

УДК 616.5:681.5

ГРАФОВАЯ И АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ КОЖНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЧЕЛОВЕКА

Скудняков Ю. А., Лазарева Ю. А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Институт информационных технологий

E-mail: skudnyakov@bsuir.by

Аннотация:

Скудняков Ю. А., Лазарева Ю. А. Графовая и алгоритмическая модели для автоматизации проведения диагностики и лечения кожных заболеваний человека.

Разработаны графовая и алгоритмическая модели, использование которых в медицинской практике позволяет автоматизировать процессы диагностики и лечения кожных заболеваний человека с целью минимизации временных издержек и обработки больших массивов данных для принятия объективных решений при подборе наиболее эффективных из существующих средств диагностики и лечения кожных заболеваний человека.

Ключевые слова: кожные заболевания, диагностика, лечение, графовая и алгоритмическая модели, автоматизация.

Annotation:

Skudnyakov Yu. A., Lazareva Yu. A. Graph and algorithmic models for automating the diagnosis and treatment of human skin diseases. Graph and algorithmic models have been developed, which can be used in medical practice to automate the processes of diagnosis and treatment of human skin diseases in order to minimize time costs and process large amounts of data in order to make objective decisions when selecting the most effective means of diagnosis and treatment of human skin diseases.

Keywords: skin diseases, diagnosis, treatment, graph and algorithmic models, automation.

Общая постановка проблемы

В настоящее время решение задачи диагностики и лечения кожных заболеваний (КЗ) человека является весьма сложной проблемой, поскольку разновидностей и индивидуальных особенностей КЗ достаточно много, а также отсутствие точных методов и средств обнаружения и лечения КЗ. Это утверждение справедливо и для большинства других заболеваний, так как в медицине пока, как правило, используется метод проб и ошибок [1].

Поэтому достижение успешного выздоровления кожи человека на основе применения современных методов, моделей и средств автоматизации является актуальной задачей. Исходя из вышеизложенного следует, что целью данной работы является разработка и практическое применение графовой и алгоритмической моделей для автоматизации проведения процессов диагностики и лечения КЗ человека.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- проведение исследования достоинств и недостатков существующих подходов к решению задач диагностического анализа и лечения КЗ человека;
- выполнение разработки универсальной ГМ, использование которой позволяет проведение и получение результатов диагностики и лечения КЗ любого количества пациентов по различным известным и, потенциально, еще необнаруженным КЗ человека;

– создание АМ, использование которой позволяет автоматизированное проведение диагностики и лечения КЗ человека и, тем самым, минимизировать временные издержки, повысить пропускную способность, производительность, комфортность обслуживания процесса анализа и лечения патологических состояний кожи, а также расширить его функциональные возможности.

Исследования

Сначала рассмотрим первый этап для выздоровления КЗ – технологию диагностики, при использовании которой в настоящее время применяются различные современные методы, методики и средства: 1) клиническое обследование; 2) дерматоскопия; 3) биопсия кожи; 4) лабораторные исследования (анализ для подтверждения диагноза); 5) ПЦР-диагностика; 6) серологические тесты; 7) гистологическое исследование; 8) культуральный метод; 9) клинические пробы.

Одними из самых простых, мобильных и широко применяемых в диагностике КЗ являются визуальные средства: лампа Вуда и дерматоскоп. Следует отметить, что из этих средств наибольшее практическое применение получил дерматоскоп, позволяющий осуществлять осмотр новообразований кожи при увеличении и с подсветкой. С помощью дерматоскопа можно детально рассмотреть структуру элементов эпидермиса на уровне, недоступном невооруженному глазу. Использование данного средства позволяет решать следующие задачи: 1) выявить вид КЗ (доброкачественное, диспластическое или онкологическое образование); 2) определить особенности структуры кожного образования; 3) оценить динамику развития новообразования; 4) принять решение о необходимости удаления новообразования или биопсии.

К достоинствам данного устройства можно отнести: 1) с его помощью возможно выявление патологических образований еще до появления видимых симптомов и, следовательно, можно предупредить развитие нежелательной патологии; 2) при использовании средства отсутствует внедрение в кожу; 3) точность визуального измерения при диагностике составляет до 95-97%; 4) возможность проведения временного контроля путем сравнения текущих результатов в виде снимков с предыдущими; 5) оперативность осмотра новообразований (от 3 до 5 минут); 6) не требуется специальной подготовки для пользования данным устройством. Конструкция дерматоскопа состоит из следующих узлов: 1) оптической системы с увеличением изображения от 10 до 40 крат, что позволяет рассмотреть микроизменения в структуре кожи; 2) средства подсветки из светодиодных ламп для обеспечения равномерного освещения и исключения бликов; 3) поляризационного фильтра для формирования четкого изображения и устранения отражения; 4) корпуса и линзы с насадками для контакта с кожей.

На рисунке 1 приведены примеры конструкций дерматоскопов.



Рис.1. Примеры конструкций дерматоскопов

Второй (заключительный) этап – лечение КЗ, для проведения которого необходимо применять ряд основных методов, методик и средств: 1) лекарственная терапия; 2) физиотерапия (светолечение – дозированное воздействие на место заболевания кожи инфракрасного или ультрафиолетового излучения); 3) дарсонвализация – воздействие на ткань кожи импульсным током высокой частоты; 4) лазерное излучение – для заживления повреждений эпидермиса; 5) магнитотерапия – для заживления поврежденного эпителия.

Поскольку в настоящее время КЗ человека много, то в качестве примера в работе рассмотрен способ лечения одного из видов заболевания кожи – базалиомы.

В работах [1-5] рассматриваются различные способы лечения КЗ, а в [4-5] особое внимание уделяется лечению базальноклеточного рака (БКР) кожи человека:

- разрушающие (хирургическое иссечение, электрокоагуляция, криодеструкция, лазеродеструкция, фотодинамическая терапия (ФДТ), лучевая терапия);
- комбинированные (воздействие на опухоль двух различных разрушающих способов);
- комплексные (сочетание разрушающего способа с системным введением цитостатиков или иммуномодуляторов).

Обоснование выбора способов лечения зависит от распространенности процесса заболевания, его локализации, формы роста, стадии, гистологической структуры опухоли.

Практика лечения базалиомы показывает, что ФДТ является наиболее эффективным методом, при использовании которого существенно расширяется количество средств при лечении как первичного, так и рецидивного рака кожи, а также при опухолях, резистентных к ранее проводимым способам традиционной терапии [5]. Возможно применение ФДТ в комплексе с другими методами лечения. Проведено сравнение эффективности ФДТ при использовании разных фотосенсибилизаторов. С точки зрения косметических результатов ФДТ значительно превосходит другие виды лечения.

В данной работе рассматривается способ короткофокусной лучевой терапии (КФЛТ) для лечения БКР кожи, поскольку он является относительно дешевый и получил широкое применение в практике лечения КЗ.

На рисунке 2 приведена иллюстрация процесса лечения базалиомы.



Рис.2. Иллюстрация процесса лечения КЗ с помощью устройства КФЛТ

Как видно из рисунка 2 область КЗ облучается при касании трубки устройства КФЛТ кожи пациента (на рисунке 2 в качестве примера показана на лбу пациента маркируемая область кожи для облучения в виде окружности). Для достижения полного лечения КЗ

необходимо проведение 11 сеансов примерно в течение 3-х минут на каждый сеанс. Такой способ также применяется для лечения плоскоклеточного рака кожи.

Однако, существующие подходы и средства не в полной мере соответствуют современным требованиям диагностики и лечения КЗ человека и требуют своего дальнейшего развития и, особенно, эффективного применения в диагностической и лечебной практике.

Для организации процессов диагностики и лечения КЗ человека разработана графовая модель, представленная на рисунке 3.

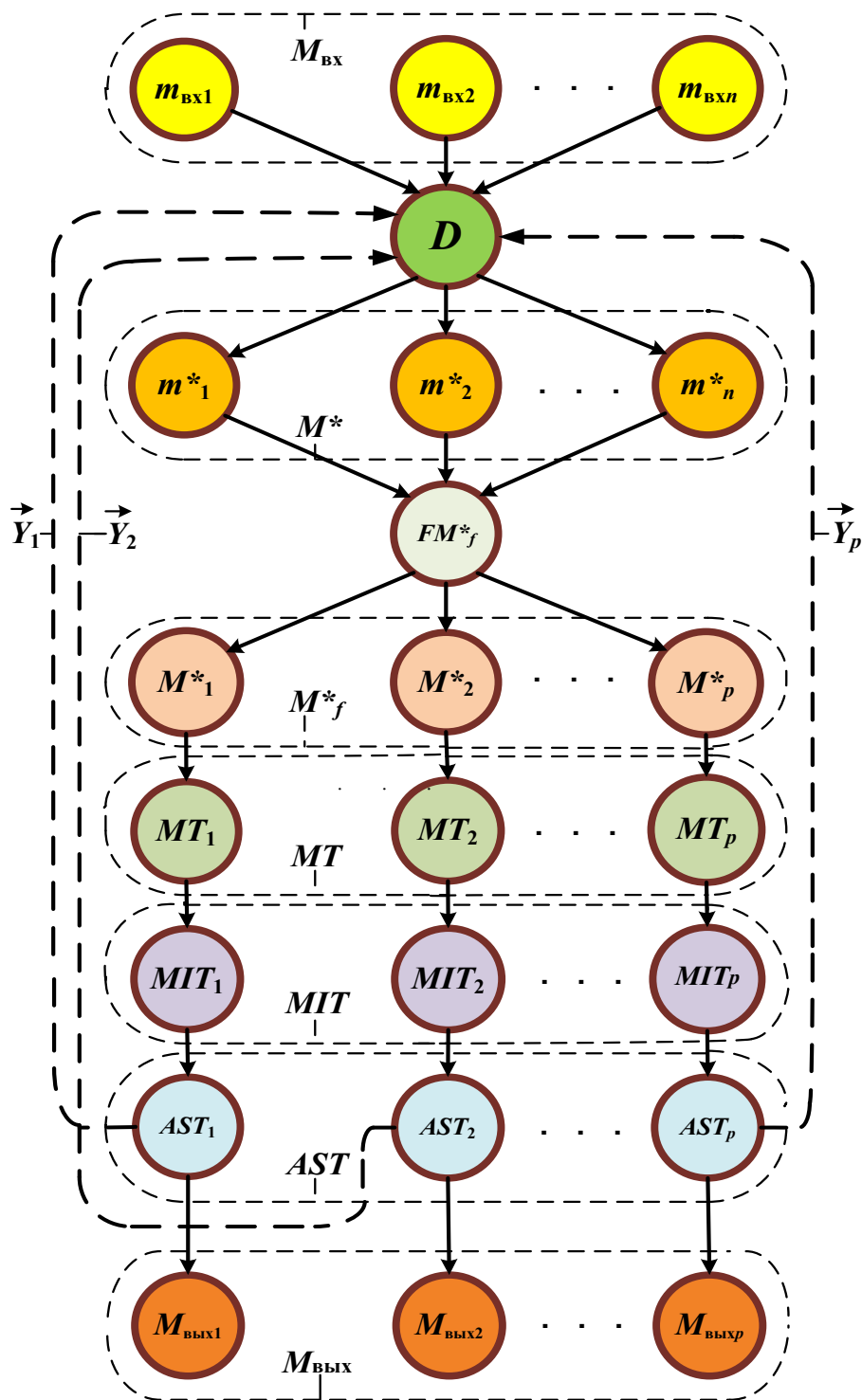


Рис.3. ГМ диагностики и лечения КЗ человека

Из рисунка 3 видно, что структура ГМ представляет собой ориентированный граф, состоящий из 9 уровней, на каждом из которых имеют место следующие множества:

– $M_{\text{вх}} = \{m_{\text{вх},i} = \overline{1, n}\}$, $|M_{\text{вх}}| = n$ – множество входных моделей n пациентов, отражающих физическое состояние их кожи (*multiple input models of n patients reflecting the physical condition of their skin*);

– $D = \{d_{j,j} = \overline{1, p}\}$, $|D| = p$ – множество диагностических средств по p видам кожных заболеваний n пациентов (*multiple diagnostic tools for p types of skin diseases in n patients*);

– $P = \{p_{j,j} = \overline{1, p}\}$, $|P| = p$ – множество видов кожных заболеваний n пациентов (*multiple types of skin diseases n patients*);

– $M^* = \{m^*_{i,i} = \overline{1, n}\}$, $|M^*| = n$ – множество моделей n пациентов после проведения диагностики заболеваний их кожи (*multiple models of n patients after diagnosis of their skin diseases*);

– FM^*_f – формирование множества моделей, отражающих физическое состояние кожи n пациентов по p заболеваниям кожи после проведения диагностики (*formation of multiple models reflecting the physical condition of the skin of n patients by p skin diseases after diagnosis*);

– $M^*_f = \{M^*_{j,j} = \overline{1, p}\}$, $|M^*_f| = p$ – множество моделей n пациентов после их формирования по p видам кожных заболеваний (*multiple models of n patients after their formation by p types of skin diseases*);

– $M^*_1 = \{m^*_{c,c} = \overline{1, k}\}$, $|M^*_1| = k$ – множество моделей, отражающих физическое состояние кожи k пациентов после проведения их формирования по первому виду заболевания (*multiple models that reflect the physical condition of the skin of k patients after their formation according to the first type of disease*);

– $M^*_2 = \{m^*_{e,e} = \overline{1, l}\}$, $|M^*_2| = l$ – множество моделей, отражающих физическое состояние кожи l пациентов после проведения их формирования по второму виду заболевания (*multiple models that reflect the physical condition of the skin of l patients after their formation according to the second type of disease*);

– $M^*_p = \{m^*_{z,z} = \overline{1, r}\}$, $|M^*_p| = r$ – множество моделей, отражающих физическое состояние кожи r пациентов после проведения их формирования по p виду заболевания (*multiple models that reflect the physical condition of the skin of r patients after their formation according to the p type of disease*);

– $MT = \{MT_{j,j} = \overline{1, p}\}$, $|MT| = p$ – множество лекарственных и / или технических средств для лечения n пациентов по p видам кожных заболеваний (*multiple medicinal products and/or technical means for the treatment of n patients with p types of skin diseases*);

– $MT_1 = \{mt_{c,c} = \overline{1, k}\}$, $|MT_1| = k$ – множество лекарственных и / или технических средств для лечения по первому виду заболевания кожи k пациентов (*multiple medicaments products and/or technical means for the treatment of k patients with the first type of skin diseases*);

– $MT_2 = \{mt_{e,e} = \overline{1, l}\}$, $|MT_2| = l$ – множество лекарственных и / или технических средств для лечения по второму виду заболевания кожи l пациентов (*multiple medicaments products and/or technical means for the treatment of l patients with the second type of skin diseases*);

– $MT_p = \{mt_{z,z} = \overline{1, r}\}$, $|MT_p| = r$ – множество лекарственных и / или технических средств для лечения по p виду заболевания кожи r пациентов (*multiple medicinal products and/or technical means for the treatment of r patients with p type of skin diseases*);

– $MIT = \{MIT_{j,j} = \overline{1, p}\}$, $|MIT| = p$ – множество индивидуальных траекторий лечения n пациентов по p видам кожных заболеваний (*multiple individual treatment trajectories for n patients with p types of skin diseases*);

– $MIT_1 = \{mit_{c,c} = \overline{1, k}\}, |MIT_1| = k$ – множество индивидуальных траекторий лечения по первому виду заболевания кожи k пациентов (*multiple individual treatment trajectories for the first type of skin disease in k patients*);

– $MIT_2 = \{mit_{e,e} = \overline{1, l}\}, |MIT_2| = l$ – множество индивидуальных траекторий лечения по второму виду заболевания кожи l пациентов (*multiple individual treatment trajectories for the second type of skin disease in l patients*);

– $MIT_p = \{mit_{z,z} = \overline{1, r}\}, |MIT_p| = r$ – множество индивидуальных траекторий лечения по p виду заболевания кожи r пациентов (*multiple individual treatment trajectories for p type of skin disease r patients*);

– $AST = \{AST_{j,j} = \overline{1, p}\}, |AST| = p$ – множество анализов результатов лечения кожи n пациентов по p видам заболевания (*multiple analyses of skin treatment out comes of n patients by p disease*);

– $AST_1 = \{ast_{c,c} = \overline{1, k}\}, |AST_1| = k$ – множество анализов результатов лечения кожи k пациентов по первому виду заболевания (*multiple analyses of skin treatment results of k patients for the first type of disease*);

– $AST_2 = \{ast_{e,e} = \overline{1, l}\}, |AST_2| = l$ – множество анализов результатов лечения кожи l пациентов по второму виду заболевания (*multiple analyses of skin treatment results of l patients for the second type of disease*);

– $AST_p = \{ast_{z,z} = \overline{1, r}\}, |AST_p| = r$ – множество анализов результатов лечения кожи r пациентов по p виду заболевания (*multiple analyses of skin treatment out comes r patients by p disease type*);

– $M_{\text{вых}} = \{M_{\text{вых},j} = \overline{1, p}\}, |M_{\text{вых}}| = p$ – множество выходных моделей после лечения кожи n пациентов по p видам заболеваний (*multiple output models after skin treatment n patients by p disease type*);

– $M_{\text{вых}1} = \{m_{\text{вых}c,c} = \overline{1, k}\}, |M_{\text{вых}1}| = k$ – множество выходных моделей после лечения кожи k пациентов по первому виду заболеваний (*multiple output models after skin treatment of k patients for the first kind of diseases*);

– $M_{\text{вых}2} = \{m_{\text{вых}e,e} = \overline{1, l}\}, |M_{\text{вых}2}| = l$ – множество выходных моделей после лечения кожи l пациентов по второму виду заболеваний (*multiple output models after skin treatment l patients for the second kind of diseases*);

– $M_{\text{вых}p} = \{m_{\text{вых}z,z} = \overline{1, r}\}, |M_{\text{вых}p}| = r$ – множество выходных моделей после лечения кожи r пациентов по p виду заболеваний (*multiple output models after skin treatment r patients by p type of disease*);

– $\overline{Y1} = \{\overline{Y}_{c,c} = \overline{1, k}\}, |\overline{Y1}| = k$ – множество дуг обратной связи ГМ – в случае принятия решения о повторной диагностике КЗ k пациентов;

– $\overline{Y2} = \{\overline{Y}_{e,e} = \overline{1, l}\}, |\overline{Y2}| = l$ – множество дуг обратной связи ГМ – в случае принятия решения о повторной диагностике КЗ l пациентов;

– $\overline{Yp} = \{\overline{Y}_{z,z} = \overline{1, r}\}, |\overline{Y2}| = r$ – множество дуг обратной связи ГМ – в случае принятия решения о повторной диагностике КЗ r пациентов.

Необходимо отметить, что количество дуг может быть различным в отрезках $[0, k]$; $[0, l]$; $[0, r]$ соответственно для k, l, r пациентов в зависимости от уровня лечения, т.е. чем более удачное лечение, тем меньше дуг обратной связи и, следовательно, меньше процедур диагностики и лечения, причем: $n = k + l + \dots + r$ – любое ограниченное целое число.

Естественно, лучший результат диагностики и лечения КЗ – отсутствие дуг обратной связи.

Для автоматизации реализации процессов диагностики и лечения КЗ человека разработан алгоритм, укрупненная схема которого представлена на рисунке 4.

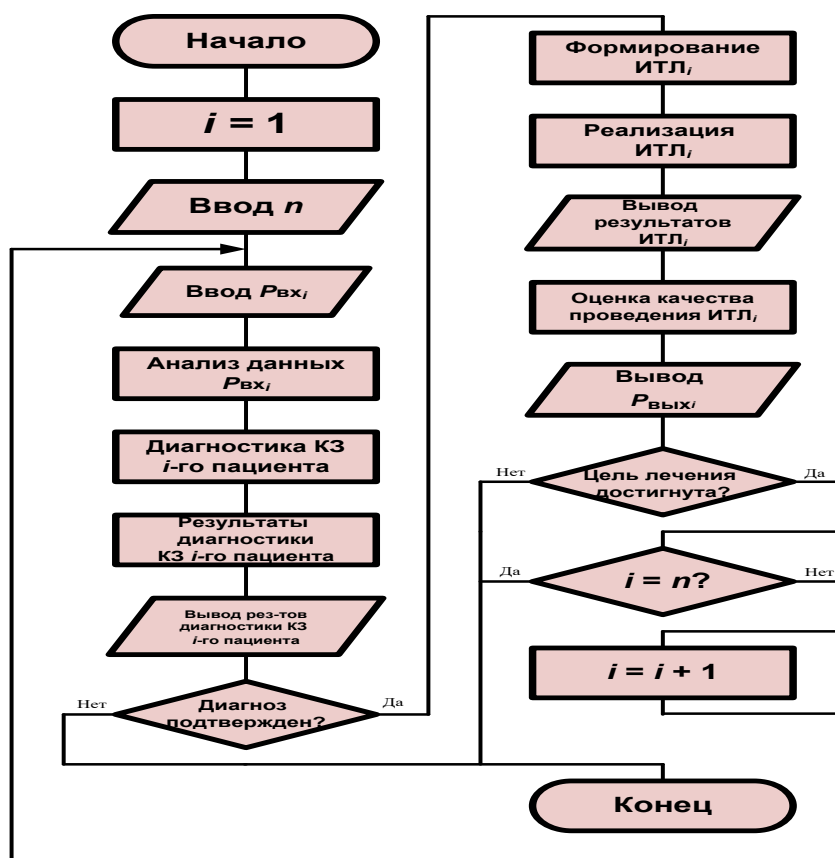


Рис.4. Укрупненная схема алгоритма диагностики и лечения КЗ человека

Исходя из приведенной наглядной интерпретации понятна логика работы алгоритма.

На схеме обозначены: i – индекс изменения количества пациентов от 1 до n ; $P_{вхi}$ – множество параметров, отражающих состояние кожи пациента до диагностики; $ИТЛ_i$ – индивидуальная траектория лечения КЗ i -го пациента; $P_{выхi}$ – множество выходных параметров, отражающих состояние кожи i -го пациента после лечения. Алгоритм работает для реализации процессов диагностики и лечения n пациентов. Логика работы алгоритма реализована с помощью ПО, разработанного на языке С#.

Заключение

Для повышения эффективности процессов диагностики и лечения КЗ человека разработаны графовая и алгоритмическая модели, применение которых позволяет повысить точность анализа состояния кожи пациента и сократить время лечения. С точки зрения перспективы развития полученных результатов необходимо на основе системного подхода использовать такие эффективные технологии как: инфокоммуникационные, нейросетевые, квантовые и другие инновационные технологии.

Литература

- 1.Хэбиф, Т.П. Кожные болезни: Диагностика и лечение / Т. П. Хэбиф, пер. с англ. 4-е изд. – М.: МЕДпресс-информ, 2016. – 704с.
- 2.Галил-Оглы, Г. Дерматоонкология / Г. Галил-Оглы, В.А. Молочков, Ю.В. Сергеев. – М.: Медицина для всех, 2005. – 872 с.
- 3.Европейское руководство по лечению дерматологических заболеваний / Под ред. А.Д.Кацамба, Т.М.Лотти / Пер.с англ. В.П. Адаскевич. – М.:МЕДпресс-информ, 2008–724 с.
- 4.Снарская, Е.С. Базалиома / Е.С. Снарская, В.А. Молочков. – М.: Медицина /2003. – 185 с.
- 5.Рябов, М.В. Лечение базально-клеточного рака кожи методом фотодинамической терапии / М.В Рябов, Е.Ф. Странадко // Российский биотерапевт. журнал, 2004, С.56-57.