

МЕТОДИКО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРОВЕДЕНИЮ ДИАГНОСТИКИ КОЖНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЧЕЛОВЕКА

Лазарева Ю.А.¹, Скудняков Ю.А.²

¹ Государственное учреждение “Агентство по гарантированному возмещению банковских вкладов (депозитов) физических лиц”, г. Минск, Республика Беларусь, haythor0@gmail.com

² Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Институт информационных технологий, г. Минск, Республика Беларусь, skudnyakov@bsuir.by

Abstract. A methodological and algorithmic support has been developed to organize the process of training in conducting diagnostics of human skin diseases. The use of the developed support makes it possible to automate the training process and, thereby, increase the efficiency of mastering diagnostic testing for human skin diseases.

Эффективность процесса обучения определяется во многом степенью его автоматизации. Существуют подходы для формирования практических навыков, опирающихся преимущественно на экспертную оценку и в недостаточной мере используются возможности современных информационных технологий, что приводит к субъективности контроля результатов обучения, ограничивая масштабируемость применяемых образовательных методик.

На данный момент перспективным направлением может являться применение методов спектрального анализа и компьютерного зрения для изображений при построении интеллектуальных обучающих систем.

К примеру, использование ультрафиолетового излучения лампы Вуда, позволяющего получить изображения кожных поражений с определенными флуоресцентными свойствами, для формализации и обработки алгоритмами.

Лампа Вуда – это источник длинноволнового ультрафиолетового излучения (UVA-диапазон), оснащённый светофильтром из стекла Вуда. Стекло Вуда содержит оксид никеля и пропускает только излучение с длиной волны от 320 до 400 нм (пик – 365 нм), блокируя видимый свет. Поэтому при включённой лампе в затемнённом помещении исследуемая поверхность видна только за счёт явления люминесценции – свечения тканей и патогенов под действием ультрафиолета [1].

В работе рассматривается методика автоматизации (алгоритмизации) обучения диагностике кожных заболеваний (далее – КЗ) человека. Методика основана на построении алгоритмической модели процесса анализа изображений, которая включает этапы предобработки, сегментации пораженных областей, извлечения спектральных, текстурных и геометрических признаков, с дальнейшей классификацией и формированием объяснимого результата. Предложенная методика реализуется в виде мобильного приложения, обеспечивающего функционирование в режимах обучения, контроля и диагностики. Указанный подход позволяет перейти от неформализованного процесса развития диагностических навыков к структурированной, автоматизированной, воспроизводимой процедуре обучения, основанной на методах машинного анализа данных и компьютерного зрения.

Развитие мобильных платформ и доступность библиотек компьютерного зрения создают возмож-

ные условия для реализации обучающих систем непосредственно на устройствах пользователей. Это поможет обеспечить возможность многократного воспроизведения диагностических сценариев, автоматической оценки действий обучаемого и формирования обратной связи на основе объективных признаков изображения и получаемых результатов. Но большинство существующих решений ориентированы преимущественно на постановку диагноза и не рассматривают процесс обучения, как самостоятельный объект алгоритмизации.

Ввиду этого возникает задача разработки такой методики, формализующей последовательность этапов анализа изображения и встраивая в процесс обучения. Данная методика должна включать классификацию признаков поражения и их извлечение с изображения, но и механизмы объяснения результата, сравнения действий обучаемого с эталонным решением и накопления статистики усвоения материала. Предлагаемая методика автоматизации (алгоритмизации) обучения диагностике кожных заболеваний человека, основана алгоритмах компьютерного зрения и на спектральном анализе изображений. Далее рассмотрим структуру методики, алгоритмической модели в процессе ее обучения и особенно при программной реализации.

Для решения задачи по автоматизации обучения необходимо систематизировать процесс анализа диагностически значимых признаков кожных поражений и встроить его в образовательный контур. Для данной цели разработана методика, применяющая спектральный анализ изображений, полученных в свете лампы Вуда, и алгоритмов компьютерного зрения.

Методика предполагает не только извлечение и классификацию признаков поражения, но и организацию взаимодействия с обучаемым. В зависимости от выбранного пользователем режима система может демонстрировать эталонное решение, оценивать действия пользователя или выдавать диагностический результат с объяснением. Организация работы такого типа позволит рассмотреть процесс обучения, управляющую и воспроизводимую последовательность операций. Центральным компонент выбранной методики выступает в виде алгоритмической модели, определяющей порядок обработки изображения и правила формирования обратной связи. Алгоритм охватывает все ключевые этапы: от получения исходных данных до сохранения резуль-

татов обучения. Его структура представлена на рисунке 1.

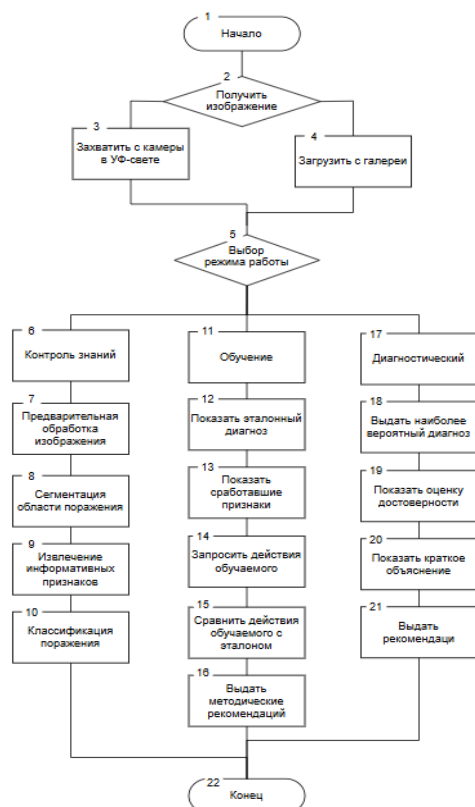


Рисунок 1 – Алгоритм функционирования обучающей системы диагностики КЗ человека

Алгоритмическая модель построена по принципу единого вычислительного ядра с дальнейшим ветвлением по режимам. Независимо от выбранного режима работы система выполняет общую последовательность операций: получение изображения, предварительная обработка, сегментация в области поражения, извлечение спектральных, геометрических и текстурных признаков, классификацию и формирование объяснения результата. При заключительном этапе реализуется различие режимов, определяющие характер взаимодействия с пользователем.

При обучении система использует уже полученный результат в качестве эталона, для предоставления обучаемому возможность сопоставить свои действия с правильным решением и дальнейшего получения методических рекомендаций.

Таким образом, предложенная алгоритмическая модель обеспечивает не только автоматизацию анализа изображений, но и целенаправленное управление процессом формирования диагностических компетенций, превращая мобильное приложение в инструмент обучения.

Одним из ключевых этапов выбранной методики является выделение области поражения на изображении. Качество сегментации напрямую влияет на точность последующего извлечения спектральных, текстурных и геометрических признаков, а соответственно на результат классификации и качество обратной связи, предоставляемой обучаемому.

В условиях съёмки под лампой Вуда область патологического очага часто характеризуется выраженной флуоресценцией, однако границы поражения могут быть нечёткими, а изображение содержать шумы и артефакты освещения. В связи с этим для сегментации применяется комбинированный подход, основанный на цветовой пороговой обработке, детекторе границ Кэнни и морфологических операциях. Детектор Кэнни – это один из наиболее распространённых алгоритмов обнаружения границ на изображениях, разработанный Джоном Кэнни в 1986 году. Алгоритм предназначен для выделения резких перепадов яркости (контуров) на цифровых изображениях и считается эталонным в области компьютерного зрения и обработки изображений благодаря своей высокой точности, низкой чувствительности к шуму и способности выделять тонкие, непрерывные линии [2].

Краткий обзор принципа работы детектор границ Кэнни:

- сглаживание изображения – изображение сначала размывается с помощью фильтра Гаусса, метода сглаживания, который снижает шум и мелкие детали, которые можно принять за границами;
- обнаружение изменений яркости – затем алгоритм сканирует изображение на наличие резких изменений яркости, используя вычисления градиента для измерения силы и направления этих изменений;
- уточнение границ – сохраняются только самые сильные точки вдоль каждой обнаруженной линии, а более слабые точки удаляются, что приводит к четким и чистым краям;
- классификация границ – каждый пиксель помечается как сильный, слабый или не являющийся границей, основываясь на пороговых значениях изменения яркости;
- финальная очистка: слабые границы, соединенные с сильными, сохраняются; все остальные отбрасываются, оставляя только четкие и связанные границы.

Поскольку метод обнаруживает границы с высокой точностью и отфильтровывает шум, детектор границ Кэнни широко используется в областях, где важна точность. Например, он применяется в таких отраслях, как медицинская визуализация, спутниковое картографирование, сканирование документов и робототехническое зрение [3].

Алгоритм сегментации области поражения кожи на основе Кэнни и морфологических операций: сегментация выполняется в несколько последовательных этапов:

- преобразование цветового пространства. Исходное изображение, полученное в свете лампы Вуда, переводится из цветового пространства RGB в HSV или LAB. Наиболее информативным обычно оказывается канал Hue (в HSV) или каналы a*/b* (в LAB);

- предварительное выделение области по цвету;
- детекция границ методом Кэнни.

Алгоритм включает:

- сглаживание гауссовским фильтром для снижения шума;

- вычисление градиентов яркости;
- подавление немаксимумов;
- гистерезисную пороговую обработку.

В результате формируется карта границ поражения.

Морфологическая обработка. Для устранения данных границ поражения применяются морфологические операции:

- закрытие (closing) – последовательное применение расширения и сжатия, которое соединяет близко расположенные контуры и заполняет мелкие разрывы;
- открытие (opening) – удаляет мелкие шумовые объекты;
- заполнение дыр (hole filling) – заполняет внутренние области замкнутых контуров.

Алгоритм сегментации области поражения на основе Кэнни и морфологических операций представлен на рисунке 2.

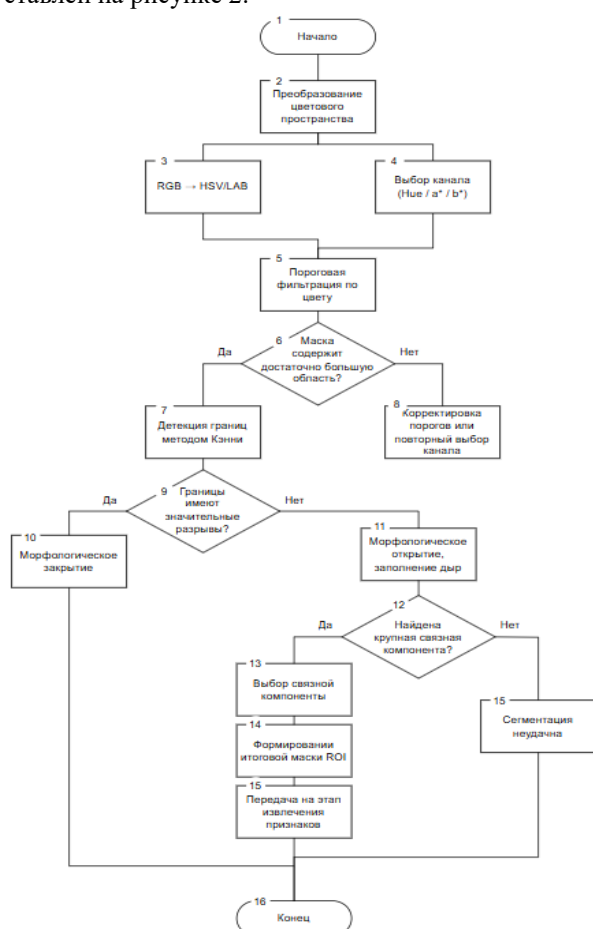


Рисунок 2 – Алгоритм сегментации области поражения на основе Кэнни и морфологических операций

Постобработка и выбор основной области. Из полученной маски выбирается наиболее крупная связанная компонента (по площади). Мелкие объекты, оставшиеся после морфологической обработки, отбрасываются как шумовые. При необходимости выполняется сглаживание контура (например, аппроксимация полигоном или морфологическое сглаживание). Итоговая бинарная маска определяет область интереса (ROI), которая передается на этап извлечения признаков.

В данной статье разработано методико-алгоритмическое обеспечение автоматизации обучения диагностике кожных заболеваний человека. Разработаны алгоритмические модели функционирования обучающей системы диагностики КЗ человека, а также алгоритм, включающий этапы получения и предобработки изображения, сегментации области поражения кожи, извлечения спектральных, геометрических и текстурных признаков, классификации и формирования объяснения результата. Предусмотрены три режима работы системы: обучение, контроль знаний и диагностика.

Предложенный подход позволяет перейти от субъективной экспертной оценки к структурированному и воспроизводимому процессу формирования диагностики. Использование спектральных характеристик флуоресценции в сочетании с методами компьютерного зрения повышает объективность анализа и обеспечивает возможность автоматической обратной связи для обучаемого.

Важным преимуществом предложенного обеспечения является наличие объяснимого результата работы системы. Формирование интерпретации на основе выделенных признаков позволяет не только получить диагноз, но и понять, какие характеристики изображения оказались определяющими. Это существенно повышает обучающий эффект и способствует более осознанному усвоению диагностических критериев. Кроме того, разделение системы на режимы обучения, контроля знаний и диагностики обеспечивает гибкость применения методики в образовательном процессе. Обучаемый последовательно проходит этапы ознакомления с эталонными решениями, самостоятельной работы и проверки усвоения материала, что соответствует логике формирования практических компетенций. Такой подход позволяет адаптировать процесс обучения под текущий уровень подготовки.

Реализация разработанного обеспечения в виде мобильного приложения создает удобные условия для многократного воспроизведения диагностических сценариев, контролируя динамику обучения. Дальнейшее развитие разработки будет связано с расширением набора признаков, повышением точности классификации и проведением экспериментальной оценки эффективности предложенного методико-алгоритмического обеспечения в образовательном процессе.

Литература

1. Лампа Вуда: что это такое, для чего нужна и как используется в диагностике кожи [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://medicalmag.ru/article/lampa-vuda-chto-eto-takoe-dlya-chego-nuzhna-i-kak-ispolzuetsya-v-diagnostike-kozhi/>.
2. Детектор Кэнни [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bfometr.ru/blog/detektor-kanni?ysclid=mszw76pt5h579969109>.
3. Понимание детекции границ при обработке изображений [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ultralytics.com/ru/blog/edge-detection-in-image-processing-explained>.