

**МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА ПРИ ОКАЗАНИИ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ**

*Горбачев Д.В., Преснов А.А., Студянникова М.А.
Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики,
Оренбургский филиал, Оренбург, РФ
E-mail: gordi47@mail.ru*

Предлагается подход к построению инфраструктурных компонентов информационной системы учреждения здравоохранения, основывающийся на существующих потоках данных между участниками лечебно-диагностического процесса. Специфика предлагаемого подхода состоит в построении аналитическо-имитационной модели. Моделирование в данном случае дает необходимую для объективных расчетов информацию о нагрузках на узлы инфраструктуры.

Ключевые слова: лечебно-диагностический процесс, информационное взаимодействие, уровневая архитектура системной аналитическо-имитационной модели, база показателей и параметров моделирования, реляционная система, блок интеллектуального выбора, модели математических схем.

Введение

Организационно-управленческая структура медицинской организации на сегодняшний день имеет установившийся вид (см. рис. 1) и включает в себя основные (лечебные) подразделения, управленческие службы и отделы, подразделения обеспечения. Основным процессом, реализуемым медицинской организацией, является лечебно-диагностический процесс (ЛДП), суть которого заключается в оказании медицинской помощи населению.

В современной медицинской организации этот процесс протекает в соответствии со стандартами (их в настоящее время более тысячи) и порядками оказания медицинской помощи по видам нозологий. Применение стандартов и порядков в значительной мере регламентирует ЛДП, что, в свою очередь, позволяет формализовать подпроцессы, операции и работы диагностики, лечения, профилактики и реабилитации.

Кроме того, для любой медицинской организации, как для экономического объекта, характерными являются следующие бизнес-процессы: организационное управление; стратегическое управление; управление финансами; управление маркетингом; управленческий учет; экономическое управление; логистическое управление; управление персоналом.

В современных медицинских организациях и лечебно-диагностический, и бизнес-процессы

активно автоматизируются с помощью информационных систем и программно-аппаратных комплексов. Наиболее известные примеры приложений комплексной автоматизации ЛДП с помощью медицинской информационной системы (МИС) приведены в [1].

Постановка задачи

Анализ наиболее распространенных в отечественном здравоохранении МИС показывает, что основной функцией, реализованной в них, является информационно-учетно-аналитическая, предполагающая ведение информационных баз и справочников, учет отношений медицинская организация ↔ пациент и формирование отчетов по медицинской статистике. Вместе с тем большой интерес представляет решение проблемы организации эффективного информационного взаимодействия между участниками лечебно-диагностического процесса. Эти решения, в свою очередь, позволяют сформировать инфраструктуру МИС с учетом специфики медицинской организации. Такими специфическими чертами являются:

- основной объект деятельности – человек;
- высокая техническая оснащенность сложным медицинским лечебно-диагностическим оборудованием;
- наличие больших объемов накопленных данных, необходимых как для оперативной работы учреждения, так и для статистики и аналитики;

- требование к открытости медицинской организации, предполагающее активное распространение собственного опыта и использование новых известных передовых достижений медицины в своей деятельности.

Все эти факторы в обязательном порядке должны учитываться при проектировании МИС и, особенно, при создании ее инфраструктуры. Таким образом, задача современного развития МИС заключается в разработке такой методиче-

ской платформы проектирования инфраструктуры системы, которая бы наилучшим образом обеспечивала решение задач лечебно-диагностического и бизнес-процессов, а также предоставляла необходимые сервисы в соответствии с социально-экономической спецификой данного объекта. Поскольку наименее формализованным в настоящее время является ЛДП, то в дальнейшем в исследовании проводится разработка моделирующей платформы именно для него.



Рис. 1. Организационная структура Областной клинической больницы (вариант)

Решение задачи

Решение поставленной задачи выполняется в соответствии со следующей шестиуровневой моделью.

1. Разработка вербальных моделей ЛДП – обеспечивается понимание масштаба системы (медицинской организации), характера внутренних и внешних взаимосвязей.

2. Разработка типовых алгоритмов основных операций ЛДП – позволяет перейти к решению задач локальной формализации процессов с помощью типовых математических схем моделирования.

3. Разработка типовых формальных моделей, описывающих ЛДП и позволяющих получать оценки качественных характеристик.

4. Разработка способа интерпретации информационных взаимосвязей модельных объектов

и реальных объектов участников информационного обмена в целях получения количественных оценок параметров связей.

5. Формирование технических требований к элементам инфраструктуры с учетом интенсивности и объема информационного потока и специфики данных в этом потоке.

6. Решение задачи проектирования как задачи комплектования инфраструктуры МИС оборудованием с необходимыми функциональными характеристиками и наименьшей стоимостью.

Концептуальная основа построения архитектуры системной аналитико-имитационной модели (АИМ) процессов медицинской организации была заложена при выполнении исследования [2]. В соответствии с введенным математическим формализмом основополагающим принципом при построении АИМ является блочно-мо-

дульный принцип, отличительной особенностью которого является то, что каждый модуль представляет собой модель ЛДП, а объединение отдельных модулей в единую систему осуществляется посредством операторов сопряжения, определяемых в терминах алгебраической модели. Структурно-функциональная схема АИМ по лечебно-диагностическому процессу медицинской организации приведена на рис. 2.

Из схемы на рис. 2 видно, что модель представляет собой «четырёхместную конструк-

цию», компонентами которой являются субъект; задача, решаемая субъектом; объект-оригинал и язык описания или способ воспроизведения модели. Особую роль в структуре обобщенной модели играет решаемая субъектом задача. Вне контекста задачи или класса задач понятие модели не имеет смысла. Паре «задача-объект» тоже соответствует множество моделей, содержащих в принципе одну и ту же информацию, но различающихся формами ее представления или воспроизведения.

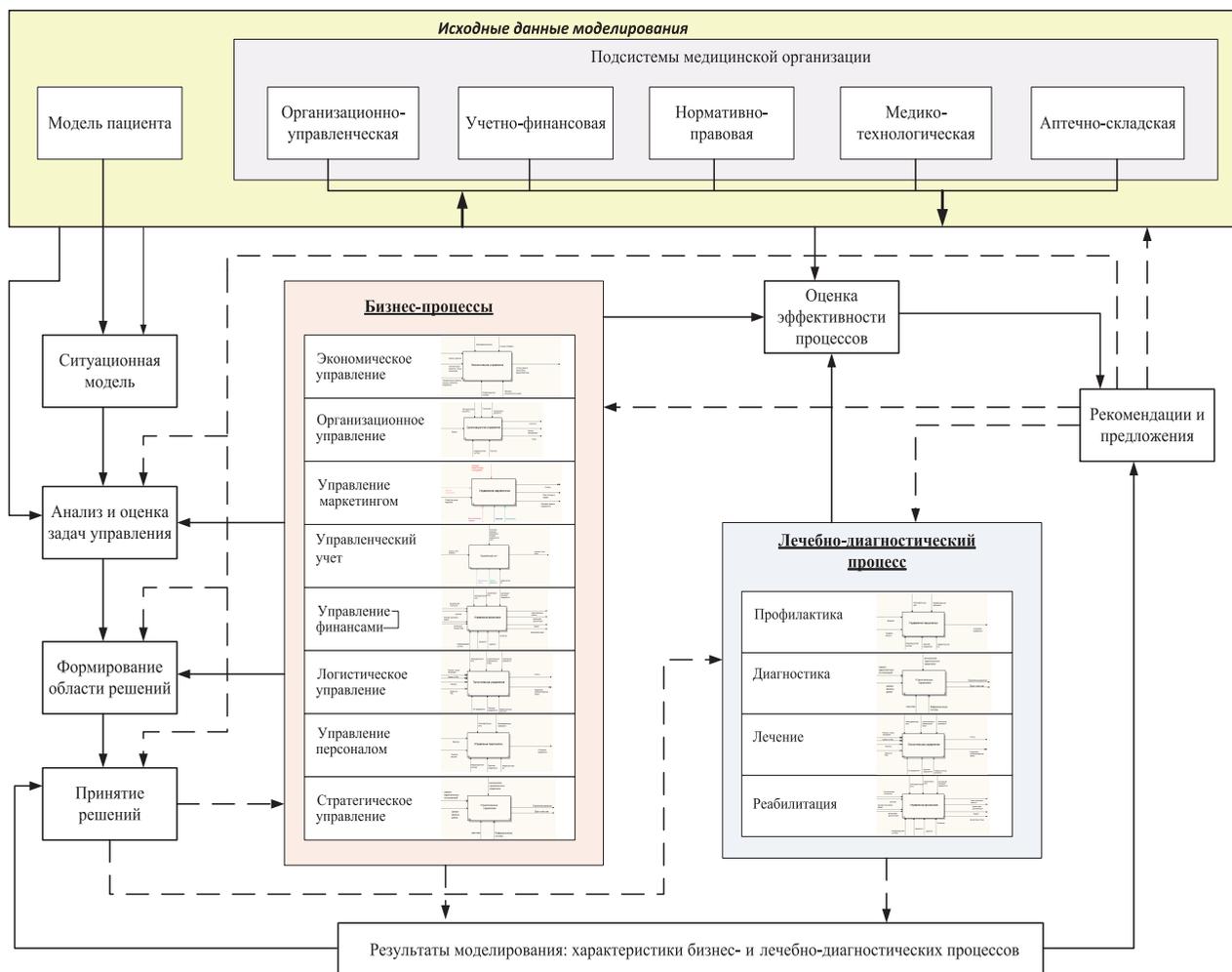


Рис. 2. Структурно-функциональная схема АИМ

Модель, по определению, является лишь относительным, приближенным подобием объекта-оригинала и в информационном отношении всегда беднее последнего. Частным, но весьма важным для развитых в теоретическом отношении научных и технических дисциплин является случай, когда роль объекта-моделирования в исследовательской или прикладной задаче играет не фрагмент реального мира, рассматриваемый непосредственно, а некая идеальная конструк-

ция, то есть другая модель, рассматриваемая как практически достоверная. Подобное вторичное, а в общем случае n -кратное, моделирование может осуществляться теоретическими методами с последующей проверкой получаемых результатов по экспериментальным данным. Возможность создания модели, адекватно отражающей функционирование бизнес-системы как системного объекта, и эффективность реализации этой модели в значительной степени закладываются при

проведении системной классификации параметров и показателей качества системы.

Развитие положений системного подхода к анализу действующих факторов, определяющих ход ЛДП, позволяет сформировать базу показателей и параметров моделирования. В основу этой базы закладывается классификация множества характеристик системы по ряду признаков, подразделяющихся на две основные группы: определяющие (основные) Δ^* и второстепенные (неосновные) $\bar{\Delta}$ показатели, параметры и характеристики [3-4].

В число и тех, и других входят:

- факторы, характеризующие внешнюю среду F_e ;
- параметры, определяющие назначение системы H_c ;
- оценочные показатели эффективности процессов Π_o .

В свою очередь, факторы F_e отражают условия, в которых развивается процесс: система нормативных и регламентирующих документов, ресурсное обеспечение, научные и методические положения и требования.

Параметры H_c включают в себя характеристики процессов по уровням моделирования: экономические показатели, медико-технологические показатели, показатели организационно-управленческого характера. Показатели Π_o представляют собой оценки эффективности бизнес-процессов как основной составляющей бизнес-системы предприятия.

Весь комплекс показателей можно записать как

$$\mathfrak{R} = \Delta^* \cup \bar{\Delta} = \langle F_B^* \cup H_C^* \cup \Pi_O^* \rangle \cup \langle \bar{F}_B \cup \bar{H}_C \cup \bar{\Pi}_O \rangle,$$

где множества F_e , H_c , Π_o имеют следующую структуру:

$$F_{\%o} = \{f_{\%o}^{(1)}, f_{\%o}^{(2)}, \dots, f_{\%o}^{(k)}\}; H_C = \langle X_{(i)} \cup M_{(i)} \rangle,$$

$$X_{(i)} = \{x_{(i)}^1, x_{(i)}^2, \dots, x_{(i)}^l\} - \text{характеристики бизнес-процессов,}$$

$$M_{(i)} = \{\mu_{(i)}^1, \mu_{(i)}^2, \dots, \mu_{(i)}^l\} - \text{медико-технологические показатели ЛДП;}$$

$$n_- = \langle \{h\} \cup \hat{M}_{(i)} \cup \hat{Z}_{(i)} \rangle,$$

где κ – критерий эффективности функционирования медицинской организации;

$\hat{M}_{(i)}$ – оценки медико-технологических показателей, характеризующие качество организации ЛДП;

$\hat{Z}_{(i)} = \{\hat{z}_{(i)}^1, \hat{z}_{(i)}^2, \dots, \hat{z}_{(i)}^v\}$ – оценки экономических затрат на реализацию управленческих решений. Разделение показателей на группы позволяет определить их место в общей иерархии и их сравнительную значимость.

Всю совокупность показателей \mathfrak{R} целесообразно разбить на следующие классы:

- фиксируемые W – задаются до начала разработки модели и не изменяются в процессе моделирования;
- управляемые G – подлежат выбору при моделировании;
- оценки качества Q – характеризуют уровень соответствия системы предъявляемым требованиям.

При этом множества $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$, $G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$, $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$, являются собственными непересекающимися подмножествами $W \cup G \cup Q = \emptyset$.

Множество $G \cup Q = \mathfrak{R} \setminus W$ определяет изменяемую (оптимизируемую) часть моделируемой системы, а множество W – ограничения типа равенств, неравенств, дискретности и другие, в которых происходит поиск решения задачи оптимизации.

В достижении цели проводимого исследования, заключающейся в решении задачи соответствия инфраструктуры информационной системы и системы ЛДП медицинской организации, данная классификация показателей играет роль аналитической платформы, поскольку является полностью формализованной частью имитационной модели. А также она составляет основу базы данных (БД) программной модели.

Важнейшим условием решения задачи имитации функционирования медицинской организации как сложной системы является разработка облика (архитектуры) имитационной модели и подготовка математических моделей процессов, устанавливающих достоверные аналитические зависимости между показателями системы. В стандарте ANSI/IEEE 1471-2000is дается следующее определение архитектуры: «фундаментальная организация системы, реализованная в ее компонентах, связях этих компонентов друг с другом и внешней средой и принципах, определяющих структуру и развитие системы» [5].

Архитектура имитационной модели представляет собой комплексный набор моделей, описывающих структуру и функции элементов системы. Исходя из выбранной концепции построения имитационной модели бизнес-процессов предприятия архитектурный облик имитационной программной системы представляет

собой комплекс модулей, реализующих ту или иную операцию управления ЛДП.

В качестве технологической имитационной основы в архитектуру модели закладывается клиент-серверный вариант, поскольку данная технология обладает достаточной гибкостью, хорошо проработана в плане технической реализации и поддерживается всеми средами разработки программных решений. При этом сервер представляет собой ресурс, который предоставляется второму участнику процесса обработки – клиенту, – для непосредственного выполнения вычислительных операций. В роли сервера в проектируемой архитектуре выступает информационный массив, представляющий собой набор определенным образом составленных баз данных. Многобазовый подход к построению серверной части обуславливается большим количеством и сложностью реляционных структур исходных данных и результатов моделирования.

В самом общем смысле клиент – это потребитель ресурсов. Клиентами в предлагаемой архитектуре являются программные модули имитационной модели, производящие вычисления на основе выбираемых из базы данных инфор-

мации. Для построения клиентов используются механизмы объектно-ориентированного программирования. Интерфейсы между клиентом и сервером строятся в соответствии с технологиями, закладываемыми в возможности среды программирования: OLE DB, ActiveX, ADO, BDE.

Таким образом, с учетом описанных решений архитектура системной комбинированной имитационной модели принимает вид, приведенный на рис. 3. Каждая БД информационного массива АИМ представляет собой реляционную систему, хранящую сведения о характеристиках и параметрах ЛДП.

Ядро имитационной системы предоставляет человеко-машинные интерфейсы для взаимодействия оператора с моделью. Интерфейсы имеют три режима организации такого взаимодействия: на основе шаблонов, конструктора, мастера. С помощью интерфейса оператор осуществляет построение схемы моделирования, устанавливает время и число прогонов модели, определяет эндогенные и экзогенные переменные, определяет структуру бизнес-процессов. Кроме того, модуль интерфейсов имеет связь с другими модулями ядра. Связь с модулем визу-

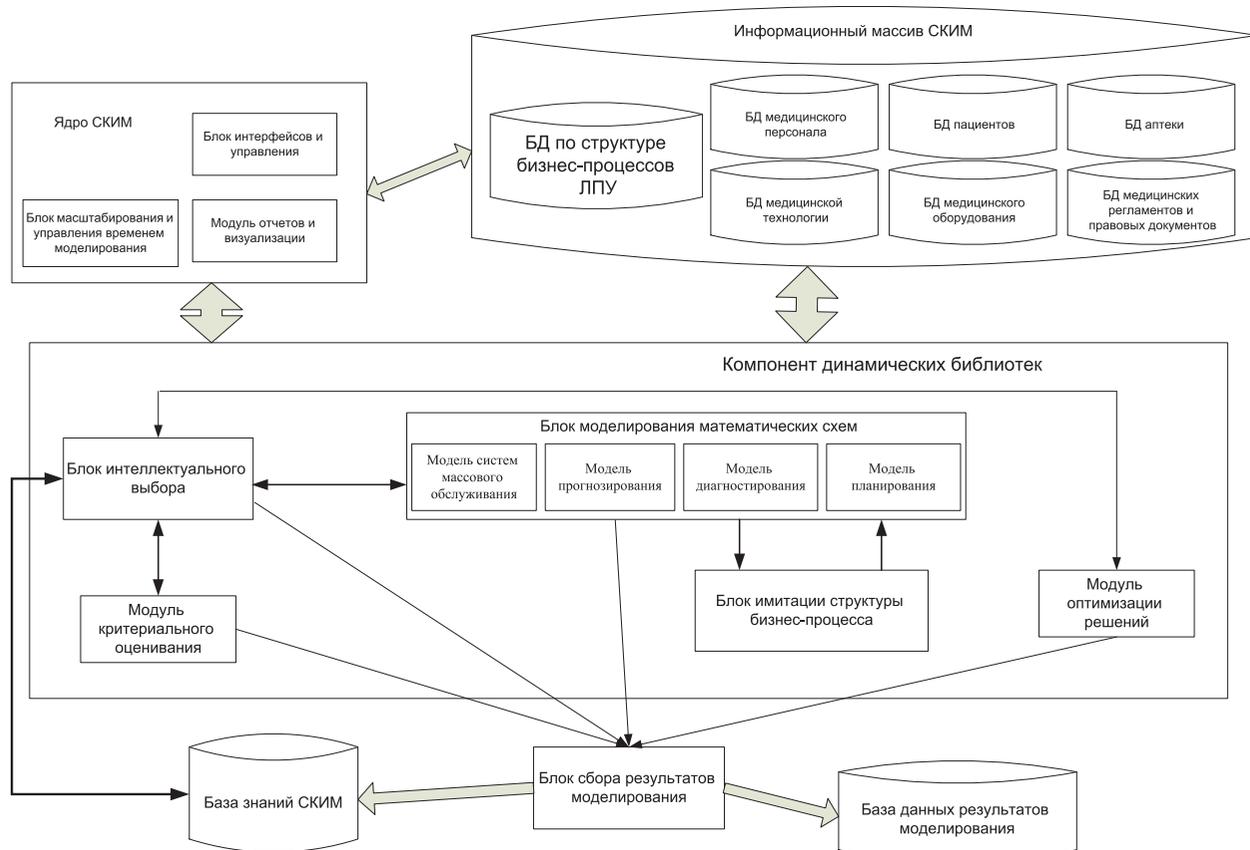


Рис. 3. Архитектура АИМ моделирования бизнес-процессов

ализации позволяет формировать, сохранять и выводить на печать отчеты по работе модели. Взаимодействие с блоком масштабирования и управления временем позволяет установить временной масштаб моделирования и дискретности наблюдения и фиксации результатов моделирования. Таким образом, ядро системы моделирования посредством манипуляций оператора создает модельную ситуацию и регламентирует процесс имитации функционирования предприятия.

В блоке интеллектуального выбора решаются задачи формирования альтернатив и области принятия решений. Действием, предваряющим формирование альтернатив, является анализ и оценка задачи управления, в результате чего делается вывод о том, является ли модельная ситуация задачей управления или сформированная задача поставлена некорректно по отношению к целям имитационного моделирования. Формирование альтернатив происходит с использованием информации из баз данных АИМ, с учетом модельной ситуации, а также накопленных знаний. При этом реализуются алгоритмы интеллектуального анализа и поиска знаний в базах данных (DM и KDD). Найденные альтернативы (возможно, несколько) и создают область решения задачи управления, в которой выбирается подмножество, характеризующее конкретную обстановку.

Блок моделирования математических схем реализует соответствующие алгоритмы моделей и позволяет получать численные характеристики показателей ЛДП. Выстраивание алгоритмов моделирования подпроцессов ЛДП в последовательную цепочку запусков осуществляется с помощью блока имитации структуры лечебно-диагностического процесса. При этом сама структура ЛДП формируется на основе ситуационной схемы оператором путем включения тех или иных операций процесса с учетом модели пациента.

Модули критериального оценивания и оптимизации решений оценивают эффективность управления ЛДП и возможность его совершенствования. Все результаты, имеющие значение с точки зрения имитации подпроцессов ЛДП и выраженные в виде числового показателя или показателя признака (1, 0), посредством блока сбора результатов помещаются в базу данных. Этот же блок выполняет функции формирования знаний, которые помещаются в базу знаний. Все модули АИМ являются реентерабельными.

Заключение

Предлагаемый методический подход позволяет создать эффективный инструментарий исследований подпроцессов и операций лечебно-диагностического процесса медицинской организации, получить необходимые для его оценки значения показателей и принять решения о комплектовании инфраструктуры медицинской информационной системы. В следующих разделах приводятся вербальные модели подпроцессов ЛДП и выводятся показатели, с помощью которых можно оценить те или иные характеристики процессов: занятость персонала, использование медицинского оборудования, информационную загруженность каналов связи и т.д.

Литература

1. Мухин Ю. Информационные технологии в медицине 2015. URL: http://itm.consef.ru/dl/2015/2015_IT_in_Medicine_Russia_Annual_review.pdf (д.о. 17.11.2015).
2. Горбачев Д.В. Обоснование технологии ремонта изделий РЭА боевых средств ЗРС фронтового звена за счет оптимизации структуры системы ТО и ремонта // Дисс. к.т.н. СПб, 1997. – 16 с.
3. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. М.: Высшая школа, 2009. – 344 с.
4. Моделирование процессов предприятия в распределенной среде // Отчет о НИР «Технология разработки инфраструктуры РВС при решении задач управления предприятием на основе ИМ процессов». Этап 2. Оренбург: ОГИМ, 2011. – 197 с.
5. Платт М. Обзор архитектуры Microsoft. URL: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms123401.aspx> (д.о. 01.11.2015).
6. Коробов Н.В., Котов Н.М., Лебедев Г.С. и др. Построение информационной системы оценки медицинских технологий // Информационно-измерительные и управляющие системы. Т. 11, №10, 2013. – С. 51-56.
7. Гусев А.В. Рынок медицинских информационных систем: обзор, изменения, тренды // Врач и информационные технологии. №3, 2012. – С. 6-15.
8. Лебедев Г.С. Методика оценки потенциальной эффективности информационных систем здравоохранения // Информационно-измерительные и управляющие системы. Т. 8, №12, 2010. – С. 62-69.

Получено 10.02.2016

Горбачев Дмитрий Владимирович, к.т.н., доцент Кафедры математических и естественно-научных дисциплин Оренбургского филиала Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ОФ ПГУТИ). Тел. +7 912 843 04 12. E-mail: gor-di47@mail.ru

Преснов Алексей Андреевич, к.п.н., доцент, директор ОФ ПГУТИ. Тел. +7 922 855 99 99. E-mail: presnov.aleksey@mail.ru

Студяникова Марина Александровна, к.т.н., доцент, заместитель директора по научно-методической работе ОФ ПГУТИ. Тел. +7 905 819 44 82. E-mail: studyannikovam@mail.ru

METHODOLOGICAL APPROACH TO DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM INFRASTRUCTURE FOR HEALTH CARE DIAGNOSTIC AND TREATMENT PROCESS

Gorbachev D.V., Presnov A.A., Studyannikova M.A.

Orenburg branch of Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Orenburg, Russian Federation

E-mail: gordi47@mail.ru

Modern infrastructure of effective information system operating for health care institutions is a key component of logistic information system. Here infrastructure contains hardware elements that forms base for system deployment and maintenance. As experience in implementation of health service information systems shows, a specificity of health care institution is not taken into account in the full. It leads to occurring of un-matched elements in health care information system. We propose approach for construction of health care service information system infrastructure components based on existing data flows between diagnostics and treatment parts. Specific of proposed approach is based on construction of analytical and simulation model. In this case, developed model provides desired computing for objective information concerned with infrastructure node loads.

Keywords: diagnostic and treatment process, communication, layered architecture of system analytically-simulated model, base of simulation indicators and parameters, relational system, block of intelligent choice for mathematical model schemes.

DOI: 10.18469/ikt.2016.14.2.16

Gorbachev Dmitry Vladimirovich, Orenburg branch of Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 249 Proletarskaya str. / 76 Yurkina str. Orenburg, 460050, Russian Federation; Associate Professor of the Department of Mathematics and Science Education, PhD in Technical Sciences. Tel.: +79128430412. E-mail: gordi47@mail.ru.

Presnov Alexey Andreevich, Orenburg branch of Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 249 Proletarskaya str. / 76 Yurkina str. Orenburg, 460050, Russian Federation; Director. PhD in Pedagogical Sciences. Tel.: +79228559999. E-mail: presnov.aleksey@mail.ru.

Studyannikova Marina Alexandrovna, Orenburg branch of Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 249 Proletarskaya str. / 76 Yurkina str. Orenburg, 460050, Russian Federation; Deputy Director for Research and Methodological Work, PhD in Technical Sciences. Tel.: +79058194482. E-mail: studyannikovam@mail.ru.

References

1. Muhin YU. *Informacionnye tekhnologii v medicine 2015*. Ezhegodnyj obzor. [Information technologies in medicine. annual review]. Available at: http://itm.consef.ru/dl/2015/2015_IT_in_Medicine_Russia_Annual_review.pdf (accessed 17.11.2015).
2. Gorbachev D.V. *Obosnovanie tekhnologii remonta izdelij REA boevykh sredstv ZRS frontovogo zvena za schet optimizacii struktury sistemy TO i remonta. Diss. kand. tekhnich nauk*. [Basis of making-good procedure of electronic radio equipment of means of combat of anti-aircraft rocket systems of front-line unit at the expense of optimization of structure of system of maintenance and repair: PhD thesis]. St. Petersburg, 1997. 301 p.

3. Sovetov B.Y. *Modelirovanie sistem* [Modeling of system]. Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 2009. 344 p.
4. Gorbachev D.V., Borshuk E.L., Begun D.N, et al. *Modelirovanie processov predpriyatiya v raspredelennoj srede. Otchet o NIR «Tekhnologiya razrabotki infrastruktury raspredelennoj vychislitelnoj sistemy pri reshenii zadach upravleniya predpriyatiem na osnove imitacionnogo modelirovaniya processov. Etap 2 promezhutochnyj»*. [Modeling of the enterprise processes in distributed environment. Report of investigation: “Technique of development of the infrastructure of distributing computer system in solving the tasks of the enterprise management on the basis of simulation modeling of processes. Stage 2, intermediary”]. Orenburg, OSIM Publ., 2011. 197 p.
5. Majkl Platt. *Obzor arhitektury Microsoft* [Microsoft architecture overview]. Available at: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms123401.aspx> (accessed: 01.11.2015).
6. Korobov N.V., Kotov N.M. Lebedev G.S., Loshakov S.A. Yavorskij A.N. Postroenie informacionnoj sistemy ocenki medicinskih tekhnologij [Developing information system of health technology assessment]. *Informacionno-izmeritel'nye i upravljajushhie sistemy*, 2013, vol.11, no. 10, pp. 51-56.
7. Gusev A.V. Rynok medicinskih informacionnyh system obzor izmeneniya trendy [The market of medical information systems: an overview of changes, trends]. *Vrach i informacionnye tehnologii*, 2012, no. 3, pp. 6-15.
8. Lebedev G.S. Metodika ocenki potencialnoj ehffektivnosti informacionnyh system zdavoohraneniya [Methods of assessing the potential effectiveness of health information systems]. *Informacionno-izmeritel'nye i upravljajushhie sistemy*, 2010, vol. 8, n. 12, pp. 62-69.

Received 10.02.2016