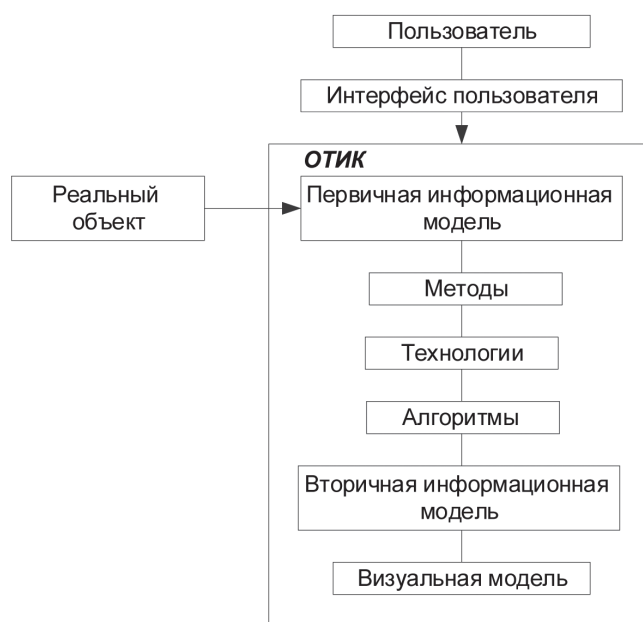


Рисунок 1 – Человеко-машинная система

Особую форму информационное преобразование «объект – модель» имеет в геоинформатике и в геоинформационных системах. Особенность состоит в подготовке информации для ее использования. Эта подготовка включает три этапа. На первом этапе первичная модель разнообразных данных преобразуется в систематизированные геоданные [15]. На втором этапе она преобразуется в универсальную интегрированную информационную основу ГИС [16]. На третьем этапе, при решении прикладных задач, на основе интегрированной информационной основы формируют специализированную информационную модель ГИС [17] для решения этой прикладной задачи.

Информационная модель объекта (рисунок 1) является отражением объекта, находящегося во внешней среде. Пользователь на основе постановки задачи формирует первичную информационную модель. Первичная информационная модель может быть рассмотрена как трансформация формальных условий решения задачи в фактические условия решения задачи. Критерием является информационное соответствие между формальными и фактическим условиями. Этот этап можно рассматривать как инфологическое моделирование [18]. Если такого соответствия не удастся получить, то пользователь повторно собирает информацию об объекте и формирует новую первичную модель. Более точно пользователь формирует не только модель объекта, но и окружающую его информационную ситуацию. Первичная обработка и формирование первичной информационной модели может быть рассмотрено как инкрементное моделирование. Инкрементное моделирование состоит в формировании информационной модели и информационной ситуации адекватно условиям задачи и обеспечении информационного соответствия между формальными и фактическими условиями задачи. Инкрементное моделирование можно рассматривать как этап информационного взаимодействия «пользователь ЧМС».

Информационное взаимодействие на первом этапе включает не только формирование первичной информационной модели, но и принятие решений по возможному изменению ситуации, в которой находится объект. Информационное взаимодействие этого этапа основано на применении информационных стандартов. В число таких стандартов входят и протоколы передачи информации. Назначение протоколов передачи информации [19] состоит в том, чтобы обеспечить механизм достоверной и надежной передачи информации между человеком-оператором и информационной системой (ИС). Протокол – это правило, определяющее взаимодействие, набор процедур обмена информацией между параллельно выполняемыми процессами в реальном масштабе времени. Эти процессы характеризуются, во-первых, отсутствием фиксированных временных соотношений между наступлением событий и, во-вторых, отсутствием взаимозависимости между событиями и действиями при их наступлении.

Функции протокола связаны с обменом сообщениями между этими процессами. Формат, содержание этих сообщений образуют логические характеристики протокола. Правила же выполнения процедур определяют те действия, которые выполняют процессы, совместно участвующие в реализации протокола. Набор этих правил является процедурной характеристикой протокола. Используя эти понятия, мы можем теперь формально определить протокол как совокупность логических и процедурных характеристик механизма связи между процессами. Логическое определение составляет синтаксис, а процедурное – семантику протокола.

Информационное взаимодействие в простом логическом описании имеет вид

$$II(dIS, dOS) \rightarrow A(OS) \vee A(IS). \quad (3)$$

Выражение (3) означает, что информационное взаимодействие II по изменению состояния объекта dOS или изменению информационной ситуации dIS , влечет воздействие на состояние объекта $A(OS)$ или воздействие на информационную ситуацию $A(IS)$, в которой объект находится.

Информационная модель в ОТИК представляется в виде двух компонент: описательной и визуальной. Описательная (дескриптивная) модель представляет собой дискретную модель, которая служит основой обработки в слепую и представления. Визуальная модель позволяет проводить информационное взаимодействие и обработку в реальной ситуации. Она имеет множество разновидностей. Это может быть визуальная модель объекта моделирования; визуальная модель, интегрированная с интерфейсом пользователя; визуальная модель, отражающая процесс обработки и обмена информацией. Все эти разные по качеству визуальные модели, используются при эвристической обработке.

Визуализация в ЧМС

Визуализация в ЧМС может быть рассмотрена как вид информационного взаимодействия. Формирование визуальной модели с помощью ЧМС позволяет получать реализации объектов исследования в графическом виде. Для отображения визуальных моделей применяют различные информационные единицы. В зависимости от задач и вида работ выделяют требования по составу информационных единиц [20] для графических моделей, по способу формирования графических символов и по разновидности использования элементов изображения. Используемый набор информационных единиц характеризует тип модели, её изобразительные возможности. Он определяется классом решаемых задач, задается числом и типом знаков, количеством градаций яркости, ориентацией символов, частотой мерцания изображения и др.

Визуальные информационные единицы должны обеспечивать построение любых информационных моделей в пределах отображаемого класса или решаемых задач. В ИС это тесно связано с разработкой библиотек графических примитивов или информационных единиц. При этом стремятся к уменьшению избыточности алфавита, что приводит к формированию алфавита не в виде отдельных значков, а в виде их многократно повторяющихся элементов. Способы формирования визуальных информационных единиц классифицируются в соответствии с используемыми элементами изображения и делятся на моделирующие, синтезирующие и генерирующие. По способу отображения как для векторных, так и для растровых знаков в ЧМС применяют матричный формат. Это приводит к необходимости введения процедуры растеризации, то есть в преобразовании векторной модели в растровую для ее вывода на экран.

Реализация информационной модели объекта исследований в визуальной форме может быть интерпретирована как визуальная модель объекта. Эта визуальная модель формируется на основе информационного соответствия и визуального сходства модели с реальным объектом. Отсюда вытекает важное требование изоморфизма, сходства визуальной модели и структуры отображаемых объектов и окружающей среды.

Воспроизведение изображения осуществляется на основе представления цифровой модели, которая также является реализацией информационной модели. В этом аспекте ЧМС выполняет когнитивные функции. Важным понятием когнитивной науки является репрезентация. Репрезентация – это представление в человеческом мозге (а, шире – в любой системе, способной к мышлению) мира, частей

мира и процессов в нем. Именно репрезентация позволяет создавать полную картину мира [21] в научных исследованиях и моделировании. В ЧМС визуализация играет роль репрезентации. Основой визуализации является вторичная информационная модель. Ее, предназначенную для обработки на компьютере, называют цифровой моделью. Цифровой моделью также называют дискретную модель, получаемую на основе импульсно-кодовой модуляции. Информационная визуальная модель является основой, на которой пользователь формирует образ реального объекта. Визуальная модель, как правило, включает большое количество элементов или информационных единиц – пикселей. Для уменьшения объема памяти и числа единиц используют тайловые методы хранения и представления визуальных моделей.

Количество групп элементов информационной визуальной модели определяется требованиями точности. Это определяет требование детализации описания объекта исследования. Элементы визуальной информационной модели выступают как элементы изображения. Визуальная модель состоит из наборов графических примитивов, задающих графический элемент, соответствующий реальному объекту и обладающий геометрическими свойствами.

Компоненты информационного взаимодействия в ЧМС

При организации информационного взаимодействия в ЧМС используют две основные категории информации:

- 1) статическая информация – относительно стабильная по содержанию информация, используемая в качестве фона. Например, координатная сетка, план, изображение местности и т.д.;
- 2) динамическая информация – информация, переменная в определенном интервале времени по содержанию или положению на экране. Реально динамическая информация часто является функцией некоторых текущих параметров. Динамическая информация отображает перемещение объекта на фоне или изменение ситуации, в которой находится объект. Динамическая информация также может отображать изменение состояния объекта.

Такое деление считается условным. При создании человеко-машинной системы значительно возрастает роль человеческого фактора, а следовательно, эргономического обеспечения системы. Основной задачей эргономического обеспечения является оптимизация взаимодействия между человеком и ИС. Это определяет требования при проектировании интерфейса пользователя. В частности, можно привести основные принципы построения интерфейса [12] и информационного взаимодействия в ЧМС.

Принцип минимизации взаимодействия, заключающийся в минимизации затрат ресурсов со стороны пользователя. Он должен выполнять только ту работу, которая необходима и не может быть выполнена системой, не должно быть повторений уже сделанной работы и т.д.

Принцип максимального информационного соответствия. Пользователь ЧМС не должен заниматься дополнительной обработкой информации. Визуальная модель не должна требовать обработки или дополнительной интерпретации.

Принцип минимума времени в диалоге. В процессе информационного взаимодействия пользователь ЧМС должен применять минимальное количество операций или операций, требующих минимального времени.

Принцип когнитивного соответствия. Пользователь ЧМС должен обладать квалификацией и интеллектом для восприятия визуальных образов и их интерпретации.

Принцип комплементарности [22]. Этот принцип требует исключения противоречий между объектом и его моделью и противоречий между цифровой и визуальной моделью. Эти модели должны быть согласованы, то есть комплементарны. Информационная модель может быть согласована по разному. Следует выделить синтаксическую, семантическую, физическую, структурную и системную формы комплементарности.

Синтаксическая комплементарность определяет согласованность и исключение противоречий в правилах информационного взаимодействия при обработке информации.

Семантическая комплементарность заключается в информационного соответствия содержательности данных об объекте и моделях его описания.

Физическая комплементарность определяет соразмерность ЧМС задачам и данным, которые на может хранить и обрабатывать.

Структурная комплементарность определяет согласованность и исключение противоречий в структуре технологии работы ЧМС и структурах моделей.

Системная комплементарность заключается в согласованности между семантической, синтаксической, физической компонентами.

Семантическую, синтаксическую и физическую комплементарность в работе [23] называют информационным морфизмом, что отражает суть трансформации информации с сохранением содержательности.

Системная комплементарность желательна, но возможна только при наличии четких описаний и непротиворечивой исходной информационной структуры модели и структуры процессов обработки. В тоже время структурная комплементарность является более мягким требованием, чем системная комплементарность, поскольку касается логических и физических уровней, но не учитывает концептуальный уровень. Структурная комплементарность в принципе позволяет получать результат, но с большими затратами, чем при системной комплементарности. В целом все виды комплементарности важны для ЧМС.

Заключение

Человеко-машинная система может быть описана двумя качественно разными моделями: высокоформализованной (2), без учета человеческого фактора, и слабо формализованной (1), с учетом человеческого фактора. Обе модели дополняют друг друга. Включение человеческих ресурсов в состав ресурсов ЧМС является ее существенным отличием от других сложных технологических и технических систем. Рост и значение информационных описаний приводит к тому, что в современных ЧМС информационная модель служит основой информационного взаимодействия. В человеко-машинных системах, в отличие от систем компьютерной обработки, именно информационное взаимодействие обеспечивает результат работы системы. В системах компьютерной обработки алгоритмическая обработка без участия человека обеспечивает результат работы системы. В этих системах исключено участие человека, и обработка осуществляется в соответствии с заранее определенным прямым алгоритмом. Такая обработка является быстрой, но при этом «жесткой», так как информационные модели должны быть подогнаны под требования алгоритма. Информационное взаимодействие в ЧМС обеспечивает гибкую обработку информации и адаптацию к разнообразным первичным моделям. Информационное взаимодействие в ЧМС обеспечивает адаптивную обработку и при наличии ошибок измерений или ошибок моделирования. Наличие ошибок или неопределенности данных при алгоритмической обработке исключает их исправление и результат обработки непригоден для использования. Информационное взаимодействие в человеко-машинных системах позволяет проводить коррекцию моделей данных и моделей обработки. Поэтому набор допустимых первичных информационных моделей в этом случае более широкий, чем в алгоритмических системах. Адаптивное информационное взаимодействие в человеко-машинных системах снижает быстродействие системы, но повышает надежность результата и расширяет число решаемых задач. Также применение ЧМС с информационным взаимодействием допускает возможность устранения обнаруженных ошибок. Кроме того, информационное взаимодействие в ЧМС позволяет накапливать эмпирический опыт и модифицировать результаты обработки. Таким образом, информационное взаимодействие в ЧМС дает более широкие возможности по решению задач и устранению ошибок в сравнении с алгоритмическими ИС. Информационное взаимодействие более сложно по структуре, но создает больше возможностей и повышает надежность результатов обработки. Поэтому при проведении новых исследований и решении новых задач ЧМС предпочтительнее обычных компьютерных ИС.

Список литературы

1. Розенберг И.Н., Соловьев И.В., Цветков В.Я. Комплексные инновации в управлении сложными организационно-техническими системами / под редакцией В.И. Якунина. – Москва: Феория, 2010. – 248 с.

2. *Омельченко, А.С.* ГИС как человеко-машинная система и семь принципов академика Глушкова // Геодезия и аэрофотосъемка. 2006. – № 3. – С. 127–133.
3. *Попович П.Р., Губинский А.И., Колесников Г.М., Савиных В.П.* Системный анализ комплексов «Космонавт–техника». – Москва: Машиностроение, 1994. – 192 с.
4. *Цветков, В.Я.* Разработка проблемно ориентированных систем управления. – Москва: ГКНТ, ВНИИ-Центр, 1991. – 113 с.
5. *Gu Y. et al.* WiONE: One-Shot Learning for Environment-Robust Device-Free User Authentication via Commodity Wi-Fi in Man–Machine System // IEEE Transactions on Computational Social Systems. – 2021. – Vol. 8. – № 3. – P. 630–642.
6. *Цветков, В.Я.* Комплементарные отношения // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2019. – № 2(75). – С. 101–114.
7. *Стогний, А.А.* и др. Человеко-машинная система решения задач обработки данных // Алгоритмы и организация решения экономических задач. – 1980. – № 14. – С. 172–195.
8. *Cooke F. L., Schuler R., Varma A.* Human resource management research and practice in Asia: Past, present and future // Human Resource Management Review. – 2020. – Vol. 30. – № 4. – P. 100–778.
9. *Кудж, С.А.* Системный подход // Славянский форум. – 2014. – № 1(5). – С. 252–257.
10. *Tsvetkov, V.Ya.* Information Constructions // European Journal of Technology and Design. – 2014. – № 3(5). – P. 147–152.
11. *Бахарева, Н.А.* Информационное взаимодействие в автоматизированных системах мониторинга и кадастра // Славянский форум. – 2012. – № 1(1). – С. 58–62.
12. *Анохин А.Н., Ивкин А.С.* Человеко-машинный интерфейс для поддержки когнитивной деятельности операторов АС // Ядерные измерительно-информационные технологии. – 2012. – № 1. – С. 41.
13. *Tsvetkov, V.Ya.* Virtual Modeling // European Journal of Technology and Design. – 2016. – № 1(11). – Pp. 35–44.
14. *Болбаков Р.Г., Мордвинов В.А., Сеницын А.В.* Смешанная реальность как образовательный ресурс // Образовательные ресурсы и технологии. – 2020. – № 4 (33). – С. 7–16. doi: 10.21777/2500-2112-2020-4-7-16
15. *Омельченко, А.С.* Геоданные как инновационный ресурс // Качество, инновации, образование. – 2006. – №1. – С. 12–14.
16. *Цветков, В.Я.* Создание интегрированной информационной основы ГИС // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2000. – № 4. – С. 150–154.
17. *Цветков, В.Я.* Информационная модель как основа обработки информации в ГИС // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2005. – № 2. – С. 118–122.
18. *Раев, В.К.* Инфоологические модели как инструмент исследования // Славянский форум. – 2020. – № 3(29). – С. 56–66.
19. *Таненбаум Э., Узеролл Д.* Компьютерные сети. – 5-е изд. – Санкт-Петербург: Питер, 2012. – 960 с.
20. *Докукин, П.А.* Графические информационные единицы // Перспективы науки и образования. – 2015. – № 3. – С. 32–39.
21. *Тупик, Н.В.* Модель мира человека и информационные технологии // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 4. – С. 49–50.
22. *Богоутдинов Б.Б., Цветков В.Я.* Применение модели комплементарных ресурсов в инвестиционной деятельности // Вестник Мордовского университета. – 2014. – Т. 24. – № 4. – С. 103–116.
23. *Ожерельева, Т.А.* Информационное соответствие и информационный морфизм в информационном поле // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. – 2017. – № 4. – С. 86–92.

References

1. *Rozenberg I.N., Solov'ev I.V., Cvetkov V.Ya.* Kompleksnye innovacii v upravlenii slozhnymi organizacionno-tekhnicheskimi sistemami / pod redakciej V.I. Yakunina. – Moskva: Feoriya, 2010. – 248 s.
2. *Omel'chenko, A.S.* GIS kak cheloveko-mashinnaya sistema i sem' principov akademika Glushkova // Geodeziya i aerofotos'emka. 2006. – № 3. – S. 127–133.
3. *Popovich P.R., Gubinskij A.I., Kolesnikov G.M., Savinyh V.P.* Sistemnyj analiz kompleksov «Kosmonavt–tekhnika». – Moskva: Mashinostroenie, 1994. – 192 s.

4. *Cvetkov, V.Ya.* Razrabotka problemno orientirovannyh sistem upravleniya. – Moskva: GKNT, VNTICentr, 1991. – 113 s.
5. *Gu Y. et al.* WiONE: One-Shot Learning for Environment-Robust Device-Free User Authentication via Commodity Wi-Fi in Man–Machine System // *IEEE Transactions on Computational Social Systems.* – 2021. – Vol. 8. – № 3. – P. 630–642.
6. *Cvetkov, V.Ya.* Komplementarnye otnosheniya // *Nauchnyj vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta.* 2019. – № 2(75). – S. 101–114.
7. *Stognij, A.A. i dr.* Cheloveko-mashinnaya sistema resheniya zadach obrabotki dannyh // *Algoritmy i organizaciya resheniya ekonomicheskikh zadach.* – 1980. – № 14. – S. 172–195.
8. *Cooke F.L., Schuler R., Varma A.* Human resource management research and practice in Asia: Past, present and future // *Human Resource Management Review.* – 2020. – Vol. 30. – № 4. – P. 100–778.
9. *Kudzh, S.A.* Sistemnyj podhod // *Slavyanskij forum.* – 2014. – № 1(5). – S. 252–257.
10. *Tsvetkov, V.Ya.* Information Constructions // *European Journal of Technology and Design.* – 2014. – № 3(5). – P. 147–152.
11. *Bahareva, N.A.* Informacionnoe vzaimodejstvie v avtomatizirovannyh sistemah monitoringa i kadastra // *Slavyanskij forum.* – 2012. – № 1(1). – S. 58–62.
12. *Anohin A.N., Ivkin A.S.* Cheloveko-mashinnyj interfejs dlya podderzhki kognitivnoj deyatel'nosti operatorov AS // *YAdernye izmeritel'no-informacionnye tekhnologii.* – 2012. – № 1. – S. 41.
13. *Tsvetkov, V.Ya.* Virtual Modeling // *European Journal of Technology and Design.* – 2016. – № 1(11). – Pp. 35–44.
14. *Bolbakov R.G., Mordvinov V.A., Sinicyn A.V.* Smeshannaya real'nost' kak obrazovatel'nyj resurs // *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii.* – 2020. – № 4 (33). – S. 7–16. doi: 10.21777/2500-2112-2020-4-7-16
15. *Omel'chenko, A.S.* Geodannye kak innovacionnyj resurs // *Kachestvo, innovacii, obrazovanie.* – 2006. – № 1. – S. 12–14.
16. *Cvetkov, V.Ya.* Sozdanie integrirovannoj informacionnoj osnovy GIS // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Geodeziya i aerofotos»emka.* – 2000. – № 4. – S. 150–154.
17. *Cvetkov, V.Ya.* Informacionnaya model' kak osnova obrabotki informacii v GIS // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Geodeziya i aerofotos»emka.* – 2005. – № 2. – S. 118–122.
18. *Raev, V.K.* Infologicheskie modeli kak instrument issledovaniya // *Slavyanskij forum.* – 2020. – № 3(29). – S. 56–66.
19. *Tanenbaum E., Uezeroll D.* Komp'yuternye seti. – 5-e izd. – Sankt-Peterburg: Piter, 2012. – 960 s.
20. *Dokukin, P.A.* Graficheskie informacionnye edinicy // *Perspektivy nauki i obrazovaniya.* – 2015. – № 3. – S. 32–39.
21. *Tupik, N.V.* Model'mira cheloveka i informacionnye tekhnologii // *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya.* – 2009. – № 4. – S. 49–50.
22. *Bogoutdinov B.B., Cvetkov V.Ya.* Primenenie modeli komplementarnyh resursov v investicionnoj deyatel'nosti // *Vestnik Mordovskogo universiteta.* – 2014. – T. 24. – № 4. – S. 103–116.
23. *Ozherel'eva, T.A.* Informacionnoe sootvetstvie i informacionnyj morfizm v informacionnom pole // *ITNOU: Informacionnye tekhnologii v nauke, obrazovanii i upravlenii.* – 2017. – № 4. – S. 86–92.