

Модель системы поддержки принятия решений в диагностике меланомы с применением искусственного интеллекта

Аннотация

Рассмотрены междисциплинарные подходы к созданию высокотехнологичных компьютерных систем диагностики меланомы с применением искусственного интеллекта. Предложенная модель отражает архитектуру интерактивной экспертной системы. Она включает в себя набор признаков современного медицинского алгоритма – алгоритма Киттлера, референсную базу знаний, рейтинговую оценку диагнозов для исследуемого клинического случая.

Введение

Злокачественные новообразования кожи (включая меланому) занимают первое место в структуре онкологической заболеваемости [1]. Действенным современным решением проблем диагностики меланомы является применение искусственного интеллекта (распознавание образов, базы знаний, экспертные системы), выступающего в роли советника врача. В первую очередь здесь важны разработки, успешно внедренные в клиническую практику [2]. Для эффективной реализации задачи необходим междисциплинарный подход с анализом достижений в области медицины и искусственного интеллекта [3].

В клинической практике разработка дерматоскопических (медицинских) алгоритмов началась с алгоритма по трем признакам. В 1994 году для дифференциальной диагностики меланомы были предложены оценочные балльные системы с применением алгоритма ABCD, 7-точечной системы Glasgow, правила «ФИГАРО» [4]-[6]. В 1996 году S. Menzies с соавторами разработали новый дерматоскопический алгоритм, который с успехом может быть использован как молодыми, так и опытными врачами [7].

Вышеописанные алгоритмы были сформированы на основе опыта врачей, в ходе клинической практики, и направлены на выявление наиболее агрессивного злокачественного кожного новообразования – меланомы. В 2007 году профессором Гарольдом Киттлером был представлен алгоритм для решения диагностических задач в дерматоскопии. В отличие от других вышеописанных алгоритмов он полностью основан на геометрическом описательном языке дерматоскопии. Процесс дерматоскопического дифференциального диагноза стал намного проще и эффективнее [8].

Используя современный алгоритм «Хаос и Признаки» (опирающийся на идею Киттлера), специалист делает заключение о потенциальной опасности новообразования по расположению элементов пигментного новообразования – линий, псевдоподий, кругов, комков, точек. Чем хаотичнее и беспорядочнее данные структуры, тем выше вероятность наличия патологических процессов в новообразовании.

Перспективным направлением в современной дерматоскопии является применение методов и средств искусственного интеллекта для повышения точности диагностики. В статье [9] рассматривалась задача упрощения работы дерматологов путем формирования базы изображений и проектирования алгоритмов автоматического выделения новообразований. Публикация посвящена исследованию эффективности компьютерных алгоритмов (без их детализации и конкретизации) по обработке дерматоскопических изображений кожи крупнейшего в мире хранилища в рамках проекта международного сотрудничества по визуализации кожи (ISIC). В работе [10] сравнивалась диагностическая точность компьютерных алгоритмов диагностики меланомы с аналогичными показателями работы дерматологов. Проводилось исследование 100 случайно выбранных дерматоскопических изображений новообразований кожи. Диагностические результаты: компьютерный метод – чувствительность 85 %, специфичность 65 %; у врачей – чувствительность и спе-

цифичность 79,5 и 50,8 % соответственно. При этом следует отметить отсутствие исчерпывающих данных по спектру кожных поражений и клинических данных о пациентах. Авторы [11] описывают автоматическую классификацию по четырем классам поражения кожи (меланома, базальноклеточный рак, доброкачественные невусы и пигментные доброкачественные кератозы), основанную на методе опорных векторов.

Создание диагностических систем поддержки принятия врачебных решений было и остается актуальной задачей для онкологии. В настоящее время такие системы активно используют технологии искусственного интеллекта для ответов, необходимых для формирования диагностического заключения врача (особенно в сложных случаях) [2], [3], [12].

Анализ вышеописанных работ показал, что в целях повышения точности дерматоскопической диагностики необходимо проведение исследований в области создания интеллектуальных интегрированных диагностических комплексов, включающих в себя клинические, научно-исследовательские, учебные, телемедицинские, информационные системы [2]. Это сложная междисциплинарная задача. В настоящей статье рассматривается первая из перечисленных высокотехнологичных систем – клиническая система поддержки принятия решений в диагностике меланомы с применением алгоритма Киттлера. При дефиците высококвалифицированных врачебных кадров такие комплексы будут выступать в качестве эффективного средства клинической диагностики, обучения врачей применению новой медицинской техники, дистанционного консультирования врачей, разработки новых классов диагностических систем, дистанционного консультирования врачей и обучения студентов медицинских вузов, дистанционного повышения квалификации врачей.

Создание моделей систем является одним из важнейших первых этапов их разработки.

Цель работы – создание модели системы поддержки принятия решений для диагностики меланомы с применением искусственного интеллекта (далее – СИСТЕМА) на основе алгоритма Киттлера.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи: на основе анализа альтернативных подходов к созданию СИСТЕМЫ разработать набор описаний признаков, алгоритм компьютерного диагностирования с рейтинговой оценкой диагнозов.

Исходные данные для разрабатываемой СИСТЕМЫ – изображения новообразований кожи с ресурса <http://telederm.ru/>.

Материалы и методы

Для новообразований кожи предлагается следующая концептуальную модель системы поддержки принятия решений в диагностике меланомы с применением искусственного интеллекта E :

$$E = \langle I, D, B, V, A \rangle,$$

где I – исходные цифровые (входные) дерматоскопические изображения; D – описание (информативные признаки) этих

изображений (выполняется врачом); *B* – база знаний; *V* – анализ частоты встречаемости признаков при различных нозологических формах (осуществляется в экспертной системе [12]); *A* – диагностическое решение СИСТЕМЫ (рейтинговая оценка диагнозов).

Ядром представленной СИСТЕМЫ является эталонная база знаний на основе дерматоскопического алгоритма диагностики. Концептуальная модель признаковой системы в базе знаний представлена на *рис. 1*.

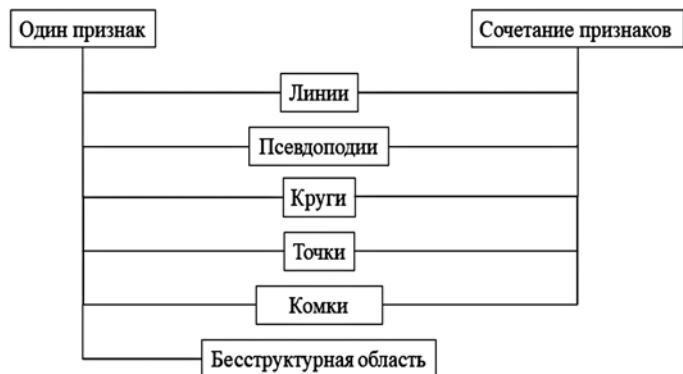


Рис. 1. Концептуальная модель признаковой системы в базе знаний. Признаки (по алгоритму Г. Киттлера), значимые для диагностики новообразований кожи

На вход СИСТЕМЫ подаются изображения новообразований. Врач-пользователь задает их информативные признаки, исходя из алгоритма Киттлера и формирует поисковый запрос. Ответом на запрос является демонстрация врачу-диагносту изображений, удовлетворяющих заданному набору признаков, и соответствующие им рейтинговые оценки диагнозов.

Окончательное диагностическое решение выносит врач. В процессе диагностики имеется возможность использования собственной базы знаний врача с набором изображений и признаков.

Запросы врача к экспертной системе могут содержать:

- заданные значения выбранных признаков – тогда система найдет все изображения с такими признаками и соответствующие им рейтинговые диагнозы;
- нозологическую форму заболевания – тогда система предоставит список все имеющиеся в базе знаний изображения с такой нозологией.

В литературных источниках алгоритм Киттлера имеет вербальное описание. Фрагмент иерархической модели распознавания на основе признаков Киттлера иллюстрирует *рис. 2*. Для того чтобы положить его в основу нашей автоматизированной СИСТЕМЫ, здесь предлагается оригинальная информационная модель распознавания с применением специальных кодов и технологии визуализации диагностического поиска.

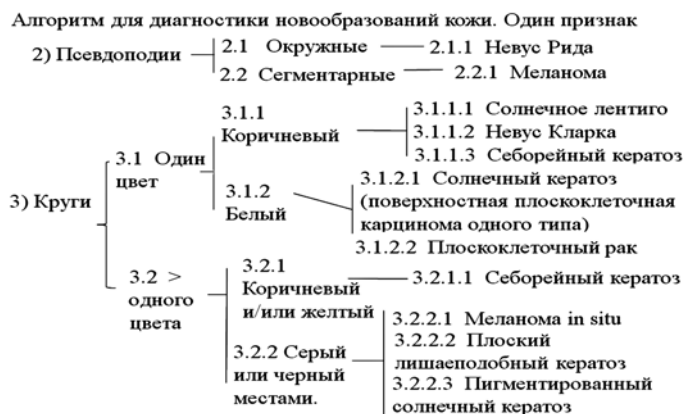


Рис. 2. Фрагмент иерархической модели распознавания на основе признаков Киттлера

Результаты

Поставлена задача разработки современных аппаратно-программных интегрированных дерматоскопических комплексов искусственного интеллекта, включающих в себя клиническую, научно-исследовательскую, обучающую, телемедицинскую, информационную системы.

Для оптического прибора – дерматоскопа с использованием шести типов признаков структурных элементов в новообразованиях кожи в соответствии с предложенной моделью разработан прототип системы поддержки принятия решений в диагностике меланомы с применением искусственного интеллекта.

Предложена технология визуализации пути диагностического поиска, которая обеспечивает большее доверие врача к системе по сравнению с нейросетевой системой, представляющей врачу непонятным «черным ящиком», выдающим решения, за которые врач несет юридическую ответственность.

На *рис. 2* коды (например, 3.1.1.1., 3.1.1.2. и т. д.) введены для удобства прослеживания ветвей иерархии описания. Такой способ описания использует предлагаемая модель СИСТЕМЫ для формирования эталонной базы.

Для обеспечения доступа нескольких пользователей к базе знаний для реализации СИСТЕМЫ было использовано приложение *phpMyAdmin*, которое обеспечивает полноценную, в том числе удаленную, работу с базами данных *MySQL*. СИСТЕМА установлена на персональном компьютере с 64-разрядной операционной системой Windows 10, процессором Intel Core i5-8265U CPU 1,60 ГГц, оперативной памятью 8 Гб. В процессе тестирования СИСТЕМЫ время обработки запросов составило менее 0,1 с при 1000 записей в базе знаний.

Заключение

Предложена модель системы поддержки принятия решений в диагностике меланомы с применением искусственного интеллекта.

Фундаментом системы является база знаний с применением современного дерматоскопического медицинского алгоритма Киттлера. Специфическая особенность базы знаний заключается в предложенных кодах, позволяющих врачу наглядно отследить ход диагностического процесса с рейтинговой оценкой диагнозов.

Предложенная модель системы может быть применена в процессе проектирования интеллектуальных систем поддержки принятия решений при диагностике меланомы. Такие системы могут использоваться в научных исследованиях, при обучении, на консилиумах – при разборе важных для диагностики случаев и в телемедицинских технологиях.

Работа выполнена при поддержке РНФ по проекту № 19-11-00176.

Список литературы:

1. Злокачественные новообразования в России в 2018 году (заболеваемость и смертность) / Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. - М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2019. 250 с.
2. Никитаев В.Г. Высокотехнологичные информационно-измерительные комплексы онкологической диагностики: проблемы и ключевые положения методологии построения // Измерительная техника. 2015. № 2. С. 68-70.
3. Никитаев В.Г. Современные принципы измерений в интеллектуальных системах гистологической диагностики онкологических заболеваний // Измерительная техника. 2015. № 4. С. 68-70.
4. Argenziano G., Fabbrocini G., Carli P. et al. Epiluminescence microscopy for the diagnosis of doubtful melanocytic skin lesions. Comparison of the ABCD rule of dermatoscopy and a new seven-point check-list based on pattern analysis // Arch. Dermatol. 1998. Vol. 134. PP. 1563-1570.

5. *Ламоткин И.А.* Меланоцитарные и меланиновые поражения кожи / Учебное пособие. Атлас. – М.: Издательство «БИНОМ», 2014. 248 с.
6. *Тюляндин С.А., Переводчикова Н.И., Носов Д.А.* Клинические рекомендации Европейского общества медицинской онкологии (ESMO). – М.: Издательская группа РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН, 2010. 436 с.
7. *Menzies S.W., Ingvar C., Crotty K. et al.* Frequency and morphologic characteristics of invasive melanomas lacking specific surface microscopic features // *Arch. Dermatol.* 1996. Vol. 132. PP. 1178-1182.
8. *Жучков М.В., Бульиньска А.К., Куттлер Г.* Применение алгоритма «Хаос и Признаки» в оценке дерматоскопических изображений пигментных новообразований кожи // *Дерматология (приложение к журналу «Consilium Medicum»)*. 2017. № 2. С. 5-13.
9. *Codella N., Rotemberg V., Tschandl Ph. et al.* Skin Lesion Analysis Toward Melanoma Detection 2018: A Challenge Hosted by the International Skin Imaging Collaboration (ISIC) / arXiv:1902.03368. 2019.
10. *Marchetti M.A., Codella N., Dusza S. et al.* International Skin Imaging Collaboration. Results of the 2016 International Skin Imaging Collaboration International Symposium on Biomedical Imaging challenge: Comparison of the accuracy of computer algorithms to dermatologists for the diagnosis of melanoma from dermoscopic images // *J. Am. Acad. Dermatol.* 2018. Vol. 78. № 2. PP. 270-277.
11. *Wahba M.A., Ashour A.S., Guo Ya., Napoleon S.A., Elnaby M.M.* A novel cumulative level difference mean based GLDM and modified ABCD features ranked using eigenvector centrality approach for four skin lesion types classification // *Computer Methods and Programs in Biomedicine.* 2018. Vol. 165. PP. 163-174.
12. *Никитаев В.Г.* Экспертные системы в информационно-измерительных комплексах онкологической диагностики // *Измерительная техника.* 2015. № 6. С. 67-70.

Валентин Григорьевич Никитаев,
 д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой,
 кафедра компьютерных медицинских систем,
Александр Николаевич Проничев,
 канд. техн. наук, доцент,
 отделение биотехнологий офиса
 образовательных программ,
 ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
 ядерный университет МИФИ»,
Ольга Борисовна Тамразова,
 д-р мед. наук, профессор,
 кафедра дерматовенерологии,
 факультет повышения
 квалификации медработников,
 ФГАОУ ВО «Российский университет
 дружбы народов»,
Василий Юрьевич Сергеев,
 канд. мед. наук, доцент,
 кафедра дерматовенерологии и косметологии,
 ФГБУ ДПО «Центральная государственная
 медицинская академия Управления делами
 Президента Российской Федерации»,
Екатерина Александровна Дружинина,
 аспирантка,
Ольга Александровна Медведева,
 студентка,
Михаил Андреевич Соломатин,
 студент,
 кафедра компьютерных медицинских систем,
 ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
 ядерный университет МИФИ»,
 г. Москва,
 e-mail: vgnikitayev@mephi.ru

Т.А. Исмаилов, О.В. Евдулов, А.М. Насрулаев

Математическая модель термоэлектрического устройства для извлечения инородных объектов из тела человека методом примораживания

Аннотация

Рассмотрена модель термоэлектрического устройства (ТЭУ) для извлечения инородных объектов (ИО) из тела человека методом примораживания. Она реализована на основе решения задачи теплопроводности, в том числе с учетом фазового перехода вещества, теплофизических характеристик биологического объекта, ИО, охлаждающего термоэлектрического модуля (ТЭМ). В результате численного эксперимента получена зависимость продолжительности полного заледенения влажной губки, определяющая время фиксации ИО к зонду, в зависимости от холодопроизводительности ТЭМ и при различных ее толщинах. Определено, что в устройстве может быть использован стандартный ТЭМ холодопроизводительностью от 5 000 до 10 000 Вт/м² при продолжительности процедуры фиксации ИО к прибору соответственно от 112 до 28 с.

Введение

Одним из главных аспектов сохранения жизни и здоровья человека в той или иной чрезвычайной ситуации является оперативное и своевременное хирургическое вмешательство, которое в большинстве случаев включает в себя оперативное удаление ИО из тела. Данное обстоятельство определяется тем фактом, что попадание в тело человека ИО вызывает дискомфорт, болезненные ощущения и в будущем может привести к воспалительному процессу, заражению и нагноению. Отдельного внимания заслуживают поражения человека при его ранении с оставшимися в ране частями пуль, шrapнели, осколками гранат, сколами холодного оружия и т. д. Наличие на перечисленных объектах микрофлоры приводит также к заражению, нагноению и некрозу ткани. Поэтому разработка тех-

нических средств и процедур, связанных с извлечением инородных объектов из тела человека, является актуальной и практически значимой.

На сегодняшний день для осуществления мероприятий по извлечению ИО из тела человека используются различные механические приспособления (пинцеты, щипцы, цапки, иглы, корнцанги, крючки различной конфигурации и т. п.) [1]. В тех случаях, когда ИО представляет собой ферромагнитное тело, могут использоваться специальные наконечники с магнитами. Однако применение данных технических средств для извлечения ИО из тела человека приводит к дополнительным повреждениям контактирующих с ним зон, что создает болезненные ощущения при проведении процедур по извлечению ИО. Кроме того, при использовании приспособлений данного типа недостаточна вероятность успешного итога процесса извлече-