

Information about the authors

Zh.A. Aidosov* – Student

A.D. Galymov – Master of Sciences (Natural), Lecturer

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

zhandos.ajdosov.00@mail.ru

УДК: 004.8; 616–089.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ХИРУРГИЧЕСКИХ ВИДЕО

Арбеков Петр Владимирович, Мазитов Дамир Маратович

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова»

Санкт–Петербург, Россия

Аннотация

Введение. Современные хирургические технологии активно интегрируют искусственный интеллект (ИИ) для анализа видеозаписей операций. Автоматизированная обработка видеоархивов позволяет повысить безопасность вмешательств, стандартизировать хирургические процедуры и улучшить образовательный процесс. **Цель исследования** – анализ текущих достижений в применении ИИ для обработки хирургических видео и оценка перспектив использования структурированных видеоархивов. **Материалы и методы.** Обзор научных публикаций, посвященных использованию ИИ для анализа видеоопераций в различных хирургических дисциплинах. **Результаты.** ИИ активно применяется для автоматического определения фаз хирургического вмешательства, идентификации анатомических структур и распознавания хирургических инструментов. В общей хирургии модели ИИ эффективно анализируют лапароскопические операции, такие как холецистэктомия и герниопластика. В колопроктологии разработаны алгоритмы, позволяющие автоматически распознавать этапы резекции сигмовидной кишки. В бариатрической хирургии методы глубокого обучения помогают предсказывать послеоперационные осложнения. В урологии и гинекологии ИИ применяется для анализа сложных лапароскопических вмешательств, что способствует повышению точности диагностики и снижению интраоперационных рисков. **Выводы.** Использование ИИ в анализе хирургических видео открывает перспективы для повышения безопасности операций, стандартизации протоколов и обучения хирургов. Дальнейшее развитие технологий требует улучшения алгоритмов, расширения баз данных и комбинированного подхода с участием экспертов.

Ключевые слова: искусственный интеллект, хирургическое видео, анализ операций, глубокое обучение, автоматическое распознавание фаз операций.

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR PROCESSING AND ANALYSIS OF SURGICAL VIDEOS

Arbekov Petr Vladimirovich, Mazitov Damir Maratovich

Military Medical Academy named after S.M. Kirov

Saint Petersburg, Russia

Abstract

Introduction. Modern surgical technologies actively integrate artificial intelligence (AI) for analyzing surgical video recordings. Automated processing of video archives enhances the safety of procedures, standardizes surgical practices, and improves the educational process. **The aim of the study** is analysis of current achievements in the application of AI for processing surgical videos and evaluating the prospects of using structured video archives. **Material and methods.** Review of scientific publications dedicated to the use of AI for analyzing surgical videos in various surgical disciplines. **Results.** AI is actively used for automatically determining phases of surgical procedures, identifying anatomical structures, and recognizing surgical instruments. In general surgery, AI models effectively analyze laparoscopic procedures such as cholecystectomy and hernioplasty. In colorectal surgery, algorithms have been developed to automatically recognize stages of sigmoid colon resection. In bariatric surgery, deep learning methods help predict postoperative complications. In urology and gynecology, AI is applied for analyzing complex laparoscopic interventions, contributing to increased diagnostic accuracy and reducing intraoperative risks. **Conclusions.** The use of AI in surgical video analysis opens up prospects for enhancing surgical safety, standardizing protocols, and training surgeons. Further development of these technologies requires improving algorithms, expanding databases, and a combined approach involving experts.

Keywords: artificial intelligence, surgical video, surgery analysis, deep learning, automatic recognition of surgical phases.

ВВЕДЕНИЕ

Современная хирургия становится все более технологически продвинутой, включая использование роботических систем, минимально инвазивных методов лечения, а также искусственного интеллекта. Важным аспектом является обязательная видеофиксация хирургических вмешательств, которая в будущем может стать стандартом медицинской практики. Накопленные видеоархивы обладают значительным потенциалом для улучшения хирургической практики. Они позволяют проводить детальный разбор операций, выявлять и анализировать ошибки, а также разрабатывать стандарты и протоколы для повышения безопасности пациентов. Кроме того, такие архивы служат ценным ресурсом для обучения молодых специалистов, предоставляя им возможность изучать различные техники и подходы. Однако ручная обработка и анализ этих данных требуют значительного количества времени и человеческих ресурсов, что делает этот процесс трудоемким и не всегда эффективным [1].

Важным направлением развития в последние годы стало применение искусственного интеллекта (ИИ) для обработки и анализа хирургических видео. Анализ видео операций с использованием ИИ открывает новые перспективы в медицинской практике. Системы машинного обучения способны автоматически определять фазы хирургических вмешательств, оценивать соблюдение критериев безопасности и выявлять потенциальные ошибки. Это может способствовать снижению числа осложнений, улучшению образовательного процесса в хирургии и повышению безопасности пациентов [2].

Одним из ключевых преимуществ ИИ в хирургии является его способность анализировать большие объемы данных, выявлять закономерности и предлагать объективные критерии оценки качества работы хирурга [3].

В данной статье рассматривается использование искусственного интеллекта для обработки и анализа хирургических видео, описываются методы и технологии, применяемые в этой сфере, а также обсуждаются полученные результаты и перспективы дальнейшего развития.

Цель исследования – проанализировать текущие достижения в области применения ИИ для обработки и анализа хирургических видео, а также оценить перспективы использования структурированных видеоархивов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Настоящее исследование представляет собой обзор литературы, основанный на анализе научных публикаций, посвященных применению искусственного интеллекта для обработки и анализа видео из различных областей хирургии.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Искусственный интеллект играет важную роль в обработке и анализе хирургического видео, извлекая из него ценную информацию, которая может повысить точность, безопасность и эффективность операций.

Одним из ключевых направлений является автоматическое определение фаз хирургического вмешательства. Системы ИИ способны разделять видеозапись на отдельные этапы, такие как доступ, мобилизация, диссекция, клипирование, пересечение и другие манипуляции. Это не только позволяет стандартизировать хирургические процедуры, но и помогает оценивать соответствие действий хирурга установленным протоколам [4,5].

Еще одной важной возможностью является распознавание анатомических структур. ИИ может анализировать видео в режиме реального времени и идентифицировать различные органы, сосуды и другие анатомические объекты. Такая технология способствует снижению риска повреждения важных структур и повышает общую точность хирургических манипуляций.

Кроме того, ИИ способен обнаруживать и отслеживать хирургические инструменты, что дает дополнительную информацию об операции. Системы машинного обучения могут не только фиксировать, какие инструменты используются в конкретный момент, но и выявлять возможные ошибки или отклонения от стандартных методик. Это позволяет улучшить

обучение хирургов, оптимизировать использование инструментов и минимизировать риски во время операции.

В общей хирургии ИИ применяется для анализа лапароскопических операций, таких как холецистэктомия, трансабдоминальная преперитонеальная герниопластика (TAPP) и тотальная экстраперитонеальная герниопластика (TEP). Результаты исследования, описанного в статье «Artificial Intelligence Assisted Recognition of Anatomical Landmarks and Laparoscopic Instruments in Transabdominal Preperitoneal Inguinal Hernia Repair» показали, что ИИ способен эффективно идентифицировать ключевые анатомические ориентиры и хирургические инструменты во время операции TAPP [6]. В исследовании Ortenzi созданная ИИ-модель была способна автоматически анализировать хирургические видео с высокой точностью. Подобные модели могут быть использованы для автоматизации анализа хирургических видео, что позволит оценивать и отслеживать качество выполнения операций, предоставляя количественные метрики для хранения, оценки и сравнения [7]. В исследовании Korndorffer рассматривается применение искусственного интеллекта (ИИ) для анализа видео лапароскопической холецистэктомии и оценки критериев безопасности (CVS) и интраоперационных событий. Результаты показывают, что ИИ может эффективно ускорить процесс видеоконтроля и точно аннотировать события, при этом высокое соглашение с хирургами наблюдается в случаях с высокой тяжестью заболевания. Однако, для сложных случаев требуется вмешательство хирурга, что подчеркивает необходимость дальнейшей доработки алгоритмов и комбинированного использования ИИ с человеческим опытом [8,9,10].

Также ИИ используется в бариатрической хирургии. Статья «Deep Learning Neural Networks to Predict Serious Complications After Bariatric Surgery: Analysis of Scandinavian Obesity Surgery Registry Data» посвящена использованию методов глубокого обучения для предсказания послеоперационных осложнений после бариатрической хирургии на основе данных Национального регистра хирургии ожирения (SOReg) в Скандинавии. Статья демонстрирует перспективность применения глубоких нейронных сетей для предсказания послеоперационных осложнений в бариатрической хирургии, однако требует доработки и внедрения дополнительных данных для повышения надежности моделей [11].

В колопроктологии ИИ-алгоритмы используются для изучения операций на толстой и прямой кишке. В исследовании Kitaguchi подход на базе сверточной нейронной сети позволил распознавать фазы операции и действия в 71 случае лапароскопической резекции сигмовидной кишки на основе вручную аннотированных данных. Это исследование продемонстрировало возможность использования данной модели глубокого обучения в реальном времени для автоматического распознавания фаз операции [12]. В исследовании Nakajima была построена модель на основе глубокого обучения, которая распознает пять фаз лапароскопической резекции сигмовидной кишки. Это исследование подтверждает возможность применения модели глубокого обучения для оценки хирургических навыков, распознавая фазы лапароскопической резекции сигмовидной кишки. Модель показала, что опытные хирурги имеют более высокие баллы по системе ESSQS и достигают лучших результатов по времени операций и количеству фаз, что подтверждает её потенциал для автоматизированной оценки навыков [13]. В исследовании Narihiro разработана модель глубокого обучения UreterNet для идентификации мочеточников в видео лапароскопических колоректальных операций, чтобы минимизировать риск ятрогенной травмы мочеточников. Модель использует алгоритм семантической сегментации на основе свёрточных нейронных сетей, демонстрируя точность 0,712, полноту 0,722 и коэффициент Дайса 0,716 на тестовых данных, с реальным временем обработки 143 миллисекунды. UreterNet представляет собой неинвазивный метод, который может повысить безопасность операций, но для подтверждения его эффективности необходимо провести дополнительные исследования по снижению травм мочеточников [14].

В гинекологии технологии машинного обучения находят применение при анализе лапароскопических операций на яичниках и матке, а также при диагностических процедурах.

Исследование Zhao X посвящено разработке модели глубокого обучения на основе YOLOX для реального времени обнаружения эндометриальных полипов. Предложенная модель зарекомендовала себя в качестве эффективного диагностического инструмента, позволяющего находить эндометриальные полипы в реальном времени [15]. Исследование Guedon демонстрирует потенциал глубокого обучения для автоматического распознавания информации, содержащейся в видео холецистэктомии и гистерэктомий. Также исследование дает представление о применимости таких технологий для планирования и оптимизации работы операционной [16].

В урологии искусственный интеллект используется для анализа сложных вмешательств, таких как лапароскопическая простатэктомия. В ходе исследования Gon Park использовались видеозаписи операций робот-ассистированной простатэктомии, где модель распознавала изображения инструментов, мочевого пузыря, простаты и семенных пузырьков, демонстрируя точность с коэффициентом Дайса 0,85, что подтверждает её потенциал для использования в реальном времени для помощи в роботизированных операциях [17]. Целью еще одного исследования китайского актора Рак было изучить производительность моделей глубокого обучения в сегментации при роботизированной радикальной простатэктомии и определить, какие архитектуры (CNN или трансформеры) лучше подходят для сегментации в роботизированной хирургии. Результаты показали, что модели CNN, такие как DeepLabV3, MANet и U-Net++, превосходят трансформеры, такие как SegFormer и BEiT, в сегментации простаты, семенных канальцев и пузырьков. Оба типа моделей показали высокую точность в сегментации хирургических инструментов и анатомических структур, однако CNN модели могут быть более подходящими для сегментации органов в атипичных случаях [18].

В эндоскопии ИИ играет ключевую роль в распознавании и классификации патологий в ходе диагностических и лечебных процедур. В исследовании Chang был разработан алгоритм на основе глубокого обучения для анализа качества колоноскопии в реальном времени, используя изображения, полученные во время процедуры. Результаты показали, что алгоритм имеет высокую точность, достигая 96,72% для общего набора данных и 94,71% для независимой выборки, с хорошей корреляцией с реальными отчетами о процессе [19]. Исследование Wang описывает новый модуль перекалибровки глубокого обучения, который помогает улучшить диагностику целиакии на основе изображений видеокапсульной эндоскопии (VCE) [20].

ОБСУЖДЕНИЕ

С применением технологий глубокого обучения для обработки и анализа хирургических видео достигается много различных целей, таких как определение фаз и этапов операции, обнаружение инструментов и анатомических структур. Эта технологии продемонстрировали высокую точность (более 85% в большинстве исследований) при классификации хирургических инструментов, органов и хирургических процедур. Различные системы успешно сегментировали операции на заранее определённые этапы, а также предсказывали их длительность. Литературный обзор показал высокую чувствительность и специфичность различных архитектур нейросетей при классификации хирургического видео. Однако методология и результаты исследований часто представляются неполно, а уровень предвзятости остаётся высоким.

Большинство рассмотренных исследований показали высокую точность классификации инструментов, но менее точные результаты при более сложных задачах, таких как определение анатомических ориентиров. Полученные результаты подчеркивают необходимость улучшения анализа присутствия и обнаружения инструментов, что может способствовать развитию других задач, таких как распознавание действий, анализ неблагоприятных событий и классификация хирургических этапов.

Таким образом, использование искусственного интеллекта в хирургии открывает новые возможности для обработки и анализа видеоархивов, что способствует развитию персонализированной медицины, совершенствованию хирургических методик и повышению безопасности пациентов. Более детальный анализ хирургического видео может помочь в

создании инструмента помощи в реальном времени, который будет способен распознавать анатомию в атипичных случаях, контролировать исполнение критериев безопасности, а также предупреждать о возможных ошибках.

ВЫВОДЫ

Применение искусственного интеллекта (ИИ) в хирургии становится перспективным направлением, способным существенно повысить качество операций и безопасность пациентов. В рамках данного исследования проанализированы современные методы использования ИИ для обработки и анализа хирургических видео.

Одним из ключевых достижений является автоматическое определение фаз хирургических вмешательств, что позволяет стандартизировать процедуры, улучшить контроль качества операций и повысить уровень обучения хирургов. Распознавание анатомических структур с помощью ИИ снижает риск их повреждения и повышает точность манипуляций. Кроме того, системы ИИ могут отслеживать и анализировать использование хирургических инструментов, выявлять отклонения от стандартных протоколов и тем самым способствовать снижению числа осложнений.

Исследования, посвященные применению ИИ в различных хирургических дисциплинах, подтверждают эффективность технологий машинного обучения для анализа лапароскопических операций и диагностических процедур, прогнозирования осложнений и оценки навыков хирургов. Разработанные модели демонстрируют высокую точность при идентификации анатомических структур, инструментов и фаз вмешательства, однако их интеграция в клиническую практику требует дальнейшей доработки.

Несмотря на значительный прогресс, остаются нерешенные вопросы, касающиеся интерпретируемости алгоритмов, адаптации моделей к различным хирургическим условиям и верификации результатов. Оптимальной стратегией является комбинированный подход, при котором ИИ используется в качестве вспомогательного инструмента, а окончательное решение остается за хирургом.

В будущем ожидается более активное внедрение ИИ в хирургическую практику, развитие персонализированных алгоритмов и интеграция технологий машинного обучения в системы хирургической навигации. Это откроет новые возможности для повышения безопасности и эффективности операций [21,22].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. SAGES consensus recommendations on surgical video data use, structure, and exploration / J.A. Eckhoff, G. Rosman, M.S. Altieri [et al.] // *Surgical endoscopy*. – 2024. – Vol. 38, № 7. – P. 2490–2498.
2. Deep learning visual analysis in laparoscopic surgery: a systematic review and diagnostic test accuracy meta-analysis / R. Anteby, N. Horeh, S. Soffer [et al.] // *Surgical endoscopy*. – 2024. – Vol. 38, № 6. – P. 3447–3458.
3. Кобринский, Б.А. Системы искусственного интеллекта в хирургии: возможности, ограничения и перспективы. Обзор литературы / Б.А. Кобринский // *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. – 2023. – с. 105–115.
4. Cholec80–CVS: An open dataset with an evaluation of Strasberg's critical view of safety for AI / M.S. Rios, M.A. Molina–Rodriguez, D. Londono D. [et al.] // *J. Robotic Surgery*. – 2023. – Vol. 17, № 3. – P. 515–523.
5. Formalizing video documentation of the Critical View of Safety in laparoscopic cholecystectomy / P. Mascagni, C. Fiorillo, T. Urade T. [et al.] // *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*. – 2024. – Vol. 34, № 4. – P. 223–230.
6. AI Assisted Recognition of Anatomical Landmarks in Inguinal Hernia Repair / A. Zygomas, D. Kalles, N. Katsiakos [et al.] // *Surgery Innovation*. – 2023. – Vol. 30, № 1. – P. 15–23.
7. A novel high accuracy model for automatic surgical workflow recognition using AI in laparoscopic TEP / M. Ortenzi, J. Rapoport Ferman, A. Antolin [et al.] // *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*. – 2023. – Vol. 18, № 8. – P. 1613–1623.
8. Situating AI in Surgery: A Focus on Disease Severity / J.R. Jr Korndorffer, M.T. Hawn, D.A. Spain. [et al.] // *Journal of the American College of Surgeons*. – 2024. – Vol. 238, № 6. – P. 928–933.
9. Impact of AI System on Recognition of Anatomical Landmarks in Laparoscopic Cholecystectomy / Y. Endo, T. Tokuyasu, Y. Mori [et al.] // *Surgical Laparoscopy, Endoscopy and Percutaneous Techniques*. – 2024. – Vol. 34, № 2. – P. 110–115.
10. AI Software for Surgical Phase Recognition in Laparoscopic Cholecystectomy / K. Shinozuka, S. Turuda, A. Fujinaga [et al.] // *Journal of laparoendoscopic & advanced surgical techniques*. – 2023. – Vol. 35, № 4. – P. 239–245.
11. Deep Learning Neural Networks to Predict Complications After Bariatric Surgery / Y. Cao, S. Montgomery, J. Ottosson [et al.] // *Obesity Surgery*. – 2023. – Vol. 33, № 2. – P. 417–424.
12. Real-time automatic surgical phase recognition in laparoscopic sigmoidectomy / D. Kitaguchi, N. Takeshita, H. Matsuzaki [et al.] // *Surgical Laparoscopy, Endoscopy and Percutaneous Techniques*. – 2023. – Vol. 33, № 3. – P. 170–175.
13. Automated Surgical Skill Assessment in Colorectal Surgery Using a Deep Learning–Based Model / K. Nakajima, D. Kitaguchi, H. Hasegawa [et al.] // *Surgical Endoscopy*. – 2024. – Vol. 38, № 8. – P. 1552–1560.

14. Deep Learning–Based Real–Time Ureter Identification in Laparoscopic Colorectal Surgery / S. Narihiro, D. Kitaguchi, H. Hasegawa [et al.] // Surgical Endoscopy. – 2024. – Vol. 38, № 9. – P. 1610–1616.
15. Automated Detection of Endometrial Polyps from Hysteroscopic Videos Using Deep Learning / A. Zhao, X. Du, S. Yuan [et al.] // Journal of Obstetrics and Gynaecology. – 2024. – Vol. 44, № 4. – P. 319–325.
16. Deep learning for surgical phase recognition using endoscopic videos / A.C.P. Guedon, S.E.P. Meij, K.N.M.M.H. Osman [et al.] // Surgical Endoscopy. – 2023. – Vol. 38, № 5. – P. 1278–1285.
17. Deep Learning Model for Real Time Semantic Segmentation During Robotic Prostatectomy / S. Gon Park, J. Park, H. Rock Choi [et al.] // Journal of Robotic Surgery. – 2023. – Vol. 17, № 5. – P. 1019–1025.
18. Application of deep learning for semantic segmentation in robotic prostatectomy / S. Pak, S.G. Park, Park J. [et al.] // Robotics and Automation in Surgery. – 2023. – Vol. 29, № 3. – P. 345–353.
19. Development of AI–Based Algorithm for Colonoscopy Quality Assessment / Y.Y. Chang, P.C. Li, R.F. Chang [et al.] // Gastrointestinal Endoscopy. – 2023. – Vol. 97, № 6. – P. 1052–1061.
20. Celiac Disease Diagnosis from Videocapsule Endoscopy with Deep Learning / X. Wang, H. Qian, E.J. Ciaccio [et al.] // World Journal of Gastroenterology. – 2023. – Vol. 29, № 12. – P. 1895–1903.
21. Разработка программно–аппаратного устройства для системы мониторинга в телемедицине / В.А. Чеверев, В.Н. Емельянов, Г.Д. Киркитадзе, А.А. Зобова // Ученые записки УлГУ. Серия: Математика и информационные технологии. – 2021. – № 2. – С. 75–81.
22. Новое программное обеспечение для эпидемиологического мониторинга заболеваемости военнослужащих курсантов / А.А. Кузин, В.Н. Емельянов, А.П. Губанов, В.П. Шарихин // Вестник Российской Военно–медицинской академии. – 2018. – № S1. – С. 92–93.

Сведения об авторах

П.В. Арбеков* – оператор научной роты

Д.М. Мазитов – оператор научной роты

Information about the authors

P.V. Arbekov* – Scientific Company Operator

D.M. Mazitov – Scientific Company Operator

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

virko-viktor@mail.ru

УДК: 616.28–008.1:004.3

ВЛИЯНИЕ СЛУХОВЫХ УСТРОЙСТВ НА ЗДОРОВЬЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ЦИФРОВЫХ ГАДЖЕТОВ

Бағданқызы Мақан Іңкәр, Мусатаева Июнгуль Сулжановна

НАО «Медицинский университет Семей»

Семей, Казахстан

Аннотация

Введение. В нашей современной жизни музыка занимает определенно важную роль. А где музыка, там и наушники, позволяющие наслаждаться любыми мелодиями в любом месте, в любое время, не доставляя беспокойства окружающим. Однако, к сожалению, научно–медицинские исследования твердят об отрицательном влиянии наушников на органы слуха. **Цель исследования** – рассмотреть отрицательное влияние наушников на слуховой аппарат и осведомить молодежь о предварительной угрозе. **Материал и методы.** В исследовании использовались анализ научной литературы, опрос, экспериментальные методы, сравнительный анализ и медицинские консультации. **Результаты.** Результаты проведенного исследования подтверждают, что наушники, ставшие неотъемлемой частью современной жизни, могут негативно влиять на здоровье человека при неправильном использовании. Основные последствия включают ухудшение слуха, развитие тиннитуса, головные боли, хроническую усталость, а также проблемы с осанкой и гигиеной. Особенно тревожным является тот факт, что многие пользователи не осознают потенциальные риски и превышают безопасные уровни громкости и продолжительность прослушивания. Сравнительный анализ различных типов наушников показал, что внутриканальные модели создают наибольшую нагрузку на слуховой аппарат и представляют риск с точки зрения гигиены. В то же время полноразмерные наушники обеспечивают более равномерное распределение звука, но при длительном ношении могут вызвать дискомфорт. Также было выявлено, что частое использование наушников может приводить к психологической зависимости от звукового фона, что отрицательно оказывается на концентрации и эмоциональном состоянии. **Выводы.** Осведомленность о потенциальных рисках и следование простым рекомендациям помогут наслаждаться музыкой и аудиоконтентом без ущерба для здоровья. Бережное отношение к слуху должно стать важной привычкой, поскольку его потеря является необратимой.

Ключевые слова: слуховой аппарат, наушники, громкость, тиннитус, усталость, цифровые гаджеты, здоровье пользователей.

INFLUENCE OF HEARING DEVICES ON THE HEALTH OF DIGITAL GADGETS USERS

Bagdankyzy Makan Inkar, Mussatayeva Iyungul Sulzhanovna

NJSC «Semey Medical University»