

3D-РЕКОНСТРУКЦИЯ 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)

Работа посвящена исследованию 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 приведены алгоритмы отображения и совмещения трехмерных моделей пациента и хирургического оборудования в информационной системе управления эндоскопическим вмешательством.

Цель работы – иллюстрация разработки информационной системы управления эндоскопическим вмешательством в части визуализации на трехмерной сцене взаимного расположения хирургического инструмента, применяемого в неонатальной хирургии и пациента с учетом особенностей проведения указанных видов вмешательства.

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

Цитирование: 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.

ВВЕДЕНИЕ

Системы поддержки принятия врачебных решений (СПВР) получают все большее распространение в мире. Для рассматриваемой предметной области (ПрО) – здравоохранения все активнее разрабатываются и применяются интеллектуальные СПВР в ходе амбулаторных приемов, оперативных вмешательств, для чего разрабатываются соответствующие базы данных (БД) для учета протоколов, медицинских изображений, относящихся к разным модальностям и инструментальной диагностики, 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].

К основным инструментам и технологиям искусственного интеллекта в практике медицинских учреждений можно отнести такие направления, как медицинская диагностика и анализ изображений, прогнозная клиническая и управ-

ленческая аналитика, СПВР, интеллектуальный анализ данных носимых устройств, телемедицина и ряд других [3].

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].

Проведение хирургических вмешательств у неонатальных пациентов возрастом не более 1 месяца существенно отличается от хирургических манипуляций, проводимых

с пациентами прочих возрастных групп [6]. В силу специфики хирургических вмешательств у неонатальных пациентов, а также конструктивных особенностей известных систем, для хирургических вмешательств в неонатальном периоде требуется создание специализированных систем хирургической навигации. Текущий уровень развития хирургии, в том числе и в неонатальном периоде, предполагает создание новых технических решений для визуализации органов и систем пациента, а также патологических изменений в них, обуславливающих заболевание. Современная неонатальная хирургия стремится к проведению минимально инвазивных¹ оперативных вмешательств в коррекции врожденных пороков развития, при этом предпочтение отдается эндоскопическим хирургическим доступам, которые уже доказали свою эффективность, однако технически сложны и сопровождаются повышенными интраоперационными рисками. Эффективные методы и технологии обработки визуальной информации [7], а также возможности компьютерной графики могут быть решениями технической задачи автоматизированного сопровождения работы хирурга в естественной среде и условиях дополненной реальности [8].

Интраоперационная навигация на различных этапах проведения вмешательства позволит упростить и ускорить процесс [9], снизить риск осложнений и существенно сократить время разделения здоровых и патологических участков ткани легкого, облегчить поиск и обработку элементов корня пораженной доли легкого, особенно в нетипичных анатомических случаях.

Для отработки алгоритмов интраоперационного воздействия и синхронизации при создании информационной системы управления эндоскопическим вмешательством необходимы сегментированные DICOM-изображения [10]. Это является важным этапом разработки эффективного интраоперационного комплекса навигации в неонатальной хирургии.

Целью исследования является разработка способа применения диагностической информации при построении модуля интраоперационной интеграции моделей в системах хирургической навигации при пороках развития легких у неонатальных пациентов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное исследование строится базе Банка эталонных изображений (БЭИ), созданного на основе серий диагностических изображений в НМИЦ «АГиП им. В.И. Кулакова» Минздрава России (далее – Центр) в рамках ПНИЭР «Разработка прототипа аппаратно-программного комплекса хирургической навигации для поддержки планирования,

¹ Инвазивная процедура (от лат. *invasivus*; – «вхожу внутрь») – медицинская процедура, связанная с проникновением через естественные внешние барьеры организма (кожу, слизистые оболочки).

выполнения и контроля результатов оперативных вмешательств в неонатальном периоде». Создание и наполнение банка представлено в работах [11, 12].

Выборка изображений патологий производилась на основании анализа первичной медицинской документации по критерию наличия поставленного основного диагноза. Серии диагностических изображений были перенесены в отдельную БД и анонимизированы. Каждой серии присвоен код в соответствии с принятыми правилами. Описание, сегментация и адаптация серий изображений произведена с использованием панели инструментов прикладной программы «Mugian» согласно оригинальным разработанным алгоритмам действий и параметрам, предъявляемым системой хирургической навигации.

Сегментированные серии изображений использованы в качестве тестовых при реализации информационной системы управления эндоскопическим вмешательством в неонатальной хирургии.

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 [13]. База данных реализована на СУБД PostgreSQL версии 9.6.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В процессе формирования БЭИ был произведен поиск, копирование и сегментирование всех имеющихся в архиве Центра серий лучевых исследований пациентов по признакам включения в целевые выборки. В БЭИ включены 924 серии изображений пациентов с врожденными пороками развития легких, 978 серий изображений пациентов с врожденными пороками развития мочевыводящей системы. Кроме того, в соответствии с принятыми допущениями об отнесении серий изображений к условно нормальным, к норме по легким были отнесены 356 серий изображений, к норме по мочевыводящей системе – 452 серии изображений.

Каждой серии диагностических изображений был присвоен идентификационный код со сквозной нумерацией. Код серии изображений имеет вид:

< код серии >::={LUNG_LIR_< патология ЛС>}{REN_LIR_< патология МВС>}_< номер >

где: <патология ЛС>::=CCAMIBSINORM;

<патология МВС>::=HNIMCIUHNINORMINCR;

<номер>::=<цифра>...

Таким образом, идентификационный код серии изображений содержит информацию об исследуемой системе

органов, стороне организма, врожденном пороке развития или норме. Расшифровка условных обозначений приведена в таблице.

Расшифровка условных обозначений

КОД	КОДИРУЕМАЯ ИНФОРМАЦИЯ
LUNG	Легочная система (ЛС)
REN	Мочевыводящая система (МВС)
R	Сторона поражения – правая
L	Сторона поражения – левая
CCAM	Врожденная кистозно-аденоматозная мальформация легкого
BS	Врожденная бронхолегочная секвестрация
HN	Гидронефроз
MC	Мультикистоз
UHN	Уретерогидронефроз нефункционирующего сегмента удвоенной почки
NORM	Норма по указанному органу
NCR	Статический материал

Сегментация и адаптация серий диагностических изображений нормы и врожденных пороков развития легких выполнена с использованием панели инструментов программы обработки диагностических изображений «Mugian Expert VL» согласно принятому плану действий для получения наибольшего объема диагностической информации. Для каждого вида пороков легкого и мочевыводящих путей разработаны соответствующие планы действий, с учетом анатомических особенностей и вариантов [11, 12].

Сегментированные и адаптированные серии диагностических изображений использовались для отработки формирования трехмерной сцены и алгоритмов интраоперационной калибровки информационной системы управления эндоскопическим вмешательством в неонатальной хирургии (ИСУ ЭВ). Регламент применения ИСУ ЭВ предусматривает, что на предоперационном этапе производится подготовка трехмерной модели зоны хирургического вмешательства. Модель реконструируется на основе предоперационного КТ/МРТ пациента в ручном режиме или с использованием автоматизированной системы реконструкции трехмерных изображений. Созданная трехмерная модель, ссылка на исходный DICOM и метаданные модели сохраняются в БД ИСУ ЭВ. Также на предоперационном этапе БД ИСУ ЭВ пополняется информацией, описывающей планируемое вмешательство.

На начальной стадии интраоперационного этапа, т. е. на стадии подготовки операционной в ИСУ ЭВ загружаются ранее созданные трехмерные модели, производится создание и настройка отображения виртуальной сцены, в которой

трехмерные модели операционного стола и манипулятора объединяются в общей системе координат с использованием регламентированной процедуры предоперационной калибровки. На стадии подготовки пациента (укладки пациента на операционном столе) с подготовленной виртуальной сценой совмещается трехмерная модель пациента (зоны хирургического вмешательства). Совмещение производится с использованием процедуры интраоперационной калибровки.

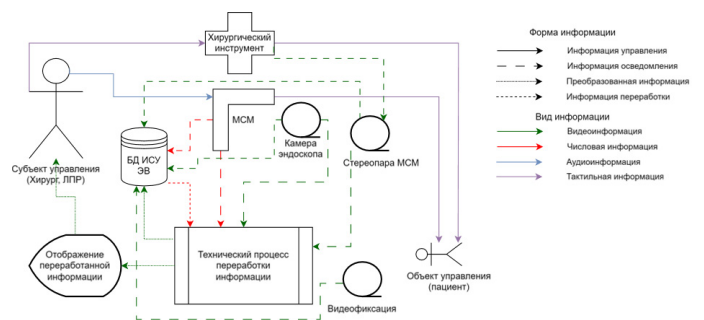


Рис. 1. Общая схема прохождения потоков данных интраоперационного этапа

В процессе хирургического вмешательства информация управления передается от субъекта управления (хирурга, лица, принимающего решение) на объект управления (пациента) посредством хирургического инструмента и многостепенного манипулятора (МСМ). Информация уведомления поступает технологический процессу переработки информации в виде данных об углах поворота всех осей МСМ, видеоинформации от камеры эндоскопа и видеоинформации о пространственном положении хирургического инструмента от стереоскопической системы наблюдения. Технологический процесс переработки информации заключается в расчете и отображении положения хирургического инструмента на виртуальной сцене, а также синхронизации моделей с входящими информационными аудио- и видеопотоками. Обработанная информация передается в визуализированном виде субъекту управления (СУ) и совместно с информацией осведомления протоколируется в БД для последующего просмотра и анализа. Общая схема прохождения потоков данных [14, 15] на интраоперационном этапе представлена выше (рис. 1).

Поскольку работа с ИСУ ЭВ на интраоперационном этапе предполагает, что на этапе планирования вмешательства подготовлена трехмерная модель зоны оперативного вмешательства для данного пациента, необходимо выбрать наиболее информационно емкую версию этой модели. Опрос практикующих неонатальных хирургов показал, что с точки зрения субъекта управления будет сегментированная и цветочисловая на этапе подготовки к операции полигональная 3D-модель зон интереса (ЗИ, ROI), отображающая только визуализируемые, наиболее зна-

чимые и критичные для проведения оперативного вмешательства внутренние структуры организма. Указанная модель может быть выгружена в стандартную информационную структуру, предназначенную для хранения информации такого рода. Информационная структура DICOM RT Structure специфицирована в разделе A19 международного стандарта DICOM [10].

Поскольку стандарт DICOM не ограничивает количество именованных ROI, хранимых в RT Structure set, мы можем задействовать и стандартизировать уникальную цветовую кодировку необходимого количества таких зон, каждая из которых при визуализации может быть независимо отображена или выключена. Кроме того, сохранение ЗИ в стандартной структуре позволяет легко совместить визуализацию необходимых к просмотру ROI с объемной реконструкцией исходного DICOM. Таким образом, при работе с DICOM целесообразно использовать для отображения зон интереса именно этот вариант. Для ИСУ ЭВ принято использование выгрузки сегментации в сочетании с исходным DICOM – изображением. Пример визуализации представлен на рис. 2.

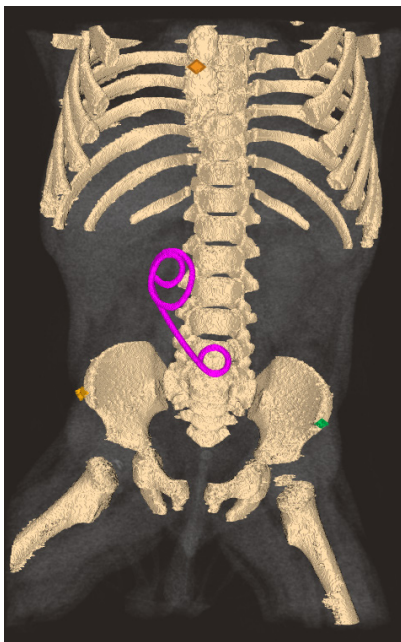


Рис. 2. Пример визуализации ЗИ «Кость», ЗИ «Калибровочные точки», ЗИ «Стенты и катетеры» с наложением на 3D-реконструкцию DICOM (отображение Composite Shade Ramp)

При разработке ИСУ ЭВ был разработан и внедрен в процесс подготовки к хирургическому вмешательству метод подготовки графических диагностических данных для пациентов с врожденными пороками развития легких и мочевыводящих путей, стандартизирующий процесс обработки результатов предоперационного диагностического

исследования пациента с сегментацией ROI в части последовательности операций сегментации, цветового кодирования и именования ROI [9]. Внедрение этого метода в ФГБУ «НМИЦ АГП им. В.И. Кулакова» Минздрава России позволило сократить среднее время при выполнении вмешательств «Лобэктомия при КАМЛ» на 63 минуты (33%), при выполнении вмешательств «Перевязка аномального сосуда/сосудов и лобэктомия при интралобарной БС и комбинации БС с КАМЛ» на 76,53 минуты (35,5%), при выполнении вмешательств «Удаление интралобарной БС» на 57,5 минут (49%).

Для использования в ИСУ ЭВ, полученная модель пациента, состоящая из полигональной модели зон интереса и 3D-реконструкцией исходной серии диагностических изображений должна быть совмещена на трехмерной сцене с моделями хирургического стола, составными частями хирургического манипулятора и инструментами.

Для построения неодушевленных составляющих сцены могут быть использованы как стандартные примитивы (цилиндр, куб, сфера, конус), так и загружены полигональные трехмерные модели, сохраненные в одном из стандартных форматов: stl, obj или vtk. Для каждой модели или примитива, использованной для визуализации, может быть задан родительский объект, положение в пространстве (смещение относительно центральной точки родительского объекта, углы поворота по трем осям) по умолчанию, габаритные размеры. В БД ИСУ ЭВ основные данные о моделях, ограничения по изменению положения, прочие метаданные хранятся в отдельной информационной сущности «Хирургическое оборудование».

Программный модуль, обеспечивающий совмещение информации для ее последующего отображения, осуществляет процедуры интраоперационной калибровки (совмещения) навигационной информации, относящейся к интраоперационному этапу, и включающей в себя трехмерные модели зоны оперативного вмешательства и используемого хирургического инструмента. Этот модуль осуществляет совмещение и масштабирование трехмерных моделей для переноса в единую систему координат, и дальнейшего отображения в едином окне.

Для построения интраоперационной системы координат используются данные о положении контролируемого хирургического инструмента, видеопотока от эндоскопа, после чего именно в рамках построенной системы координат производится совмещение и отображение объединенной 3D-модели и информации, получаемой в ходе оперативного вмешательства, согласно настройкам, проведенным до начала операции, а также управляющей информации оператора системы (хирурга/ассистента).

Виртуальная сцена ИСУ ЭВ должна отображать изменения положения хирургического инструмента относительно па-

циента. Каждое сочленение виртуальной проекции манипулятора реагирует на изменения показаний энкодеров², установленных на реальных сочленениях, и производит отображение этих изменений. Контроль ручных линейных инструментов и вычисление их положения осуществляется с использованием стереокамер, расположенных на манипуляторе [16]. Размещение виртуальных камер в разных точках виртуальной сцены позволяет производить отображение содержимого виртуальной сцены с разных углов зрения, а также применять различные конфигурации режимов отображения трехмерных объектов.

Отображение совмещения 3D-модели пациента, создаваемой на основании радиологического исследования пациента, с пространственной моделью манипулятора с установленным хирургическим инструментом, рассчитываемой в реальном режиме времени на основании заложенных массогабаритных параметров манипулятора и инструмента, производится в следующих режимах:

- совмещение 3D-моделей зоны операционного вмешательства и манипулятора с инструментом;
- совмещение 3D-модели зоны операционного вмешательства и потока видео, передаваемого эндоскопом.

Помимо программных модулей совмещения, для ИСУ ЭВ разработаны программные модули отображения, предназначенные для выбора режима отображения совмещенной интраоперационной информации.

Выделены следующие группы процедур, обеспечивающих совмещение и отображение навигационной информации на интраоперационном этапе:

- процедур установки связи с техническими средствами получения информации (управляющим компьютером манипулятора, стереовидеокамерами) и предоперационной калибровки;
- процедуры интраоперационной калибровки и совмещения 3D-моделей;
- процедуры отображения навигационной информации на интраоперационном этапе.

Процедуры установки связи с техническими средствами получения информации служат для проверки корректности функционирования оборудования перед началом использования по назначению. Этапы работы данного программного компонента:

1. Загрузка настроек связи с УК манипулятора.
2. Установка связи с УК манипулятора.
3. Проверка параметров, получаемых от УК манипулятора.
4. Запуск алгоритма предоперационной калибровки.

Процедура предоперационной калибровки предназначена для проверки и/или корректировки калибровочных данных, необходимых для корректного совмещения и отображения информации о текущем положении хирургического инструмента относительно хирургического стола. Алгоритм предоперационной калибровки имеет следующую последовательность шагов:

1. Загрузка модели трехмерного стола.
2. Приведение положения манипулятора трехмерной модели в соответствие с реальным.
3. Запрос на совмещение хирургического инструмента и калибровочной(ых) точки(ек) на поверхности стола.
4. Проверка на совмещение трехмерной модели и калибровочной точки на трехмерной сцене.
5. При необходимости внесение корректирующих поправок в настройки программной составляющей комплекса.
6. Регистрация ручных инструментов.
7. Сохранение информации о проведении и результатах предоперационной калибровки в БД.
8. Формирование заключения о возможности продолжения работы системы.

Процедура интраоперационной калибровки (привязки трехмерной модели пациента к сцене) предназначен для сопряжения прототипа (пациента) и его трехмерной модели в координатах трехмерной сцены. В соответствии с разработанной математической моделью [16], реализуются следующие шаги алгоритма:

1. Загрузка трехмерной модели пациента (включая зоны интереса).
2. Выделение среди зон интереса калибровочных точек. (А, В, С).
3. Подсветка первой калибровочной точки на трехмерной модели (рис. 3а).
4. Физическое совмещение конца хирургического инструмента, зажатого в манипуляторе и подсвеченной калибровочной точки.
5. Пользовательское подтверждение совмещения. Определение положения конечной точки инструмента D_0 . Сдвиг модели пациента с совмещением точек А и D_0 (рис. 3б).
6. Подсветка второй калибровочной точки на трехмерной модели.
7. Физическое совмещение конца хирургического инструмента, зажатого в манипуляторе и подсвеченной калибровочной точки.
8. Пользовательское подтверждение совмещения. Определение положения конечной точки инструмента D_1 . Поворот модели пациента вокруг точки А для совмещения точек В и D_1 (рис. 3с). Осью вращения выбирается векторное произведение векторов $BA \times D_1A$.
9. Подсветка третьей калибровочной точки на трехмерной модели.

² Энкодер в данном случае – датчик угла поворота и преобразователь угловых перемещений.

10. Физическое совмещение конца хирургического инструмента, зажатого в манипуляторе и подсвеченной калибровочной точки.
11. Пользовательское подтверждение совмещения. Определение положения конечной точки инструмента D2. Поворот модели пациента вокруг оси вращения точки АВ до совмещения точек С и D2.

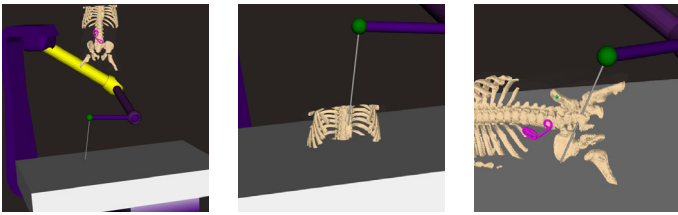


Рис. 3. Процедура интраоперационной калибровки

Схема взаимодействия программных компонентов подсистемы отображения ИСУ ЭВ приведена на рис. 4.

ВЫВОДЫ

В данном исследовании представлена методика применения сегментированных диагностических изображений пациента в информационной системе управления эндоскопическим вмешательством. Описаны алгоритмы ра-

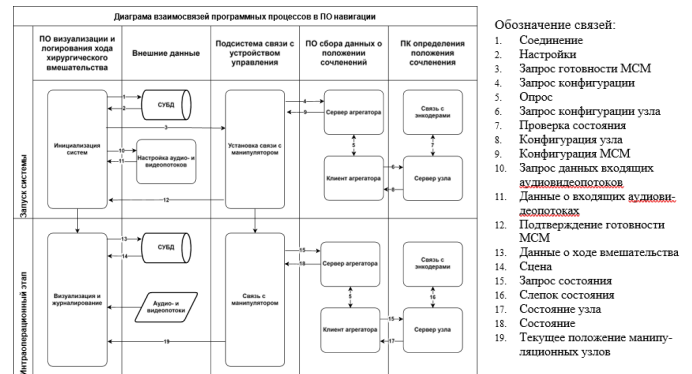


Рис. 4. Программные процессы отображения и совмещения 3D-моделей

боты программных компонентов отображения и совмещения 3D-моделей зоны оперативного вмешательства и используемого хирургического инструмента и порядок их применения. Описанные подходы позволяют расширить доступное хирургу отображение процесса проведения хирургического вмешательства, совмещая изображение, получаемое от камеры эндоскопа с трехмерной моделью пациента и визуализируя положение эндоскопа и хирургических инструментов относительно модели пациента и его внутренних органов, что облегчает и ускоряет принятие решений, принимаемых в ходе проведения эндоскопического хирургического вмешательства.

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. Создание информационной системы поддержки принятия врачебных решений на основе / Г.С. Лебедев, Э.Н. Фартушный, И.А. Шадркин [и др.] // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. 2019. Т. 5, № 1. С. 8–16.
3. Гусев А.В., Шарова Д.Е. Этические проблемы развития технологий искусственного интеллекта в здравоохранении // Общественное здоровье. 2023. Т. 3, № 1. С. 42–50. <https://doi.org/10.21045/2782-1676-2023-3-1-42-50>.
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. 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). С. 6477–6491.
6. Исаков Ю.Ф., Володин Н.Н., Гераськин А.В. Неонатальная хирургия. – М.: Династия, 2011. – 680 с.
7. Qin F., Lin S., Li Y., Bly R.A., Moe K.S., Hannaford B. Towards better surgical instrument segmentation in endoscopic vision: Multi-angle feature aggregation and contour supervision // IEEE Robotics and Automation Letters. 2020. Т. 5, № 4. С. 6639–6646.
8. Зубков А.В., Донская А.Р., Бушенева С.Н. и др. Разработка метода определения доминирующего типа дыхания человека на базе технологий компьютерного зрения, системы захвата движения и машинного обучения // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2022. Т. 10, № 4 (39). С. 15–16.
9. 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.
10. DICOM PS3.3 2024c. Определения информационных объектов. Sect. A19; Структура набора RT IOD // DICOM Standards Committee. 2024. https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/chtml/part03/sect_A.19.html (дата обращения 18.06.2024).

11. 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>
12. Nemkovskiy G.B., Podurovskaya Yu.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>
13. Schroeder W., Martin K.M., Lorensen W.E. *The visualization toolkit an object-oriented approach to 3D graphics*. 1998. Prentice-Hall, Inc.
14. Сухов А.В. Динамика информационных потоков в системе управления сложным техническим комплексом // *Известия Российской академии наук. Теория и системы управления*. 2000. № 4. С. 111–120.
15. Бурый А.С., Сухов А.В. Оптимальное управление сложными техническими комплексами в автоматизированном информационном пространстве // *Автоматика и телемеханика*. 2003. № 8. С. 145–162.
16. 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.

3D RECONSTRUCTION IN THE DEVELOPMENT OF THE ENDOSCOPIC SURGERY MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM

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 algorithms for displaying and combining 3D models of the patient and surgical equipment 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 visualization on a 3D scene of the relative position of the surgical instrument used in neonatal surgery and the patient, considering the characteristics of these types of intervention.

Keywords: neonatal surgery, surgical navigation, CAS systems, IMS, endoscope position control, medical images, endoscopic surgery management information system

For citation: Nemkovskiy G.B. 3D Reconstruction in the Development of the Endoscopic Surgery Management Information System. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2024; 4 (79): 46–54.(In Russ.).

References

1. Karpov O.E., Subbotin S.A., Shishkanov D.V. Ispol'zovanie medicinskih dannyh dlya sozdaniya sistem podderzhki prinyatiya vrachebnyh reshenij. Vrach i informacionnye tekhnologii, 2019, no. 2, pp. 11–18. (in Russ.).
2. Lebedev G.S., Fartushnyj E.N., Shaderkin I.A., et al. Sozdanie informacionnoj sistemy podderzhki prinyatiya vrachebnyh reshenij na osnove. Zhurnal telemeditsiny i elektronogo zdravooohraneniya, 2019, vol. 5, no. 1, pp. 8–16. (in Russ.).
3. Gusev A.V., Sharova D.E. Eticheskie problemy razvitiya tekhnologij iskusstvennogo intellekta v zdravooohranenii. Obshchestvennoe zdorov'e, 2023, vol. 3, no. 1, pp. 42–50. <https://doi.org/10.21045/2782-1676-2023-3-1-42-50>. (in Russ.).
4. Zhuk D.M., Perfil'ev S.A. CAS sistemy – sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya v hirurgii. Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie MGTU im. N.E. Baumana, 2011, no. 3, P. 6. (in Russ.).
5. 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), pp. 6477–91.
6. Isakov Y.F., Volodin N.N., Geras'kin A.V. Neonatal'naya hirurgiya. Moscow: Dinastiya Publ., 2011, 680 p. (in Russ.).
7. Qin F., Lin S., Li Y., Bly R.A., Moe K.S., Hannaford B. Towards better surgical instrument segmentation in endoscopic vision: Multi-angle feature aggregation and contour supervision. IEEE Robotics and Automation Letters. 2020. 5(4), pp. 6639–46.
8. Zubkov A.V., Donskaya A.R., Busheneva S.N., et al. Razrabotka metoda opredeleniya dominiruyushchego tipa dyhaniya cheloveka na baze tekhnologij komp'yuternogo zreniya, sistemy zahvata dvizheniya i mashinnogo obucheniya. Modelirovanie, optimizaciya i informacionnye tekhnologii, 2022, vol. 10, no. 4 (39), pp. 15–16. (in Russ.).
9. Nemkovskiy G.B., Dorofeeva E.I., Losev A.Y. Optimizaciya informacionnyh processov pri podgotovke i provedenii hirurgicheskogo vmeshatel'stva. Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya, 2024, no. 2 (77), pp. 51–58. (in Russ.).
10. DICOM PS3.3 2024c – Information Object Definitions. Sect A19, RT Structure Set IOD. DICOM Standards Committee, 2024. Available at: https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/chtml/part03/sect_A.19.html. (Accessed 18 June 2024).

11. 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, vol. 126, pp. 1178–1186. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.058>
12. 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, vol. 126, pp. 1216–1223. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.063>
13. Schroeder W., Martin K.M., Lorensen W.E. *The visualization toolkit an object-oriented approach to 3D graphics*, 1998, Prentice-Hall, Inc.
14. Suhov A.V. Dinamika informacionnyh potokov v sisteme upravleniya slozhnym tekhnicheskim kompleksom. *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Teoriya i sistemy upravleniya*, 2000, no. 4, pp. 111–120. (in Russ.).
15. Buryi A.S., Suhov A.V. Optimal'noe upravlenie slozhnymi tekhnicheskimi kompleksami v avtomatizirovannom informacionnom prostranstve. *Avtomatika i telemekhanika*, 2003, no. 8, pp. 145–162. (in Russ.).
16. Nemkovskiy G.B., Dorofeeva E.I., Kuznetsov A.B., Belyakov V.K. Informacionnoe obespechenie zadach pozicionirovaniya hirurgicheskogo instrumenta pri endoskopicheskikh vmeshatel'stvah. *Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya*, 2023, no. 5 (74), pp. 10–19. (in Russ.).