

Автоматизированная классификация кожных образований по многоспектральным изображениям

П. Д. Михайлова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

polina.delitzsch@gmail.com

Аннотация. В работе рассматривается проблема автоматизированной классификации кожных образований с использованием многоспектральных изображений и методов глубокого обучения. Разработан алгоритм обработки многоспектральных данных, основанный на архитектуре, адаптированной для многоканальных медицинских изображений. Разработанный алгоритм позволяет определять меланому, и может быть применён в системах поддержки принятия врачебных решений.

Ключевые слова: автоматизированная классификация, кожные образования, многоспектральные изображения, глубокое обучение, гиперспектральный анализ, машинное зрение, медицинская диагностика

I. ВВЕДЕНИЕ

Диагностика кожных новообразований является важной задачей дерматологии, так как своевременное выявление злокачественных опухолей, таких как меланомы, значительно повышает шансы на успешное лечение. Традиционные методы медицинской диагностики, основанные на визуальном осмотре и дерматоскопии, во многом зависят от опыта врача и могут приводить к субъективным ошибкам. В связи с этим актуальной задачей становится разработка автоматизированных систем, использующих передовые методы обработки медицинских изображений.

Одним из перспективных подходов является использование многоспектральных и гиперспектральных изображений, которые позволяют получать дополнительную информацию о структурных и биохимических характеристиках кожных образований. Совмещение таких данных с методами глубокого обучения позволяет значительно повысить точность дифференциации доброкачественных и злокачественных образований.

В данной работе рассматривается проблема автоматизированной классификации кожных новообразований на основе многоспектральных изображений. Разработан алгоритм обработки гиперспектральных данных, адаптированный для многоканальных медицинских изображений. Эффективность предложенного подхода оценивается с использованием таких метрик, как точность, чувствительность и специфичность. Разработанный алгоритм может быть применён в системах поддержки принятия врачебных решений, способствуя повышению качества диагностики и снижению количества диагностических ошибок.

II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Научная значимость и актуальность исследования, посвященного диагностике рака кожи с использованием многоспектрального анализа, подтверждается рядом работ, опубликованных в 2019 году коллективом учёных Латвийского университета под руководством профессора Я. Спигулиса [1]. В их исследованиях предложен метод, основанный на преобразовании полихромного изображения в серию монохромных, где каждое изображение отражает пространственное распределение интенсивности света на определённой длине волны [1]. Такой подход позволяет извлекать дополнительную информацию о структурных и оптических свойствах кожных образований, что открывает новые возможности для повышения точности диагностики. Использование многоспектральных снимков позволит получить более точные результаты диагностики.

На рис. 1 представлена предлагаемая биотехническая система.



Рис. 1. Биотехническая система

Предполагается, что изображения получают со специального программного обеспечения камеры. Светоизлучающий узел показан на рис. 2.

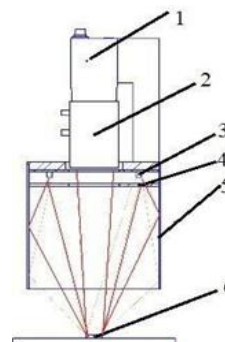


Рис. 2. Оптическая схема экспериментальной установки, включающей 1 – монохромную камеру, 2 – объектив, 3 – источник света, 4 – матовое стекло, 5 – матовый отражатель, 6 – объект (кожа экспериментального животного)

Корпус узла представляет собой цилиндр, внутренняя полость в котором изолирована от внешних засветок. Светодиоды установлены на плате по окружности. Используются светодиоды 5 длин волн, по 6 светодиодов на каждую длину волны, причем располагаются они в определенной очередности.

Далее по кругу располагаются светодиоды тех же длин волн в том же порядке, и так далее. Всего в узле располагается 30 светодиодов [3].

На рис. 3 представлен общий вид экспериментальной установки в сборе со штативом.



Рис. 3. Общий вид экспериментальной установки в сборе со штативом

Отдельные платы, разработанные для наблюдения подкожной структуры, которая тоже может дать важную диагностическую информацию о наличии либо отсутствии злокачественных новообразований. Для этого используются светодиоды, свет от которых кожей практически не поглощается и от нее не отражается. Однако при этом освещении хорошо визуализируются капилляры, характер расположения которых в области новообразования может дать определенные диагностические сведения о характере патологии. При этом светодиоды должны быть как можно ближе к исследуемому участку кожи [2]. В случае, когда исследуется плоский участок поверхности тела, планируется применять плату, показанную на рис. 4.

Плата имеет отверстие в центре, через которое проходит свет, отраженный от объекта [4].



Рис. 4. Общий вид экспериментальной установки в сборе со штативом

Предполагается, что данные снимки врач загружает в программу, в которой он имеет доступ к пациентам, предыдущим исследованиям, и может провести исследование данных снимков в данной системе, программа в свою очередь использует уже натреннированную модель для классификации снимков.

III. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ОБРАБОТКИ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В данном исследовании для классификации кожных новообразований на многоспектральных изображениях была выбрана архитектура EfficientNet, разработанная Google. EfficientNet представляет собой семейство сверточных нейросетей, построенных с использованием метода, который одновременно масштабирует глубину, ширину и разрешение изображения, обеспечивая оптимальный баланс между производительностью и вычислительной сложностью.

Высокая точность при низких вычислительных затратах, которые позволяют EfficientNet превосходить многие популярные модели (ResNet, Inception, DenseNet) по точности классификации, при этом используя меньше параметров и вычислительных ресурсов, что важно непосредственно для обучения в рамках GoogleColab. Таким образом, EfficientNet подходит для медицинских задач, где требуется высокая точность, но данные ограничены.

Модель масштабируется так, чтобы максимально эффективно использовать доступные вычислительные мощности, что позволяет применять её как на мощных серверах, так и на устройствах с ограниченными ресурсами. Также EfficientNet демонстрирует высокую эффективность на различных датасетах, включая медицинские изображения, благодаря улучшенному извлечению признаков.

Предобученные версии EfficientNet, обученные на больших наборах данных, таких как ImageNet, можно адаптировать к специфическим задачам с помощью дообучения (fine-tuning), что и применяется в данном подходе.

Из-за малого количества многоспектральных изображений в собственном датасете модель сначала была обучена на крупном датасете ISIC, содержащем дерматологические изображения в стандартных спектральных диапазонах. Это позволило модели сформировать обобщённые представления о кожных образованиях, включая доброкачественные и злокачественные патологии.

Далее проводился fine-tuning на собственном многоспектральном датасете. После предварительного обучения модель была адаптирована к специфике многоспектральных данных.

Использование fine-tuning позволило эффективно перенести знания, полученные на большом датасете, на небольшую выборку многоспектральных изображений, что повысило точность классификации.

В процессе обучения использовались техники для предотвращения переобучения.

Таким образом, использование EfficientNet и стратегии transfer learning позволило создать модель, способную точно классифицировать кожные новообразования на многоспектральных изображениях, несмотря на ограниченность данных.

IV. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ВРАЧА

Приложение для врача, предназначенное для анализа кожных образований с использованием машинного обучения, включает несколько ключевых функций, обеспечивающих удобство и эффективность в работе медицинского специалиста. На рис. 5 представлены

примеры окон программы, а именно главный экран, редактирование пользователя.

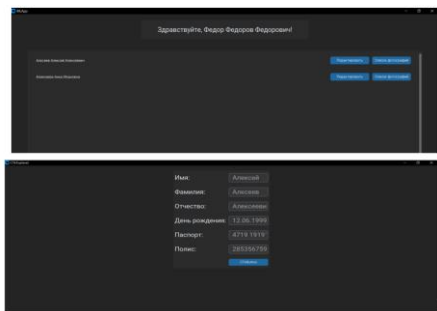


Рис. 5. Примеры окна программы

Прежде всего, система предоставляет возможность регистрации и авторизации врачей. Процесс регистрации позволяет врачам создать учетную запись, а затем авторизоваться в системе, чтобы получить доступ к функционалу.

Одной из основных функций является управление пациентами. Врачи могут легко просматривать список пациентов, а также доступ к их медицинской истории, что позволяет проводить более точную диагностику. Врач может добавлять новые данные пациента, включая результаты предыдущих анализов, снимков и других медицинских документов, а также редактировать или обновлять существующую информацию. Это обеспечивает врачам полную картину состояния здоровья пациента и упрощает процесс принятия решений.

Когда врач загружает новые снимки кожных образований, система автоматически анализирует и классифицирует изображения с помощью уже обученной модели машинного обучения. Вся обработка данных происходит быстро, что позволяет врачу не тратить время на предварительный анализ снимков, а сразу сосредоточиться на результатах.

После обработки снимков врач получает отображение вероятностей классификации. Модель машинного обучения предоставляет врачам оценку вероятности того, является ли кожное образование доброкачественным или злокачественным. Эти данные помогают врачу принять решение, основываясь как на автоматизированном анализе, так и на его собственном опыте.

Каждое исследование сохраняется в системе для ведения истории диагностики пациента. Система хранит все результаты анализов, снимков и рекомендаций, предоставленных врачом. Это дает возможность отслеживать динамику состояния пациента, сравнивать текущие данные с предыдущими результатами и оценивать изменения в состоянии кожных образований.

Для более удобной работы с данными и для улучшения коммуникации с пациентом и коллегами, приложение генерирует отчеты по анализам. Такие типы отчетов могут быть просмотрены, скачаны или прикреплены к истории болезни пациента. Это также упрощает процесс передачи данных другим специалистам, если требуется дополнительная консультация или диагностика.

Программное обеспечение для врача представляет собой удобную среду для повышения качества

диагностики кожных заболеваний. С помощью автоматизированного анализа снимков и возможности управлять данными пациентов, врачи могут быстрее и точнее принимать решения, что способствует улучшению общей эффективности медицинского процесса.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был рассмотрен подход к автоматизированной диагностике кожных новообразований с использованием многоспектральных изображений и глубокого обучения. Разработанный алгоритм обработки многоспектральных данных и использование модели EfficientNet в сочетании с техникой transfer learning позволили достичь высокой точности классификации, даже при ограниченности данных. Важно отметить, что предложенный подход значительно улучшает процесс диагностики, обеспечивая врачам возможность быстрее и более точно выявлять злокачественные образования, что в свою очередь способствует повышению шансов на успешное лечение пациента.

Программная реализация приложения для врача, включающая удобный интерфейс для работы с пациентами и автоматизированную систему анализа изображений, представляет собой важный инструмент для медицинских специалистов. Система обеспечивает интеграцию с существующими медицинскими базами данных, позволяет проводить исследование снимков, генерировать отчеты и вести историю диагностики, что существенно улучшает эффективность работы врача.

Предложенная система является важным шагом на пути к созданию более перспективных методов диагностики в дерматологии, а также предоставляет возможность дальнейшего совершенствования с учетом новых данных и технологических достижений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Spigulis J., Oshina I., Potapovs P., and Lauberts K. Snapshot multi-spectral-line imaging for applications in dermatology and forensics // Proceedings of SPIE. 2019. V. 10881. P. 1088114.
- [2] Зайченко К.В., Гуревич Б.С. Многоспектральная обработка изображений биологических объектов с помощью акустооптических устройств // Биомедицинская радиоэлектроника, 2013. №9. С.70-76.
- [3] Austin, L. A., Osseiran, S., Evans, C. L. Raman technologies in cancer diagnostics. Analyst, 2016. V. 141 P. 476-503.
- [4] Borisova E., Ivanov D., Kolev B., et al. Autofluorescence spectroscopy of cutaneous neoplasma under ultraviolet, visible and near infrared excitation // Proc. SPIE. 2020. V. 11363, P. 113630Z-1-113630Z-5.
- [5] Bratchenko, I., Artemyev, D., Myakinin, O., et al. Combined Raman and autofluorescence ex vivo diagnostics of skin cancer in near infrared and visible regions. J. Biomed. Opt. 2017. V. 22 No. 2. P. 027005.
- [6] Khristoforova, Y.A., Bratchenko, I.A., Myakinin, O.O., et al. Portable spectroscopic system for in vivo skin neoplasms diagnostics by Raman and autofluorescence analysis // J. Biophotonics. 2019. V. 12, No. 4. P. e201800400.
- [7] Зайченко К.В., Гуревич Б.С., Святкина В.И. Полихромный источник света для реализации многоспектрального метода обработки изображений кожных новообразований // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2022. Т. 22, № 5. С. 841-848.
- [8] Zhao J., Lui H., Kalia S., Zeng H. Real-time Raman spectroscopy for automatic in vivo skin cancer detection: an independent validation // Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2015. V.407. No. 5. P. 8373-8379.