УДК 004.92

О СИСТЕМАХ ВИРТУАЛЬНОЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ И ИХ ПРИМЕНЕНИИ В МЕДИЦИНЕ

Гольдштейн С.Л.[1], Печеркин С.С.[2], Гольдштейн М.Л.[2]

[1] *ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н.Ельцина», г.Екатеринбург,*
[2]*Институт математики и механики УрО РАН, г.Екатеринбург*

Для систем виртуальной дополненной реальности всех иерархических уровней предложены элементы системной интеграции, позволяющие обеспечить разрешение сложной проблемной ситуации.
Создан пакет системно-структурных моделей в вариантах прототипа и предлагаемого решения, в которых рассмотрены роль и место предложенных элементов.

Показано, что элементы системной интеграции должны стать неотъемлемой частью современных систем виртуальной дополненной реальности, в т.ч. в интересах здравоохранения.

Ключевые слова: система виртуальной реальности, системно-структурная модель, модернизация системы здравоохранения

AUGMENTED VIRTUAL REALITY SYSTEMS AND THEIR APPLICATIONS IN MEDICINE

Goldshtein S.L.[1], Pecherkin S.S.[2], Goldshtein M.L.[2]

[1]Ural Federal University, Ekaterinburg,
[2]Institute of Mathematics and Mechanics,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg

Elements of system integration allowing to resolve problem situations are offered for augmented virtual reality systems of all hierarchical levels. The package of system-structural models in variants of the prototype and the offered solution considering both the role and the place of the offered elements is created. It is shown that the elements of system integration should be an integral part of modern systems of virtual augmented reality, including for public health services.

Keywords: virtual reality systems, system-structural models, modernization of the system public health

Актуальность и постановка задачи

Дополненная (расширенная, augmented) реальность сегодня понимается [1, 2] как технология совмещения изображения реальных объектов с виртуальной реальностью в компьютерной графике. Более полного определения, по-видимому, нет. При этом диапазон предметных задач и программно-аппаратных решений систем виртуальной дополненной реальности (СВДР) чрезвычайно разнообразен по

сложности: от шлема военного летчика с проекциями боевых целей, дополненными информацией по этим целям и вариантами решения боевой задачи, до современных широко распространенных бытовых смартфонов, на экранах которых представлены снимаемые реальные объекты (например, городские) с наложением сведений об этих объектах и задачей выбора интересного объекта. Известны подобные системы для строительных (StruCad, Stru Walker), машиностроительных (AutoCad, AutoDesk), нефтедобывающих (VRGeo), радиотехнических и других САПР, а также для медицины и биологии (Amira5, Dayta Ohio, CaveMan, Erasmus). Однако эти решения ориентированы на штатные, т.е. заранее смоделированные и многократно «проигранные» сценарии. Для разрешения же сложных проблемных ситуаций в складывающихся сценариях известные СВДР функционально недостаточны и структурно неполны.

В данной статье поставлены следующие авторские задачи: развития СВДР на уровне системно-структурных моделей, специфицирования развитой СВДР под одну из медицинских проблем, а также формулирования концептуальной модели СВДР. Побудительным мотивом для постановки этих задач можно считать формулировку типа «дано-требуется». Тогда **дано**: пользователь с задачей соответствующего типа, вызванной ситуацией на реальном объекте; **требуется**: дать подсказку пользователю по решению его задачи на основе развитой СВДР.

Системно-структурные модели СВДР и ее подсистем

Опираясь на системный метод прототипирования [3], ориентированный, во-первых, не только на общепринятые выявление и сопоставление авторитетных мнений об объекте изучения, а в бóльшей степени - на критериальный анализ аналогичных решений с последующим выделением не только наиболее близкого, но и лучшего мирового достижения в качестве прототипа, во-вторых, на генерирование гипотез о предполагаемых решениях по парированию недостатков прототипа, в-третьих, на уточнение целей и задач НИОКР и четкую постановку темы, нами предложен пакет системно-структурных моделей прототипов и предлагаемых решений для СВДР. На рис. 1 представлена системно-структурная модель верхнего уровня СВДР.

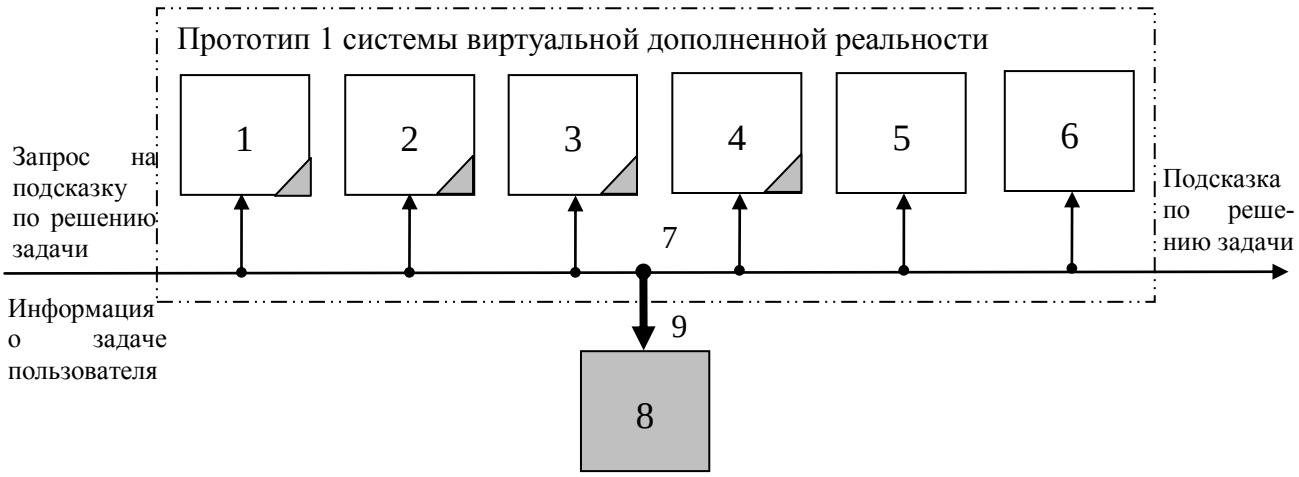


Рис.1 Системно-структурная модель СВДР по прототипу 1 (см., например, [1, 2, 4]) и предлагаемому решению (серый фон, уголки, утолщенная стрелка)

(подсистемы: 1 – фото/видео съемки объектов физической реальности, 2 – виртуальной реальности, 3 – управления созданием и реализацией видео-сценариев, 4 – информационно-компьютерной сетевой поддержки, 5 – аудиоподдержки, 6 – позиционирования пользователя, 8 – системной интеграции 1; 7, 9 – интерфейсов)

Подсистема 1 дает возможность пользователю производить видеосъемку объектов физической реальности, в связи с которыми возникли проблемная ситуация и задача. Подсистема 2 дополняет полученный видеоряд информацией, релевантной сложившейся ситуации. Подсистема 3 позволяет управлять созданием отражающих ситуацию сценариев решения задачи. Подсистема 4 обеспечивает связь аппаратуры пользователя с внешними средствами хранения и обработки информации. Подсистема 5 дает звуковую поддержку (типа Biamp, Crown [5]). Подсистема 6 обеспечивает позиционирование пользователя в пространстве и времени (типа GLONASS). Подсистема 8 призвана предоставить пользователю гида (электронного и/или телеприсутствующего живого) по объекту, а также дать системный анализ ситуации и соответствующую системную подсказку. Интерфейсы 7 и 9 обеспечивают движение потоков информации по соответствующим каналам.

Видно, что основное решение по развитию прототипа 1 связано с модернизацией четырех подсистем (1-4) и введением одной новой (8) с интерфейсом 9. При этом использован компилятивный (сборный) прототип, поскольку общепринятой структуры СВДР пока еще не предложено, по-видимому, ввиду новизны темы. На входе системы – запрос на услугу (подсказку по решению задачи) и информация о задаче, на выходе – ответ / услуга / подсказка.

Представленную таким образом систему верхнего уровня мы подвергли

декомпозированию с целями анализа функциональных возможностей и демонстрации необходимости элементов системной интеграции также на всех нижеследующих уровнях (рис. 2-6).

Подсистема 1, дающая ответ на запрос о виде релевантного задаче пользователя физического объекта и о визуальных проявлениях проблемной ситуации с ним, приведена на рис. 2.

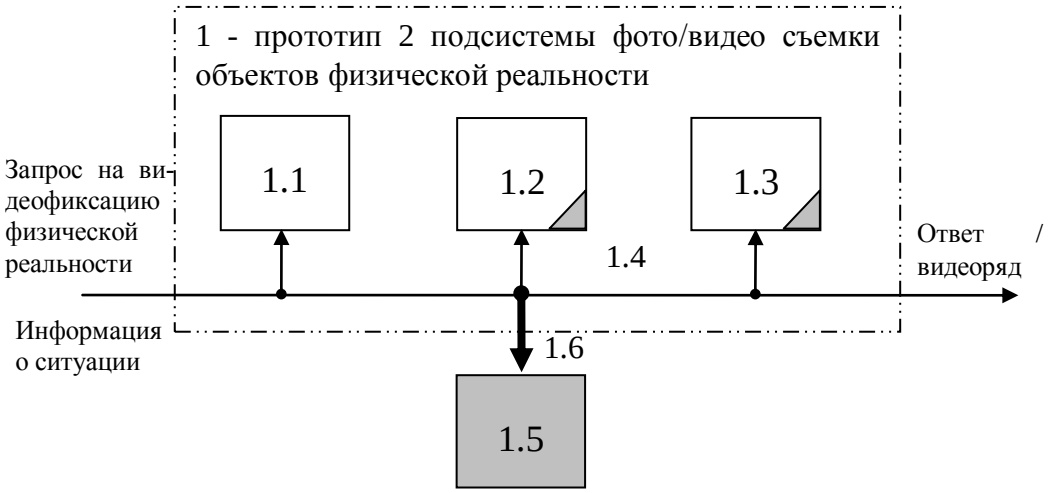


Рис.2 Системно-структурная модель подсистемы фото/видео съемки объектов физической реальности по прототипу 2 (см., например, [5]) и предлагаемому решению

(блоки: 1.1 – позиционирования средства съемки на физическом объекте, 1.2 – мониторинга состояния физического объекта, 1.3 – фиксации объекта и проявлений ситуации с ним, 1.5 – системной интеграции 2; 1.4, 1.6 – интерфейсов)

Блок 1.1 обеспечивает выбор пользователем интересующего физического объекта из ряда реальных объектов, позиционируемых средствами фото или видеосъемки по заданным признакам. Блок 1.2 дает возможность отслеживать состояние физического объекта с требуемой степенью детализации (в целом, по крупным фрагментам, по элементам и т.д.). Блок 1.3 позволяет зафиксировать проявления возможных ситуаций с объектом в целом, с его фрагментами, с элементами и т.п. Блок 1.5 может дать системно-интеграционную поддержку при усложнении ситуации. Интерфейсы 1.4 и 1.6 обеспечивают движение потоков управленческой информации по всем этим действиям.

Решение, предлагаемое для развития этой подсистемы, связано с доработкой блоков 1.2 и 1.3 и введением нового блока 1.5 с интерфейсом 1.6. На входе - запрос на видеофиксацию изображения физического объекта и связанной с ним ситуации, на выходе – зафиксированный на носителе видеоряд адекватного отображения физического объекта и ситуации с ним.

Подсистема 2, предназначенная для отработки запроса на виртуальное наглядное представление ситуации с объектом, приведена на рис. 3.

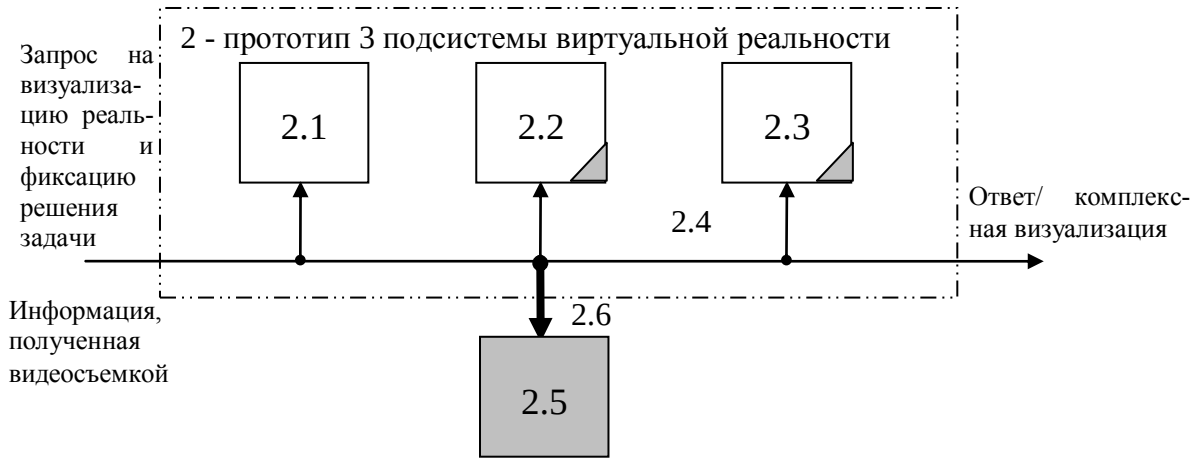


Рис.3 Системно-структурная модель подсистемы виртуальной реальности по прототипу 3 (см., например, [1, 2, 5-7]) и предлагаемому решению

(блоки: 2.1 – наглядного видеоотображения ситуации; 2.2 – абстрактного отображения ситуации, 2.3 – фиксации решения задачи пользователя, 2.5 – системной интеграции 3; 2.4 и 2.6 – интерфейсов)

Блок 2.1 дает наглядное отображение выбранного пользователем физического объекта с визуально-зафиксированными ситуациями. Это отображение может быть представлено с помощью различных средств, например, при использовании мониторов, светодиодных экранов (LED, POLYLED), интерактивных досок (SMART), видеостенок (Mitsubishi),

3D-проекций (Barco) и т.п. аппаратуры. Блок 2.2 обеспечивает автоматическое или ручное дополнение видеоряда абстрактными конструктивами (текст, графика, таблица и т.п.), отражающими, поясняющими и дополняющими ситуацию. Блок 2.3 дает возможность зафиксировать решение задачи пользователя СВДР в виде комплекса двух визуализаций – основной (от блока 2.1) и дополняющей (от блока 2.2). Блок 2.5 может дать системно-интеграционную поддержку при усложнении задачи пользователя. Интерфейсы 2.4 и 2.6 обеспечивают движение информационных потоков.

Развитие подсистемы 2 включает модернизацию блоков 2.2 и 2.3, а также введение дополнительного блока 2.5 с интерфейсом 2.6. На входе подсистемы – запрос на визуализацию задачи и фиксацию ее решения, а также информация, зафиксированная видеосъемкой, на выходе – ответ / комплексная визуализация и вариант решения задачи пользователя.

Подсистема 3, необходимая для управления соответствующими объектами, представлена на рис. 4.

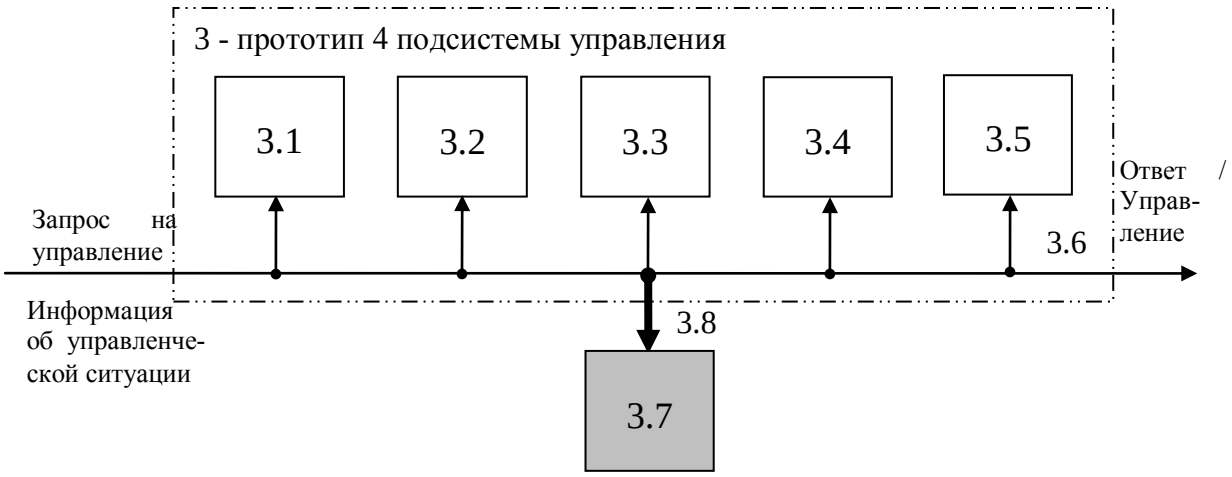


Рис.4 Системно-структурная модель подсистемы управления объектами по прототипу 4 (см., например, [8]) и предлагаемому решению

(блоки: 3.1 – фиксации состояний, 3.2 – критериатора, 3.3 – реализации управления, 3.4 – парирования помех, 3.5 – оценки результатов управления, 3.7 – системной интеграции 4; 3.6, 3.8 – интерфейсов)

Объектами управления (ОУ) при этом выступают: пользователь, изображения (основные) реального физического объекта, изображения (дополнительные) абстрактных

конструктивов, сценарии решения задачи пользователя. Цель управления: перевод объектов управления из исходного состояния в требуемое для решения задачи пользователя.

Блок 3.1 необходим для фиксации фактического и требуемого состояний ОУ. Блок 3.2 - для задания критериев качества результата и процесса управления. Блок 2.3 – для реализации управленческого ресурса. Блок 3.4 – для парирования помех. Блок 3.5 – для оценки результатов управленческого воздействия и воздействия помех, оставшихся после их подавления. Блок 3.7 – для системно-интеграционной поддержки при усложнении управленческой ситуации. Интерфейсы 3.6 и 3.8 предназначены для обеспечения движения информационных потоков. При визуализации информации в ряде систем виртуальной реальности используют интегрированное управление типа Crestron [5].

Решение по развитию подсистемы 3 состоит в реализации дополнительной функции, обеспечиваемой блоком 3.7 с интерфейсом 3.8. На входе подсистемы – запрос на управление и соответству-

ющая информация, на выходе – ответ / управление.

Подсистема 4, ориентированная на информационно-компьютерную сетевую поддержку, приведена на рис. 5. Решение по развитию подсистемы 4 состоит во введении блока 4.5 с интерфейсом 4.6 и в модернизации блоков 4.1 – 4.3. На входе подсистемы – запрос на поддержку и релевантная информация, на выходе – ответ / поддержка.

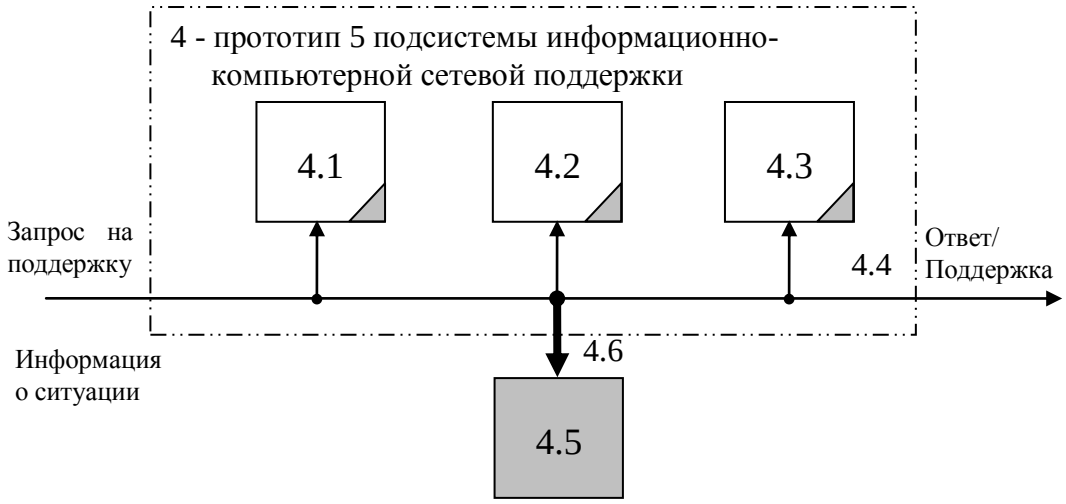


Рис.5 Системно-структурная модель подсистемы информационно-компьютерной сетевой поддержки по прототипу 5 (см., например, [9]) и предлагаемому решению

(блоки: 4.1 – вычислительной мощности, 4.2 – хранения информации (типа Media Site), 4.3 – трафика, 4.5 – системной интеграции 5; 4.4, 4.6 – интерфейсов)

Одним из перспективных вариантов реализации подсистемы 4 можно считать облачный сервис через уровни IaaS, PaaS, SaaS, DaaS (см., например, [10]).

Пример системно-структурной модели одного из блоков СВДР, ориентированного на медицину

На следующем уровне декомпозиции структура СВДР доведена нами до узлов. На рис.6 данный уровень рассмотрен на примере диагностико-исследовательских медицинских установок [11,12].

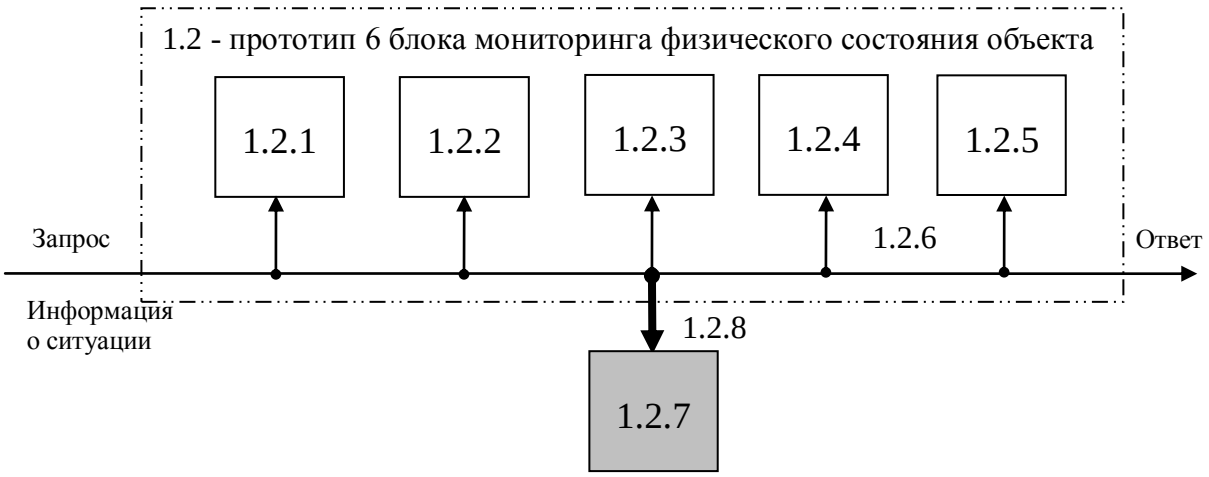


Рис.6 Системно-структурная модель блока мониторинга физического состояния объекта (пациента) по прототипу 6 (см., например, [11,12]) и предлагаемому решению

(узлы, представленные средствами: 1.2.1 – УЗИ, 1.2.2 – КТ, 1.2.3 – МРТ, 1.2.4 – ОФЭКТ, 1.2.5 – ПЭТ, 1.2.7 – системной интеграции 6; 1.2.6, 1.2.8 – интерфейсов; УЗИ – ультразвуковое исследование, КТ – компьютерная томография, МРТ – магнито-резонансная томография, ОФЭКТ – однофотонная эмиссионная компьютерная томография, ПЭТ – позитроно-эмиссионная томография)

В данном примере блок 1.2 обеспечивает обработку запроса на мониторируемую визуализацию обследуемого органа пациента. Видно, что дополнительно введен узел 1.2.7 с интерфейсом 1.2.8. На входе подсистемы – запрос на мониторинг, на выходе – ответ / видеоизображение обследуемого органа.

Уровни системной интеграции

Из рис. 1-6 видно, что основная идея развития СВДР связана с регулярным применением системной интеграции (СиИн). При этом под СиИн обычно понимают [13, 14] процессы объединения, настройки и использования информационных систем для разрешения проблем заказчика. Системно-структурная модель СиИн приведена на рис. 7.

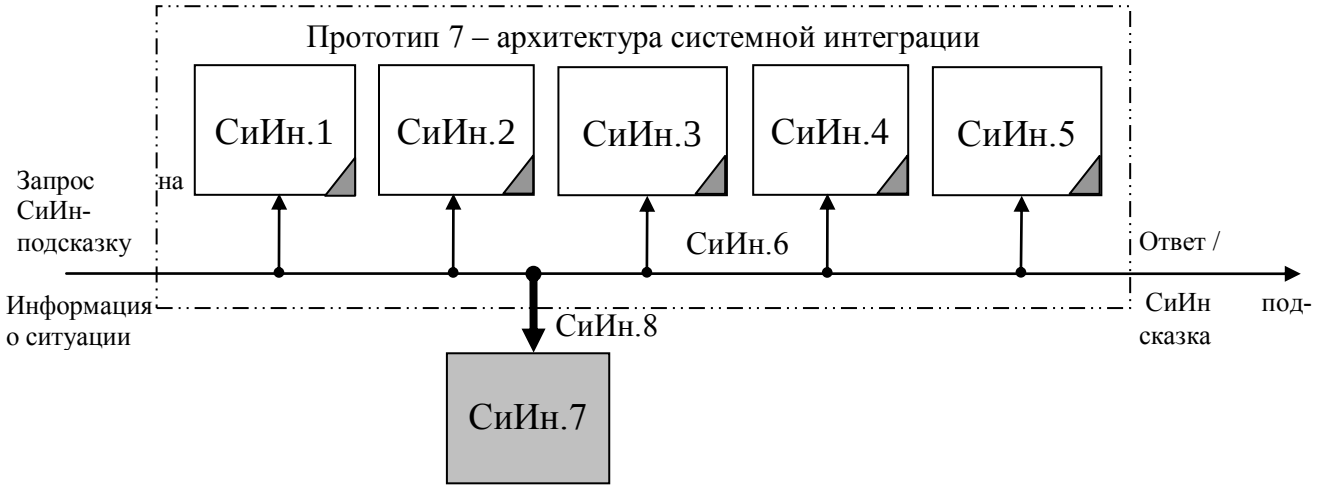


Рис. 7 Системно-структурная модель инвариантной архитектуры системной интеграции

(механизмы СиИн: 1 – интегрированного бизнеса заказчика, 2 – системно-интегра-ционной логистики, 3 – интегрированных информационных технологий на рынке, 4 – разработки информационных технологий в аутсорсинге, 5 – компьютерной визуализации, 7 - интегрированной системно-когнитивной поддержки; 6, 8 – интерфейсов)

Механизм СиИн.1 обеспечивает интеграцию бизнеса заказчика под единую информационную платформу. Механизм СиИн.2 нужен для поставки заказчику информационных технологий (либо готовых рыночных, либо выполненных сторонним разработчиком по индивидуальному заказу). Механизм СиИн.3 представляет собой рынок готовых интегрированных программно-аппаратных решений. Механизм СиИн.4 – это рынок разработчиков, готовых выполнить индивидуальный заказ по IT-запросу. Механизм СиИн.5 поддерживает системные решения средствами компьютерной визуализации информации [15,16]. Механизм СиИн.7 призван дать системно-техническую и системно-аналитическую поддержку [17], с одной стороны, и системно-когнитивную человеко-машинную поддержку [18], с другой. Развитие прототипа 7 предлагается за счет введения механизма СиИн.7.

Анализируя решения, приведенные на рис. 1-7, можно выделить специфические функции, которые выполняет системная интеграция на разных уровнях иерархии СВДР (табл.).

Таблица
Уровни, механизмы и объекты СиИн

Уровни системной интеграции	Механизмы СиИн	Объекты системной интеграции
0	Системная интеграция 1	система виртуальной дополненной реальности
1	Системная интеграция 2	подсистема физической реальности
	Системная интеграция 3	подсистема виртуальной реальности
	Системная интеграция 4	подсистема управления физическим и виртуальным объектами
	Системная интеграция 5	подсистема информационно-компьютерной сетевой поддержки
2	Системная интеграция 6	блок мониторинга физического объекта
	Системная интеграция 7	механизм системно-когнитивной поддержки

О применении СВДР в системе здравоохранения

Системы виртуальной дополненной реальности могут найти самое широкое применение в здравоохранении. Одной из перспективных глобальных целей может быть, например, создание высокотехнологической базы для НИОКР и подготовки кадров по нано-, био-, инфо- и когно-конвергентным технологиям в интересах системы здравоохранения. Тогда, локальная цель 1: новые знания о процессах и о функционировании пациента, его систем и органов (например, головы пациента при детском церебральном параличе), новые алгоритмы обработки медицинских данных и развитые численные методы обработки. Локальная цель 2 – практическое использование нового знания в клинике. Задачи: диагностика, НИР, консалтинг, в т.ч. телемедицина и видеоприсутствие, подготовка кадров (врачи, специалисты, бакалавры, магистры, кандидаты и доктора наук) и повышение квалификации.

СВДР могут работать в составе ситуационных центров, конференц-залов, переговорных комнат, диспетчерских, дисплейных систем, телекоммуникаций, 3D-визуализаций, трансферов, учебных классов. Все эти современные средства визуализации информации представляют большой интерес и в системе здравоохранения.

Так, например, в рамках проекта «Ядерно-медицинский системно-интеграционный комплекс» [19] предлагается создание ядерно-медицинской установки на основе позитронно-эмиссионного сканера – супервычислительной среды – кубической и голографической визуализаций – системной интеграции. При этом 3D-проекция или голограмма человеческого органа должны отражать динамические обмен-

ные процессы в живом, а кубическая визуализация – процессы разрешения проблемной диагностической, лечебной или исследовательской ситуации.

Концептуальная модель СВДР

На основе всего вышеизложенного можно дать хотя бы первую версию концептуальной модели СВДР. СВДР – объект, выполняющий функции: фиксации физической реальности в изображении и звуке и ее дополнения заранее собранными и хранимыми данными, знаниями, опытом и мудростью путем оперативного совмещения необходимых видов визуально-звуковой информации при запуске и решении задачи на основе подсистем: фото/видео съемки физической реальности, виртуальной реальности, управления созданием и реализацией сценариев, компьютерно-сетевой поддержки, аудиоподдержки и системной интеграции, **направленные** на разрешение проблемной ситуации пользователя **с целью** обеспечения пользователю эффективного функционирования во внешней среде.

Результаты и выводы

1. Поставлена научная задача развития системы виртуальной дополненной реальности (СВДР).
2. Предложен пакет системно-структурных моделей СВДР со средствами системной интеграции для самой системы, ее подсистем, блоков и узлов.
3. Приведена инвариантная структура предлагаемых средств системной интеграции в вариантах прототипа и предлагаемого решения.
4. Рассмотрены задачи применения СВДР в системе здравоохранения.
5. Предложена первая версия концептуальной модели СВДР.

Список литературы

1. Волков Д. Технология «расширенной реальности» // Бизнес-журнал, №3. - 2010. - URL: http: //www.marketing.spb.ru/mr//it/ar.htm (дата обращения: 25.02.2011)
2. Дополненная реальность . – URL: http: //www.arinvent.ru (дата обращения: 24.02.2011)
3. Гольдштейн С.Л. Системный метод прототипирования / С.Л.Гольдштейн, С.С.Печеркин // Вестник РАЕН. - 2010.- № -1. - С. 45-50.
4. Гольдштейн С.Л. О принадлежности запросно-ответных потоков физической и/или виртуальной реальностям / С.Л.Гольдштейн, Н.А.Свинина // Сб. материалов VII международной НПК «Новые образовательные технологии в вузе» - Екатеринбург: УГТУ-УПИ, ч.2. – 2010. - С. 227-232.
5. Визуализация информации. Каталог 2010-2011, - М.: Полимедиа, 2010 - 113 с.
6. Burdea G.C. Virtual reality technology / G.C. Burdea, P. Coiffet // - New jersey: Wiley - 2003. - 464 p.
7. Durlach N. Virtual reality: scientific and technological challenges / N. Durlach, A.S.Mavor // Washington, DC: NAS. – 1995. - 542 p.

8. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А.Красовского, - М: Наука, 1987 - 531 с.
9. Гольдштейн М.Л. Опыт создания ВЦ на базе МВС-100, МВС-1000 / М.Л.Гольдштейн // Сб. «Алгоритмы и программные средства параллельных вычислений» - Екатеринбург: ИММ УрО РАН, 1999. - вып. 3. -С. 48-56.
10. Utility – компьютинг и облачные вычисления. – URL: http://www.compress.ru/article.aspx?id=20755&iid=945 (дата обращения: 25.02.2011)
11. Лучевая диагностика заболеваний печени (МРТ, КТ, УЗИ, ОФЭКТ, ПЭТ) / Под ред. Г.Е.Труфанова. – М: ГЭОТАР - Медиа, 2008 - 264 с.
12. Лукьянов А.Э. Метод научной визуализации как инструмент исследования развития патологии челюстно-лицевой системы и прогнозирования последствий медицинских вмешательств / А.Э. Лукьянов, С.В.Клименко, А.П.Бобров, А.Г.Смирнов // Институт стоматологии, №3. – 2007. - С. 1-2.
13. Авербух В.Л. Специализированные системы научной визуализации . – URL: http: //www.cu.imm.uran.ru/upboads/www_cv_imm_urfn_ru/basia-upload/3474150.pdf (дата обращения: 25.02.2011)
14. Гольдштейн С.Л. Системная интеграция бизнеса, интеллекта, компьютера. / С.Л.Гольдштейн. - Екатеринбург: ИД «Пироговъ», 2006, - 392 с.
15. Зенкин А.А. Когнитивная компьютерная графика / А.А. Зенкин - М: Физматгиз, 1991 - 191 с.
16. Печеркин С.С. Теоретическое описание и развитие системной интеграции для научно-практических структур: автореферат дис… к.ф.-м.наук: 05.13.18 / Печеркин Сергей Сергеевич- Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2002. - 19 с.
17. Гольдштейн С.Л. Введение в системотехнику и системологию / С.Л. Гольдштейн, Т.Я.Ткаченко - Екатеринбург: ИРРО, 1994. - 198 с.
18. Гольдштейн С.Л. Электронная нервная система фирмы / С.Л.Гольдштейн. // Сб. «Инжиниринг. Инновации. Инвестиции», №6 - Челябинск: ЧНЦ РАЕН. - С. 128-143.
19. Гольдштейн С.Л. О системной модернизации ядерно-медицинской установки / С.Л.Гольдштейн, С.С.Печеркин, М.Л. Гольдштейн // Вестник Уральской медицинской академической науки, № 4. – 2010.- С. 31-33.

Гольдштейн Сергей Людвигович - д.т.н., проф., зав. каф. вычислительной техники УрФУ, научный консультант ГУЗ СО ДКБВЛ НПЦ «Бонум», тел. (343) 3759520, e-mail: vtsl@dpt.ustu.ru