

ПОСТРЕЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДАННЫХ В РЕАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНДОСКОПИЧЕСКИМ ВМЕШАТЕЛЬСТВОМ

Немковский Г.Б., ООО «ВЕСТТРЕЙД ЛТД»; ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

В работе отражено исследование особенностей хирургических вмешательств у неонатальных пациентов с использованием эндоскопических техник и требований, предъявляемых в связи с этими особенностями к оборудованию, предназначенному для регистрации положения хирургического инструмента. В работе рассматривается процесс моделирования данных для БД информационной системы управления эндоскопическим вмешательством.

Цель работы – иллюстрация разработки информационной системы управления эндоскопическим вмешательством в части моделирования базы данных, предназначенной для информационного обеспечения процесса оперативного вмешательства в неонатальной хирургии.

Ключевые слова: неонатальная хирургия, модель данных, интраоперационная навигация, информационная система управления, контроль положения инструментов, медицинское изображение.

Цитирование: Немковский Г.Б. Постреляционная модель данных в реализации информационной системы управления эндоскопическим вмешательством // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 5(80). С. 65–72.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

БД – база данных
ИАД – интеллектуальный анализ данных
ИСУ ЭВ – Информационная система управления эндоскопическим вмешательством в неонатальной хирургии
МД – модель данных
ПрО – предметная область
СППВР – система поддержки принятия врачебных решений
СУБД – система управления базами данных

ВВЕДЕНИЕ

Системы, основанные на знаниях, или системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР), получают все большее распространение в мире. Для предметной области (ПрО), рассматриваемой в данной работе, здравоохранении, все активнее разрабатываются и применяются интеллек-

туальные СППВР. Они находят свое применение в решении широкого спектра медицинских задач и процессов – от амбулаторных приемов до оперативных вмешательств. В целях создания СППВР разрабатываются соответствующие базы данных (БД), предназначенные для регистрации и учета протоколов, действий врача, медицинских изображений, относящихся к разным модальностям и инструментальной диагностике, и лабораторных исследований [1]. Созданию национальной системы интеллектуального анализа научных публикаций доказательной медицины с целью повышения эффективности принятия информированных врачебных решений и мониторинга приоритетных направлений развития превентивной и персонализированной медицины в последнее время уделяется особое внимание [2].

Ключевым этапом создания БД является проекция ПрО на терминологическое поле моделирования данных. Иначе говоря, задачей моделирования данных с целью систематизации информации о ПрО и дальнейшего выделения знаний из этой информации является описание ПрО [3] в терминах принятой к использованию в информационной системе СУБД.

К компьютерным технологиям, используемым для хирургического планирования и выполнения хирургических процедур, относят CAS-технологии (от англ. Computer Assisted Surgery) или автоматизированные операции, представляющие собой хирургический подход, с которым связаны такие понятия, как компьютерная хирургия, компьютерное вмешательство, изображения управляемой хирургии, хирургическая навигация и др. В настоящей работе данный подход используется для планирования хирургических вмешательств, навигации или выполнения хирургических процедур, что повышает уровень безопасности пациента, снижает риск интраоперационных осложнений и сокращает период реабилитации [4]. Чаще всего CAS-системы применяются для проведения хирургических вмешательств при ортопедических патологиях и при патологиях головного мозга у взрослых пациентов [5].

В настоящей работе речь пойдет о реализации модели данных, описывающей ПрО «Оказание медицинской помощи неонатальному пациенту с врожденным пороком развития легких и/или мочевыводящих путей в форме эндоскопического хирургического вмешательства с применением интраоперационной компьютерной навигационной системы». Интраоперационная навигация на различных этапах проведения вмешательства позволит упростить и ускорить процесс [6], снизить риск осложнений и существенно сократить время разделения здоровых и патологических участков ткани, облегчить поиск и обработку различных зон интереса, особенно в нетипичных анатомических случаях.

Целью исследования является разработка модели данных, позволяющей эффективно собирать данные инструментальной и лучевой диагностики и совмещать их с данными системы слежения при построении модуля интраоперационной интеграции моделей в системах хирургической навигации у неонатальных пациентов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Разработка программного обеспечения выполнена в среде разработки Qt v. 5.6.3 с компилятором mingw 4.9. Библиотека работы с трехмерными изображениями VTK 9.0.1 [7]. База данных реализована на СУБД PostgreSQL версии 9.6. Создание модели базы данных произведено с применением IDERA ER/Studio Data Architect 19.1 [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Применение информационной системы управления хирургическим вмешательством подразумевает предварительный сбор, обработку и систематизацию данных о пациенте и патологии на подготовительном этапе и осуществление информационного сопровождения лица, принимающего решения (субъекта управления, оперирующего хирурга). От корректности и полноты описания ПрО и реализации этого описания средствами построения базы данных всецело за-

висит решение задач своевременного и полного донесения информации, необходимой для принятия решения о воздействии до субъекта управления, и хранения данных о проведении хирургического вмешательства, получаемых от средств видеоконтроля и технического обеспечения.

Сбор данных, необходимых для корректной работы информационной системы управления эндоскопическим вмешательством в неонатальной хирургии (ИСУ ЭВ), осуществляется на разных этапах работы информационной системы. На предоперационном этапе осуществляются сбор и обработка диагностических данных. К ним относятся сегментированные и адаптированные серии диагностических изображений, трехмерная модель пациента, ссылка на исходные диагностические данные в формате DICOM¹ и метаданные трехмерной модели. Также на предоперационном этапе БД ИСУ ЭВ пополняется данными, описывающими планируемое вмешательство [9].

На интраоперационном этапе в БД ИСУ ЭВ должна быть передана информация о результате предоперационной и интраоперационной калибровки навигационной системы, в ходе которых трехмерные модели операционного стола, манипулятора и зоны хирургического вмешательства объединяются в общей системе координат с использованием регламентированной процедуры. В дальнейшем в БД ИСУ ЭВ должна сохраняться видеoinформация, получаемая от камеры эндоскопа и стереопары многосуставного манипулятора, а также информация, генерируемая энкодерами² многосуставного манипулятора при изменении углов поворота сочленений [10].

Выявив функциональные требования, предъявляемые к системе, схемы процессов [11, 12], прохождение потоков данных на предоперационном и интраоперационном этапах, а также учитывая процедуры, принятые в хирургических отделениях, ограничений данных и сопутствующей информации [13], описывающей предметную область, перейдем к построению модели данных ИСУ ЭВ.

Устоявшиеся подходы к моделированию данных [14, 15] выделяют иерархические, сетевые, объектные, реляционные, объектно-реляционные и многомерные модели данных. Каждый из подходов характеризуется набором свойств и параметров, исходя из которых возможно определить подход, наиболее полно отвечающий поставленной задаче [3]. Учитывая специфику модели, аппаратное и системное обеспечение ИСУ ЭВ, аппаратные платформы и средства разработки, которые были в распоряжении разработчиков, предметная область «Оказание медицинской помощи

¹ DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) – медицинский отраслевой стандарт создания, хранения, передачи и визуализации цифровых медицинских изображений.

² Энкодер (от англ. encoder – кодирующее устройство) – измерительный преобразователь угла поворота или датчик угла поворота.

неонатальному пациенту с врожденным пороком развития легких и/или мочевыводящих путей в форме эндоскопического хирургического вмешательства» получила первичное отражение в реляционной модели данных [15, 16]. Однако в развитии модели часть атрибутов в соответствии с предполагаемыми механизмами реализации на физическом уровне получили внутреннюю структуру, предполагающую использование в запросах к БД подзаписей. Так, составные значения получили информационные поля, относящиеся к планированию вмешательства, построению операционной сцены и интраоперационной информации, хранящей данные об изменении положения хирургического инструмента.

Поскольку такой подход противоречит концепции чистой реляционной модели, постулирующей атомарность типов, будет уместно говорить о применении постреляционного [17] подхода при проектировании БД. Соответственно, часть отношений находится в непервой нормальной форме (NF2, «Non First Normal Form») [18]. ER-диаграмма (диаграмма «сущность» – «связь») логической модели данных информационной системы управления ЭВ представлена ниже (рис. 1). Доработка модели производилась в процессе разработки БД. Физическая реализация выполнена с применением СУБД PostgreSQL версии 9.6.

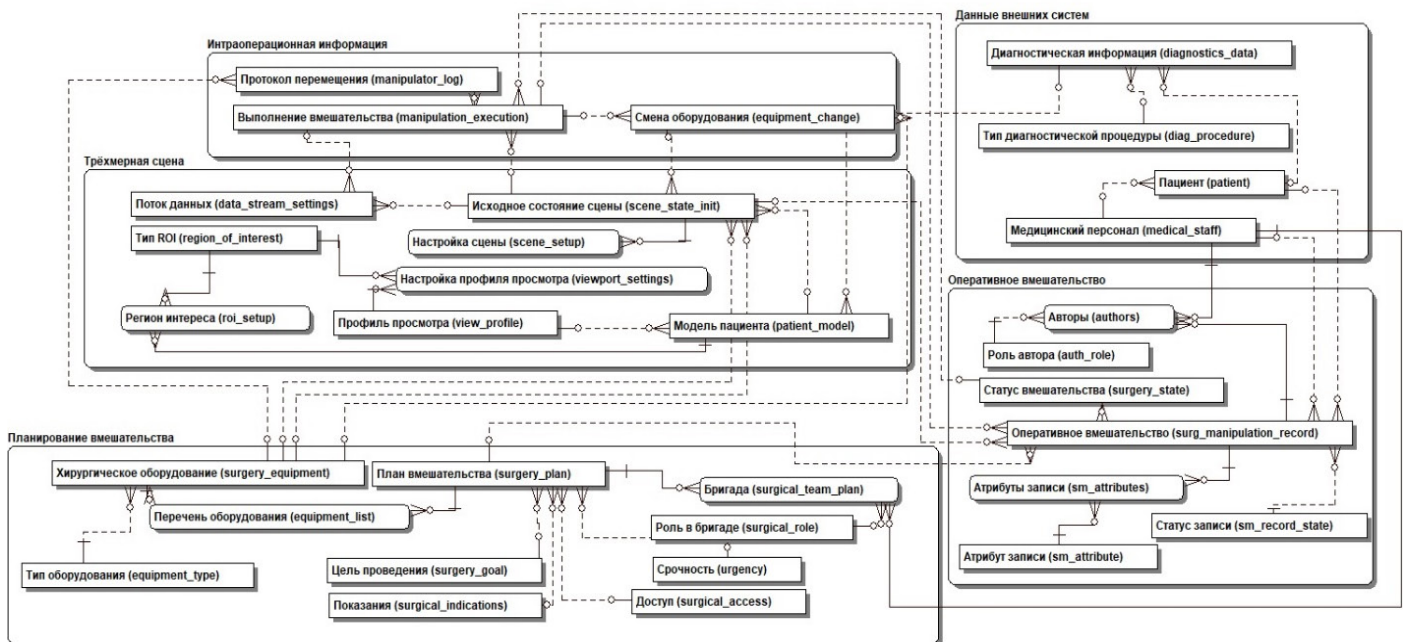


Рис. 1. Логическая модель данных ИСУ ЭВ

Для удобства восприятия логическая модель разбита на несколько информационных схем:

- «Оперативное вмешательство» (surgery_manipulation).
- «Планирование оперативного вмешательства» (manipulation_plan).
- Схема «Трёхмерная сцена» (scene_settings).
- «Интраоперационная информация» (intrasurgery_information).
- «Данные внешних систем» (external_data).

Основной объем информации в БД ИСУ ЭВ сохраняется в рамках подготовки и проведения хирургического вмешательства в информационной схеме «Оперативное вмешательство» (surgery_manipulation). Эта информационная схема служит для логического объединения специфиче-

ской информации о подготовке и проведении хирургического вмешательства (рис. 2).

В схему включены отношения:

- «Запись об оперативном вмешательстве» (surgery_manipulation.surg_manipulation_record);
- «Авторы» (surgery_manipulation.authors);
- «Роль автора» (surgery_manipulation.auth_role);
- «Статус записи» (surgery_manipulation.sm_record_state);
- «Атрибут записи» (surgery_manipulation.sm_attribute);
- «Атрибуты записи» (surgery_manipulation.sm_attributes);
- «Статус вмешательства» (surgery_manipulation.surgery_state).
- Схема «Трёхмерная сцена»

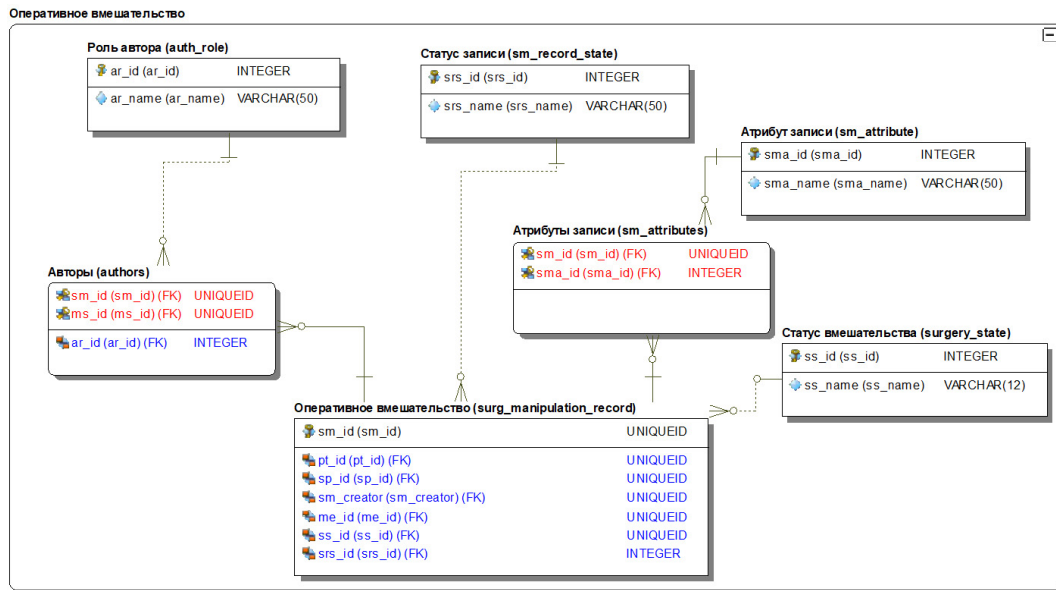


Рис. 2. Схема surgery_manipulation

Данные, необходимые для формирования виртуальной операционной сцены, хранятся в схеме «Трёхмерная сцена» (scene_settings), рис. 3. Внесение данных в схему производится на предоперационном этапе при

первичной настройке и на интраоперационном этапе при проведении интраоперационной калибровки. В эту схему включены сущности «Модель пациента», «Фиксированное оборудование», «Сменное оборудование».

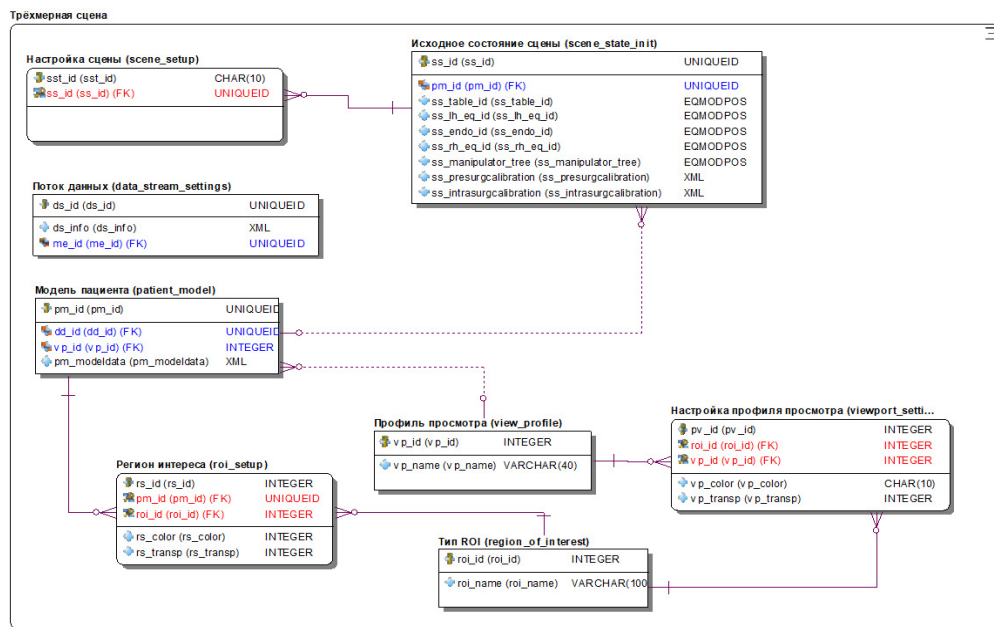


Рис. 3. Схема «Трёхмерная сцена» (scene_settings)

Сущность «Модель пациента» предназначена для предоставления пользователям с ролью «Торакальный хирург» и «Хирург-уролог» возможности подготовки, редактирования и просмотра трёхмерных моделей зоны оперативного вмешательства [19, 20].

Информация, получаемая в процессе проведения ХВ, подлежит визуализации и параллельному сохранению

в сущностях схемы «Интраоперационная информация». Протокол вмешательства, который ведётся с использованием ИСУ ЭВ, не подлежит изменению после записи.

Данные, сохраняемые (протоколируемые) в БД ИСУ ЭВ в ходе проведения оперативного вмешательства, представлены в таблице.

Таблица 1

Данные, сохраняемые (протоколируемые) в БД ИСУ ЭВ в ходе проведения оперативного вмешательства

№ п/п	СОХРАНЯЕМЫЕ ДАННЫЕ	ОПИСАНИЕ	ПРЕДПОЛАГАЕМЫЙ СПОСОБ ВИЗУАЛИЗАЦИИ
1.	Видеопоток с используемой в ходе проведения оперативного вмешательства видео-эндоскопической системой	Видеопоток, получаемый посредством системы интраоперационной видеоэндоскопии, сопровождается привязкой ко времени проведения оперативного вмешательства (времени от начала оперативного вмешательства)	Визуализация осуществляется в окне, содержащем навигационный ползунок и отображающем следующую информацию: – производитель/модель используемой системы видеоэндоскопии – время от начала проведения оперативного вмешательства – дата и время на момент осуществления оперативного вмешательства
2.	Видеопоток с видеокамер, осуществляющих видеозапись процессов, происходящих в операционном зале	Видеопоток, получаемый с видеокамер, предназначенных для видеозаписи процессов, происходящих в операционном зале, сопровождается привязкой ко времени проведения оперативного вмешательства (времени от начала оперативного вмешательства), а также указанием номера и, может быть, схематичного обозначения места расположения данной видеокамеры в операционном зале	Визуализация осуществляется в окне, содержащем навигационный ползунок, кнопки выбора камеры, видеопоток с которой воспроизводится, кнопку выбора режима отображения (сетки, размеры которой зависят от числа использованных видеокамер), и отображающем следующую информацию: – производитель/модель используемой системы видеоэндоскопии – время от начала проведения оперативного вмешательства – дата и время на момент осуществления оперативного вмешательства В случае, если выбран «сеточный» режим отображения, то в каждой ячейке сетки отображается информация о номере и схематическом обозначении расположения видеокамеры в операционном зале
3.	Аудиопоток с микрофонов, осуществляющих аудиозапись в ходе проведения оперативного вмешательства	Аудиопоток, получаемый с микрофонов, находящихся в операционном зале, сопровождается привязкой ко времени проведения оперативного вмешательства (времени от начала оперативного вмешательства)	Визуализация не применима. Управление прослушиванием интраоперационной аудиоинформации реализовано посредством навигационного ползунка, привязанного к шкале времени
4.	Протокол изменения положения инструмента манипулятора	Для эндоскопа протокол содержит данные об относительных углах поворота и положении каждого из сочленений манипулятора с синхронизацией по времени с проведением оперативного вмешательства (времени от начала оперативного вмешательства). Для хирургического инструмента протокол содержит данные, полученные подсистемой расчета положения хирургического инструмента с использованием стереопар, синхронизированные с видеопотоками, получаемыми видеорегистрирующими устройствами	Отображается анимированная трехмерная модель манипулятора, расположенная в виртуальной сцене. Изменение конфигурации манипулятора привязано к временной шкале, навигация по которой должна быть доступна пользователю с помощью ползунка. Помимо манипулятора доступно отображение трехмерных моделей операционного стола, хирургических инструментов и зоны оперативного вмешательства. Также пользователю доступно управление виртуальной камерой для определения ракурса и масштаба отображения данного протокола
5.	Протокол смены инструмента	Протокол содержит данные о замене инструмента в правой или левой руке хирурга	Момент смены инструмента отмечается на временной шкале вертикальной чертой и соответствующим символом Л или П
6.	Протокол действий пользователя (хирурга)	Протокол должен содержать информацию, описывающую взаимодействие пользователя (хирурга) с аппаратными и программными модулями АПК, с привязкой ко времени проведения оперативного вмешательства (времени от начала оперативного вмешательства)	Оформляется в виде таблицы, включающей в себя текстовое описание каждого взаимодействия пользователя (хирурга) с АПК в привязке ко времени проведения оперативного вмешательства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном исследовании представлена реализация модели базы данных, описывающей предметную область «Подготовка и проведение хирургического вмешательства с использованием системы хирургической навигации».

Описаны программные средства, использованные при моделировании. Описанные подходы позволяют упростить задачу моделирования реальных систем.

Список использованных источников и литературы

1. Карпов О.Э., Субботин С.А., Шишканов Д.В. Использование медицинских данных для создания систем поддержки принятия врачебных решений // *Врач и информационные технологии*. 2019. № 2. С. 11–18.
2. Лебедев Г.С., Фартушный Э.Н., Шадеркин И.А. [и др.] Создание информационной системы поддержки принятия врачебных решений на основе методов доказательной медицины // *Журнал телемедицины и электронного здравоохранения*. 2019. Т. 5, № 1. С. 8–16.
3. Бурый А.С., Погодин И.М. Оценка качества больших данных. Часть 2. Модели данных. // *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*. 2024. № 4(79).
4. Жук Д.М., Перфильев С.А. CAS системы – системы автоматизированного проектирования в хирургии // *Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана*. 2011. № 3. С. 6.
5. Немковский Г.Б., Дорофеева Е.И., Лосев А.Ю. Оптимизация информационных процессов при подготовке и проведении хирургического вмешательства // *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*. 2024. № 2 (77). С. 51–58.
6. Mandel M., Amorim R., Paiva W., Prudente M., Teixeira M.J., de Andrade A.F. 3D Preoperative planning in the ER with OsiriX®: when there is no time for neuronavigation // *Sensors (Basel)*. 2013. Т. 13, № 5. С. 6477–6491.
7. Schroeder W., Martin K.M., Lorensen W.E. The visualization toolkit an object-oriented approach to 3D graphics. Prentice-Hall, Inc. 1998.
8. Online Help for ER/Studio Data Architect 19.1.x // https://docwiki.embarcadero.com/ERStudioDA/191/en/Main_Page (дата обращения: 30.08.2024).
9. Немковский Г.Б. 3D-реконструкция в реализации информационной системы управления эндоскопическим вмешательством // *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*. 2024. № 4 (79). С. 46–54.
10. Немковский Г.Б. Методы позиционирования хирургического инструмента в эндоскопической неонатальной хирургии. Обзор // *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*. 2024. № 4 (79). С. 55–64.
11. Немковский Г.Б., Дорофеева Е.И., Лосев А.Ю. Оптимизация информационных процессов при подготовке и проведении хирургического вмешательства // *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*. 2024. № 2 (77). С. 51–58.
12. Немковский Г.Б., Дорофеева Е.И., Кузнецов А.Б., Беляков В.К. Информационное обеспечение задач позиционирования хирургического инструмента при эндоскопических вмешательствах // *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*. 2023. № 5(74). С. 10–19.
13. Бурый А.С., Сухов А.В. Оптимальное управление сложными техническими комплексами в автоматизированном информационном пространстве // *Автоматика и телемеханика*. 2003. № 8. С. 145–162.
14. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных. Пер. с англ. // М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2016. – 1328 с.
15. Бурый А.С., Морин Е.В. Модельно-алгоритмические структуры оценки качества программных изделий. М.: «Горячая линия-Телеком», 2019. – 160 с.
16. Коголовский М.Р. Энциклопедия технологий баз данных. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 800 с.
17. Уткин Г.С., Жильцов С.А., Гананчян А.В. Постреляционная система управления базой данных на основе словарной технологии // *Космическая техника и технологии*. 2022. № 4(39). С. 122–131.
18. Roth M.A., Korth H.F., Silberschatz A. Extended algebra and calculus for nested relational databases // *ACM Transactions on Database Systems*. 1988. Т. 13. № 4. С. 389–417. <https://doi.org/10.1145/49346.49347>
19. Nemkovskiy G.B., Dorofeeva E.I., Tumanova U.N., et al. Features of the diagnostic information processing for congenital lung malformations in newborns for the automated analysis and surgical navigation systems // *Procedia Computer Science*. 2018. Т. 126. С. 1178–1186. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.058>
20. Nemkovskiy G.B., Podurovskaya Y.L., Balashov I.S., et al. The original technique of the collection and adaptation different types of diagnostic information for congenital urinary malformations in newborns for the systems of automated analysis of three-dimensional images and surgical navigation // *Procedia Computer Science*. 2018. Т. 126. С. 1216–1223. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.063>

POST-RELATIONAL DATA MODEL IN THE IMPLEMENTATION OF AN INFORMATION SYSTEM FOR MANAGING ENDOSCOPIC INTERVENTIONS

Nemkovskiy G.B., Head of R&D, WESTTRADE LTD, Assistant professor of Department of Informational and Internet Technologies I.M. Sechenov First Moscow State Medical University Ministry of Healthcare of the Russian Federation

The work is devoted to the study of the features of endoscopic surgery management and the requirements imposed in connection with these features for equipment designed to record the position of the surgical instrument. The paper presents the process of data modeling for the DB of the information system in the endoscopic surgery management information system.

The purpose of the work is to illustrate the development of an endoscopic surgery management information system in terms of database modeling intended for information support of the process of surgical intervention in neonatal surgery.

Keywords: neonatal surgery, surgical navigation, CAS systems, endoscope position control, database, NF2, db modeling, endoscopic surgery management information system

For citation: Nemkovskiy G.B. Post-Relational Data Model in the Implementation of an Information System for Managing Endoscopic Interventions. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2024;5(80): 65–72. (In Russ.).

References

1. Karpov O.E., Subbotin S.A., Shishkanov D.V. Using medical data to create systems to support medical decision-making. Doctor and information technologies. 2019; 2: 11–18. (In Russ.).
2. Lebedev G.S., Fartushny E.N., Shaderkin I.A., et al. Creating an information system to support medical decision-making based on evidence-based medicine methods. Journal of Telemedicine and Electronic Healthcare. 2019; 5(1): 8–16. (In Russ.).
3. Bury A.S., Pogodin I.M. Assessing the quality of big data. Part 2. Data models Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2024; 4(79): 24–32. (In Russ.).
4. Zhuk D.M., Perfil'ev S.A. CAS systems – computer-aided design systems in surgery. Science and education: scientific publication of Bauman Moscow State Technical University. 2011; 3: 6. (In Russ.).
5. Nemkovskiy G.B., Dorofeeva E.I., Losev A.Y. Optimization of information processes in the preparation and implementation of surgical intervention. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2024; 2(77): 51–58.
6. Mandel M., Amorim R., Paiva W., Prudente M., Teixeira M.J., de Andrade A.F. 3D Preoperative planning in the ER with OsiriX®: when there is no time for neuronavigation. Sensors. 2013; 13(5): 6477–6491.
7. Schroeder W., Martin K.M., Lorensen W.E. The visualization toolkit an object-oriented approach to 3D graphics. Prentice-Hall, Inc., 1998.
8. Online Help for ER/Studio Data Architect 19.1.x // Available at: https://docwiki.embarcadero.com/ERStudioDA/191/en/Main_Page (Accessed 30 August 2024).
9. Nemkovskiy G.B. 3D reconstruction in the implementation of the information system for managing endoscopic intervention. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2024; 4 (79): 46–54. (In Russ.).
10. Nemkovskiy G.B. Methods of positioning a surgical instrument in endoscopic neonatal surgery. Review. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2024; 4(79): 55–64. (In Russ.).
11. Nemkovskiy G.B., Dorofeeva E.I., Losev A.Y. Optimization of information processes in the preparation and implementation of surgical intervention. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2024; 2(77): 51–58. (In Russ.).
12. Nemkovskiy G.B., Dorofeeva E.I., Kuznetsov A.B., Belyakov V.K. Information support for the tasks of positioning a surgical instrument during endoscopic interventions. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2023; 5(74): 10–19. (In Russ.).

13. Buryi A.S., Sukhov A.V. Optimal control of complex technical systems in an automated information space // Automation and Remote Control. 2003; 64(8): 1329–1345.
14. Date C.J. Introduction to database systems. Moscow: ООО «I.D. Williams», 2016. 1328 p. (In Russ.).
15. Buryi A.S., Morin E.V. Model-algorithmic structures for assessing the quality of software products. Moscow: «Hot Line-Telecom», 2019. 160 p. (In Russ.).
16. Kogalovsky M. R. Encyclopedia of database technologies. Moscow: « Finance and statistics», 2002. 800 p. (In Russ.).
17. Utkin G.S., Zhiltsov S.A., Gananchyan A.V. Post-relational database management system based on dictionary technology. Space equipment and technologies. 2022; 4(39): 122–131. (In Russ.).
18. Roth M.A., Korth H.F., Silberschatz A. Extended algebra and calculus for nested relational databases. ACM Transactions on Database Systems. Dec. 1988; 13(4): 389–417. <https://doi.org/10.1145/49346.49347>
19. Nemkovskiy G.B., Dorofeeva E.I., Tumanova U.N., et al. Features of the diagnostic information processing for congenital lung malformations in newborns for the automated analysis and surgical navigation systems. Procedia Computer Science. 2018; 126: C. 1178–1186. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.058>
20. Nemkovskiy G.B., Podurovskaya Y.L., Balashov I.S., et al. The original technique of the collection and adaptation different types of diagnostic information for congenital urinary malformations in newborns for the systems of automated analysis of three-dimensional images and surgical navigation. Procedia Computer Science. 2018; 126: 1216–1223. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.063>