

УДК 519.23

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОХРАНЫ ЗДОРОВЬЯ  
РАБОТНИКОВ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ\***

**MODERN TECHNOLOGIES OF HEALTH PROTECTION  
TEXTILE INDUSTRY WORKERS**

*А.А. РОЖЕНЦОВ, В.Н. ДУБРОВИН, А.Н. ДЕДОВ, И.Л. ЕГОШИНА*

*A.A. ROZHENTSOV, V.N. DUBROVIN, A.N. DEDOV, I.L. EGOSHINA*

**(Поволжский государственный технологический университет)  
(Volga State Technological University)**

E-mail: RozhencovAA@volgatech.net

*В статье представлены современные инновационные технологии медицины в области создания хирургических систем интраоперационной навигации на основе дополненной реальности, применяемые для охраны здоровья работников текстильной промышленности. Рассмотрены различные подходы к обеспечению информационной поддержки хирурга, основанные на технологии дополненной реальности. Сделан обзор области применения видеоэндоскопических технологий.*

*The article presents modern innovative medical technologies in the field of creating surgical intraoperative navigation systems based on augmented reality, used to protect the health of workers in the textile industry. Different approaches to providing information support to the surgeon based on the technology of augmented reality are considered. The review of the field of application of video endoscopy technologies is made.*

**Ключевые слова:** интраоперационная навигация, технологии дополненной реальности, видеоэндоскопические технологии, гибридная операционная.

**Keywords:** intraoperative navigation, technologies of augmented reality, video endoscopy technologies, hybrid operating room.

Текстильная промышленность имеет ярко выраженную производственную специфику, оказывающую влияние на состояние здоровья работников. Область охраны здоровья ра-

ботников, занятых в промышленном производстве, включающая исследование степени адаптации работающих к условиям производственной среды, изучение показателей

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № RFMEFI57717X0254.

заболеваемости, разработку мероприятий и современных берегающих здоровье технологий, является приоритетным направлением.

Необходимо отметить, что прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 г., являющийся одним из основных документов системы стратегического планирования развития страны, сформирован в разрезе приоритетных направлений развития науки, технологий и техники, в том числе в области науки о жизни, медицины и здравоохранения – это технологии персонализированной медицины.

Технологии персонализированной медицины – сравнительно новое направление, подразумевающее использование методов направленного пациенто-ориентированного лечебно-диагностического воздействия. Новое направление обеспечивается развитием соответствующих инновационных технологий методов и средств диагностики, лечения и реабилитации.

Одна из инновационных технологий – это создание хирургических систем интраоперационной навигации, позволяющих на основе предоперационных исследований МРТ и КТ планировать проведение хирургических операций с помощью построения персонализированной 3D-модели внутренних органов и тканей.

На современном этапе видеоэндоскопические технологии имеют неоспоримые преимущества для пациента и связаны они с малотравматичностью операции. При этом особое внимание уделяется вопросам предоперационной подготовки с целью выбора способа доступа к оперируемому органу, обеспечивающему, с одной стороны, удобство и безопасность проведения хирургических манипуляций, возможность использования необходимого инструментария, с другой стороны – минимизацию травматичности доступа [1]. В связи с этим в хирургии активно развиваются малоинвазивные вмешательства, большинство операций теперь выполняется с помощью лапароскопических техник.

Развитие компьютерных технологий и методов лучевой диагностики позволяют создавать 3D-модели зоны хирургического вмешательства или отдельно интересующих ор-

ганов на основе результатов компьютерной томографии [2]. Изучение 3D-модели интересующего органа на экране монитора или напечатанной на 3D-принтере помогает не только хирургу оценить особенности предстоящей операции, но пациенту понять суть его заболевания и лечения [3].

Проведение видеоэндоскопической операции в условиях реальной КТ, МРТ-навигации технически затруднительно и не всегда возможно [4]. В связи с этим перспективным является использование виртуальной модели, основанной на предоперационном обследовании (РКТ, МРТ, УЗИ) непосредственно при проведении видеоэндоскопической операции для интраоперационной навигации, что предоставляет хирургу дополнительную информацию об индивидуальной анатомии пациента [9].

В настоящее время применяются различные подходы к обеспечению информационной поддержки хирурга, основанные на технологии дополненной реальности.

Принцип дополненной реальности заключается в наложении виртуальных объектов на существующие объекты в режиме реального времени. Основной задачей дополненной реальности является расширение возможностей хирурга, работа на принципиально новом уровне [6]. С помощью компьютерного устройства на изображение реальной среды наносятся слои с набором объектов, несущих дополнительную информацию. Все они включают КТ (МРТ)-исследование, запись его результатов в формате DICOM, генерацию виртуальной 3D-модели, соответствующей индивидуальной анатомии пациента и сопряжение 3D-модели с видеоизображением реального пациента [7]. Синтез изображений проводится с использованием проецирования виртуальной модели непосредственно на пациента или на экран видеомонитора при проведении лапароскопической операции [8], [10...12].

Для построения сцены дополненной реальности доступны следующие данные.

*Предоперационные изображения.* Обычно такие данные получают из обычных сканеров (КТ или МРТ) и они имеют хорошее разрешение и качество изображения. Поскольку их получают до хирургического вме-

шательства, они часто проходят цифровую обработку вручную или автоматически, чтобы усилить и/или изолировать сегментированные структуры, представляющие интерес, такие как органы, опухоли, кости или сосуды. Целесообразно также подчеркнуть, что сосудистая сеть может быть искусственно подчеркнута путем инъекции контрастного вещества во время ангиографии. Таким образом, как вены, так и артерии отображаются более контрастными на изображении и их легче сегментировать. Классические методы сегментации включают в себя пороговую обработку, region growing, активные контуры, кластеризацию и классификаторы. Более продвинутые методы – это марковские случайные поля, искусственная нейронная сеть и статистические формы [13].

*Интраоперационные изображения (не оптические).* Такие данные создаются системами визуализации внутри гибридных (цифровых) операционных. В гибридных операционных данные могут быть получены, например, открытыми МРТ-сканерами. Другой интраоперационный метод – 2D-УЗИ, но он имеет небольшую область захвата и сильную подверженность объекта к спекл-шуму. Основным преимуществом интраоперационных данных является то, что их представление анатомии пациента намного более своевременно и, следовательно, более точное, чем представление предоперационных изображений. Тем не менее, более низкое качество интраоперационных изображений часто вынуждает производить некоторую онлайн-обработку цифровых изображений для улучшения их визуализации или качества совмещения. Подобно предоперационной визуализации, контрастные вещества также могут использоваться для увеличения контраста соответствующих структур.

*Эндоскопические изображения.* Современные лапароскопические камеры обычно получают полное HD-изображение (1080p) сцены со скоростью 60 кадров в секунду. Некоторые продукты обеспечивают разрешение 2K и даже 4K (соответственно 1440p и 2160p).

*Оперативные измерения.* Эти данные включают в себя измерения в реальном времени

специфических аспектов операции. Как правило, такая информация включает в себя частоту сердечных сокращений пациента, цикл дыхания или даже силу обратной связи лапароскопических инструментов. Кроме того, такими измерениями могут быть также геометрические координаты, создаваемые системами слежения, предназначенные для определения конкретных объектов в общем пространстве. Этими целями могут быть внутренности пациента, хирургические инструменты или системы отображения (C-arm, лапароскопическая камера или лапароскопический УЗ-датчик). Они отслеживаются с помощью прикрепленных маркеров, обнаруженных датчиками. Две самые популярные технологии отслеживания – оптические и электромагнитные. Отслеживание движений в основном используется для обновления уже размещенных систем расширения возможностей относительно динамики сцены.

*Данные планирования.* Такие данные являются единственными, которые обычно поступают от хирурга. Обычно они собираются "от руки" или с помощью вспомогательных примечаний, используемых для интраоперационного руководства. Примечания содержат метки, измерения или геометрические фигуры, такие как линии разреза, края резекции и положение инструментов или тракаров. Данные планирования могут даже создаваться во время вмешательства и обновляться в реальном времени с помощью анализа изображений для успешного следования за динамической сценой [14].

Качество лапароскопической AR также определяется хорошим рендерингом. Системы расширения возможностей могут принимать несколько форм рендеринга, но поскольку они в основном строятся по трехмерным данным, в них доминируют два типа: поверхностный и объемный рендеринг [15]. Поверхностный рендеринг отображает поверхность, представляющую собой взаимодействие между двумя отдельными структурами (например, легкие/воздух, сосуд/просвет или печень/жир). Это обычно происходит после процедуры сегментации, ручной или полуавтоматической. Из-за дефицита времени эта задача интерактивного разграничения выполняется на предоперационном

этапе до хирургического вмешательства, а не во время его проведения. В отличие от объемного рендеринга, поверхностный рендеринг не отображает все 3D-параметры и, следовательно, намного менее сложен в вычислении. Более того, благодаря свойственному ему четкому разграничению между структурами, его легче интерпретировать. Поэтому поверхностный рендеринг – наиболее распространенный вид визуализации для большинства приложений дополненной реальности в хирургии, согласно литературе [16]. В отличие от поверхностного рендеринга, объемный рендеринг визуализирует все данные. Объемный рендеринг не требует от пользователя взаимодействия с данными для отображения структур, что делает его особенно подходящим для визуализации интраоперационных 3D-данных. Но поскольку отображаются все 3D-данные, объемный рендеринг является особенно сложен в вычислении.

Таким образом, основываясь на преимуществах и недостатках представленных методов, поверхностный рендеринг выглядит самым подходящим выбором для предоперационных 3D-данных, тогда как объемный рендеринг может быть более подходящим для интраоперационных 3D-данных.

#### *Область применения видеоэндоскопических технологий*

В хирургии органов брюшной полости малоинвазивные вмешательства распространены довольно давно, техника отработана. Видеолапароскопия является высокоэффективным, безопасным, малотравматичным способом хирургического лечения, дающая наименьшее количество послеоперационных осложнений и способствующая более ранней активизации больных [17].

Видеоэндоскопические технологии применяются в кардиохирургии [18]. В кардиохирургии такие методы стали внедряться относительно недавно из-за большого числа технических сложностей. Для преодоления этих сложностей создаются новые технологии, например, была разработана система HeartNavigator, совмещаемая с производимыми операционными комплексами для внутрисосудистых вмешательств. HeartNavigator позволяет в режиме реального времени

строить трехмерную модель с помощью реконструкции предварительно сделанных 2D-снимков. Интервенционная программа HeartNavigator помогает провести измерения, выбрать искусственный клапан из базы данных программы для замены клапана аорты и установить угол обзора для рентгеноскопии. Трехмерная модель создается на основе ранее полученных двумерных наборов данных КТ и накладывается на "живое" рентгеноскопическое изображение для навигации по трехмерному изображению в режиме реального времени.

На сегодняшний день открытые и полостные методы лечения заболеваний головного мозга и позвоночника уже практически не применяются. Им на смену пришли малоинвазивные, эндоскопические, трансанзальные и роботизированные методы, в списке преимуществ которых числятся точность и аккуратность, эффективность и безопасность для пациента, а также быстрые реабилитация и восстановление после операции. Эндоскопическая хирургия передних отделов позвоночника при травмах и заболеваниях характеризуется сочетанием эндоскопической техники и навигацией с интраоперационным нейрофизиологическим контролем [19].

Актуальность использования современной эндоскопической техники в нейрохирургии во многом определяется возможностью получения увеличенного изображения анатомических структур с оптимальным увеличением, освещением, без дополнительной тракции и нарушения микро топографии, а также возможностью манипуляций на структурах, расположенных за пределами прямой видимости, через незначительный, но достаточный по размеру операционный доступ. Современные органосохраняющие технические решения, применяемые в нейрохирургии включают в себя нейроэндоскопию, интраоперационную нейровизуализацию, интраоперационную магнитно-резонансную томографию [20].

## В Ы В О Д Ы

Одно из приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в области медицины и здравоохранения – это тех-

нологии персонифицированной медицины. Актуальным направлением является создание хирургических систем интраоперационной навигации, позволяющих на основе преоперационных исследований МРТ и КТ планировать проведение хирургических операций с помощью построения персонифицированной 3D-модели внутренних органов и тканей. На современном этапе видеозендоскопические технологии имеют неоспоримые преимущества для пациента и связаны они с малотравматичностью операции.

Охрана здоровья работников производственной сферы должна быть непосредственно связана с современными технологиями лечения, диагностики и реабилитации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Mirotta D.J., Ishii M., Hager G.D.* Vision-based navigation in image-guided interventions// Annual review of biomedical engineering. – V. 13, 2011. P.297...319. <https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-071910-124757>
2. *Nakamoto M., Ukimura O., Faber K., Gill I.S.* Current progress on augmented reality visualization in endoscopic surgery// Current opinion in urology. – V.22, 2012. P.121...126. <https://doi.org/10.1097/MQU.0b013e3283501774>
3. *Kersten-Oertel M., Jannin P., Collins D.L.* The state of the art of visualization in mixed reality image guided surgery// Computerized Medical Imaging and Graphics. – V. 37, 2013. P.98...112. <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2013.01.009>
4. *Najmaei N., Mostafavi K., Shahbazi S., Azizian M.* Image guided techniques in renal and hepatic interventions // The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery. – V.9, 2013. P.379...395. <https://doi.org/10.1002/rcs.1443>
5. *Micali S., Pini G., Teber D., Sighinolfi M.C., De Stefani S., Bianchi G., Rassweiler J.* New trends in minimally invasive urological surgery, what is beyond the robot // World journal of urology. – V.31, 2013. P.505...513. <https://doi.org/10.1007/sQ0345-010-0588-5>
6. *Schols R.M., Bouvy N.D., van Dam R.M., Stassen L.P.* Advanced intraoperative imaging methods for laparoscopic anatomy navigation: an overview// Surgical endoscopy. – V.27, 2013. P.1851...1859 et al. <https://doi.org/10.1007/s00464-012-2701-x>
7. *Hughes-Hallett A., Mayer E.K., Marcus H.J., Cundy T.P., Pratt P.J., Darzi A.W., Vale J.A.* Augmented reality partial nephrectomy: examining the current status and future perspectives // Urology. – V.83, 2014. P.266...273. <https://doi.org/10.1016/i.urology.2013.08.049>
8. *Okamoto T., Onda S., Yanaga K., Suzuki N., Hattori A.* Clinical application of navigation surgery using augmented reality in the abdominal field // Surgery today. – V.45, 2014. P.397...406. <https://doi.org/10.1007/s00595-014-0946-9>
9. *Teber D.* Augmented reality: a new tool to improve surgical accuracy during laparoscopic partial nephrectomy. Preliminary in vitro and in vivo results // European urology. – 6.07, 2009. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19477580>; DOI: 10.1016/j.eururo.2009.05.017.
10. *Nakamoto M.* Current progress on augmented reality visualization in endoscopic surgery// Current opinion in urology. – 1.5, 2012. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22249372>; DOI: 10.1097/MOU.0b013e3283501774.
11. *Okamoto T.* Utility of augmented reality system in hepatobiliary surgery // Journal of hepatobiliary-pancreatic sciences. – 3.3, 2013. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22399157>; DOI: 10.1007/s00534-012-0504-z.
12. *Sugimoto M.* Image overlay navigation by markerless surface registration in gastrointestinal, hepatobiliary and pancreatic surgery// Journal of hepatobiliary-pancreatic sciences. – 3.3, 2010. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19798463>; DOI: 10.1007/s00534-009-0199-y.
13. *Heimann T., Meinzer H.P.* Statistical shape models for 3D-medical image segmentation: a review// Medical image analysis. – V. 13, 2009. P. 543...563.
14. *Kim J.H., Bartoli A., Collins T., Hartley R.* Tracking by detection for interactive image augmentation in laparoscopy //Biomedical Image Registration. Springer. – 2012. P. 246...255.
15. *Bartz D., Preim B.* Visualization and exploration of segmented anatomic structures //Biomedical Image Processing. Springer. – 2012. P. 379...401.
16. *Kersten-Oertel M., Jannin P., Collins D.L.* The state of the art of visualization in mixed reality image guided surgery// Computerized Medical Imaging and Graphics. – Vol. 37, 2013. P. 98...112. <https://doi.org/10.1016/i.compmedimag.2013.01.009>
17. *Галиуллин П.Н.* Лапароскопические операции в неотложной хирургии органов брюшной полости// Креативная хирургия и онкология. – 2014, № 3. С.26...28.
18. *Антикеев А.М., Абильтяев А.М., Мукашев О.С., Дюржанов А.А., Шамуратов И.К., Даиров Д.С., Курманов А.М., Накипов Х.Х., Мысаев А.* Видеозендоскопическая технология при малоинвазивном оперативном лечении больных с ишемической болезнью сердца: описание серии случаев // Наука и здравоохранение. – 2017, №1. С. 87...96.
19. *Гринь А.А. и др.* Видеозендоскопическая хирургия повреждений и заболеваний грудного и поясничного отделов позвоночника / Под ред. В.В. Крылова. – М.: ООО "Принт-Студио", 2012.
20. *Васильев С.А., Аслануков М.Н., Левин П.С., Семенов В.Б., Зуев А.А., Ховрин В.В., Фисенко Е.П.* Современные органосохраняющие технологии в хирургии головного мозга (аналитический обзор) // Клинический и экспериментальный хирургический журнал им. акад. Б.В. Петровского. – 2017, № 1. С.84...90.

## REFERENCES

1. Mirotta D.J., Ishii M., Hager G.D. Vision-based navigation in image-guided interventions // *Annual review of biomedical engineering*. – V.13, 2011. P.297...319. <https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-071910-124757>
2. Nakamoto M., Ukimura O., Faber K., Gill I.S. Current progress on augmented reality visualization in endoscopic surgery // *Current opinion in urology*. – V.22, 2012. P.121...126. <https://doi.org/10.1097/MQU.0b013e3283501774>
3. Kersten-Oertel M., Jannin P., Collins D.L. The state of the art of visualization in mixed reality image guided surgery // *Computerized Medical Imaging and Graphics*. – V.37, 2013. P.98...112. <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2013.01.009>
4. Najmaei N., Mostafavi K., Shahbazi S., Azizian M. Image guided techniques in renal and hepatic interventions // *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*. – V.9, 2013. P.379...395. <https://doi.org/10.1002/rcs.1443>
5. Micali S., Pini G., Teber D., Sighinolfi M.C., De Stefani S., Bianchi G., Rassweiler J. New trends in minimally invasive urological surgery, what is beyond the robot // *World journal of urology*. – V.31, 2013. P.505...513. <https://doi.org/10.1007/s00345-010-0588-5>
6. Schols R.M., Bouvy N.D., van Dam R.M., Stassen L.P. Advanced intraoperative imaging methods for laparoscopic anatomy navigation: an overview // *Surgical endoscopy*. – V. 27, 2013. P. 1851...1859 et al. <https://doi.org/10.1007/s00464-012-2701-x>
7. Hughes-Hallett A., Mayer E.K., Marcus H.J., Cundy T.P., Pratt P.J., Darzi A.W., Vale J.A. Augmented reality partial nephrectomy: examining the current status and future perspectives // *Urology*. – V. 83, 2014. P.266...273. <https://doi.org/10.1016/i.urology.2013.08.049>
8. Okamoto T., Onda S., Yanaga K., Suzuki N., Hattori A. Clinical application of navigation surgery using augmented reality in the abdominal field // *Surgery today*. – V.45, 2014. P.397...406. <https://doi.org/10.1007/s00595-014-0946-9>
9. Teber D. Augmented reality: a new tool to improve surgical accuracy during laparoscopic partial nephrectomy. Preliminary in vitro and in vivo results // *European urology*. – 6.07, 2009. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19477580>; DOI: 10.1016/j.eururo.2009.05.017.
10. Nakamoto M. Current progress on augmented reality visualization in endoscopic surgery // *Current opinion in urology*. – 1.5, 2012. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22249372>; DOI: 10.1097/MOU.0b013e3283501774.
11. Okamoto T. Utility of augmented reality system in hepatobiliary surgery // *Journal of hepatobiliary-pancreatic sciences*. – 3.3, 2013. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22399157>; DOI: 10.1007/s00534-012-0504-z.
12. Sugimoto M. Image overlay navigation by markerless surface registration in gastrointestinal, hepatobiliary and pancreatic surgery // *Journal of hepatobiliary-pancreatic sciences*. – 3.3, 2010. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19798463>; DOI: 10.1007/s00534-009-0199-y.
13. Heimann T., Meinzer H.P. Statistical shape models for 3D-medical image segmentation: a review // *Medical image analysis*. – V. 13, 2009. P. 543...563.
14. Kim J.H., Bartoli A., Collins T., Hartley R. Tracking by detection for interactive image augmentation in laparoscopy // *Biomedical Image Registration*. Springer. – 2012. P. 246...255.
15. Bartz D., Preim B. Visualization and exploration of segmented anatomic structures // *Biomedical Image Processing*. Springer. – 2012. P. 379...401.
16. Kersten-Oertel M., Jannin P., Collins D.L. The state of the art of visualization in mixed reality image guided surgery // *Computerized Medical Imaging and Graphics*. – Vol.37, 2013. P.98...112. <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2013.01.009>
17. Galiullin R.N. Laparoskopicheskie operatsii v neotlozhnoy khirurgii organov bryushnoy polosti // *Kreativnaya khirurgiya i onkologiya*. – 2014, №3. S.26...28.
18. Antikeev A.M., Abil'taev A.M., Mukashev O.S., Dyurzhanov A.A., Shamuratov I.K., Dairov D.S., Kurmanov A.M., Nakipov Kh.Kh., Mysaev A. Videoendoskopicheskaya tekhnologiya pri maloinvazivnom operativnom lechenii bol'nykh s ishemicheskoy bolezn'yu serdtsa: opisanie serii sluchaev // *Nauka i zdravookhranenie*. – 2017, №1. S. 87...96.
19. Grin' A.A. i dr. Videoendoskopicheskaya khirurgiya povrezhdeniy i zaboлевaniy grudnogo i poyasnichnogo otdelov pozvonochnika / Pod red. V.V. Krylova. – M.: OOO "Print-Studio", 2012.
20. Vasil'ev S.A., Aslanukov M.N., Levin R.S., Semenov V.B., Zuev A.A., Khovrin V.V., Fisenko E.P. Sovremennye organosokhranyayushchie tekhnologii v khirurgii golovnogo mozga (analiticheskiy obzor) // *Klinicheskiy i eksperimental'nyy khirurgicheskiy zhurnal im. akad. B.V. Petrovskogo*. – 2017, № 1. S. 84...90.

Рекомендована кафедрой радиотехнических и медико-биологических систем. Поступила 05.02.19.