

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ И СИНТЕЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ДЕРМАТОЗОВ

Проведена формалізація завдання диференціальної діагностики дерматопатологій, а також розроблена математична модель багатопараметричного вибору диференціального діагнозу, яка дозволить вдосконалити обробку діагностичної інформації

Ключові слова: диференціальна діагностика, математична модель, поширені дерматози

Проведена формализация задачи дифференциальной диагностики дерматопатологій, а также разработана математическая модель многопараметрического выбора дифференциального диагноза, которая позволит усовершенствовать обработку диагностической информации

Ключевые слова: дифференциальная диагностика, математическая модель, распространенные дерматозы

Formalization of task of differential diagnostics for dermatopathology is conducted. The mathematical model for polyvalent choice of diagnosis is developed. It will allow to perfect analysis of diagnostic information

Keywords: differential diagnostics, mathematical model, widely-spread dermatosis

Е. В. Высоцкая

Кандидат технических наук, доцент*

Контактный тел.: (057) 702-14-64

E-mail: diagnost@kture.kharkov.ua

В. А. Клименко

Доктор медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой

Кафедра пропедевтики педиатрии №2

Харьковский национальный медицинский институт

пр. Ленина, 4, г. Харьков, Украина, 61022

Контактный тел.: (057) 338-20-69

E-mail: klim-64@mail.ru

А. И. Печерская

Аспирантка*

Контактный тел.: (057) 702-13-64

E-mail: pecherskaya.a@mail.ru

*Кафедра биомедицинских электронных устройств и систем
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

1. Введение

Часто в повседневной клинической практике дерматологи сталкиваются с ситуацией, когда постановка достоверного клинического диагноза затруднена. Это объясняется тем, что многие дерматологические заболевания полиморфны и, как следствие этого, имеют большой диапазон клинических проявлений. Кроме того, возможно наличие одинаковых синдромов при различных по этиологии и патогенезу заболеваниях и наличие сопутствующих патологий внутренних органов и систем, осложняющих состояние иммунного и обменного гомеостаза. В результате некорректная, либо поздняя диагностика приводит к формированию тяжелых, резистентных к лечению форм заболеваний у значительного числа пациентов, что обуславливает необходимость дальнейших поисков новых стратегических подходов к диагностике дерматопатологии [1].

2. Анализ проблемы исследования

При диагностике дерматологических заболеваний в зависимости от поставленной задачи (определение

рисков развития патологии, предварительная диагностика, дифференциальная диагностика, постановка окончательного диагноза) могут быть использованы различные математические модели и методы.

Одним из подходов к дифференциальной диагностике является использование метода мозаичного портрета: получаемая с его помощью модель содержит большое количество новых, нетривиальных, неизвестных ранее синдромов, хотя не всегда несущих в себе дифференциальный диагностический смысл. Главный недостаток этого метода - избыточность (для каждой из дифференцируемых болезней выделяется большое количество синдромов содержащих различные сочетания симптомов) [2].

Другим подходом к дифференциальной диагностике является использование механизма логического вывода, основанного на системе продукционных правил («если параметр A_1 объекта имеет значение a_1 , ..., параметр A_n имеет значение a_n , ТО объект с вероятностью $P(a_1, a_2, \dots, a_n)$ находится в состоянии $H(a_1, a_2, \dots, a_n)$ »). Ограничение применения такого механизма в задачах диагностики с большим числом контролируемых параметров (что характерно для задачи диагностики дерматологических заболеваний)

наталкивается на серьезные трудности. Для полного описания в виде системы правил всего многообразия возможных значений параметров и состояний требуется либо резко увеличивать количество используемых правил, либо идти на существенные их упрощения, влияющие на качество анализа состояния объекта [3].

Еще одним подходом к дифференциальной диагностике является алгоритм вычисления оценок сходства объектов медицинского исследования в пространстве признаков. В основе этого класса алгоритмов лежит эвристический принцип прецедентности, заключающийся в том, что в сходных ситуациях можно действовать по аналогии. Конкретно этот принцип в алгоритмах вычисления оценок выражается в формировании и вычислении оценки сходства (степени похожести объектов), характеризующей близость классифицируемого и эталонного объекта по ансамблю признаков, представляющему собой систему подмножеств заданного множества признаков. Но при этом учитывается только наличие диагностического признака у пациента, и совершенно не принимается во внимание степень его выраженности, что очень важно в диагностике кожных болезней.[4].

В результате анализа проблемы можно сделать вывод, что ни одна из существующих математических моделей не отвечает в полной мере требованиям практического здравоохранения и, следовательно, моделирование диагностического процесса при дифференциации распространенных дерматозов является актуальной задачей.

3. Цель работы

Целью данной работы является формализация задачи и синтез математической модели дифференциальной диагностики распространенных дерматозов, позволяющей учитывать как выраженность симптома у пациента, так и его диагностическую значимость, что позволит повысить качество диагностики.

4. Сущность работы

В формализованном виде задачу верификации дифференцированного диагноза можно представить в следующем виде. Пусть имеется некоторое конечное множество X из n возможных по международному классификатору болезней дерматологических состояний пациента. Под разбиением множества X на n состояний понимаем такую совокупность подмножеств $x_i \subset X$, что $\bigcup_{i=1}^n x_i = X$, где $n \neq 1, X_k \cap X_r = \emptyset$, при $k \neq r; k, r = 1, 2, \dots, n$.

Каждое из возможных дерматологических состояний x_i характеризуется набором A из m частных критериев (диагностических признаков) α_j . Таким образом, каждому элементу x_i множества X восстанавливаем соответствующий кортеж A_i , состоящий из m упорядоченных элементов, каждый из которых отображает оценку α_{ij} (оценка вероятности присутствия j -го параметра при i -том заболевании). Причем α_{ij} являются размытыми числами, функции принад-

лежности которых известны априори (задаются экспертами методом экспертных оценок или вычисляются из статистических данных).

Информацию об оценке множества X согласно критериям множества A записываем в виде таблицы A . Так как α_{ij} – числа, A_i является вектором, а таблица A представляет собой матрицу:

$$A = \left\| \alpha_{ij} \right\|_{i=1, j=1}^{n, m}. \quad (1)$$

Отметим, что n (количество заболеваний) и m (количество признаков и симптомов) бывают довольно большими числами, особенно в задачах дерматологической диагностики. Кроме того, каждый из патологических признаков дерматопатологии при различных дерматологических состояниях характеризуется разной выраженностью. Для учета этой характеристики признака поставим в соответствие каждому элементу x_i множества X соответствующий кортеж H_i , состоящий из m упорядоченных элементов γ_{ij} , каждый из которых отображает выраженность (по сравнению с нормой) j -го симптома при i -том заболевании. γ_{ij} являются размытыми числами, функции принадлежности которых задаются экспертами методом экспертных оценок или вычисляются из статистических данных.

Информацию об оценке множества X согласно критериям множества H записываем в виде таблицы H . Так как γ_{ij} – числа, H_i является вектором, а таблица H представляет собой матрицу:

$$H = \left\| \gamma_{ij} \right\|_{i=1, j=1}^{n, m}. \quad (2)$$

Для постановки дифференцированного диагноза необходимо также учитывать диагностический вес (важность) каждого из параметров для данного заболевания. Эту характеристику параметров учтем с помощью весового коэффициента δ . Коэффициент δ показывает, какие именно параметры, по мнению врача-эксперта, являются определяющими в диагностике данной патологии. Для учета этой характеристики признака поставим в соответствие каждому элементу x_i множества X соответствующий кортеж Δ_i , состоящий из m упорядоченных элементов δ_{ij} , каждый из которых отображает вес j -го симптома для диагностики i -го заболевания. δ_{ij} являются размытыми числами, функции принадлежности которых задаются экспертами методом экспертных оценок или вычисляются из статистических данных. Причем для конкретного k -го заболевания: $\sum_{j=1}^m \delta_{kj} = 1$. Информацию об оценке множества X согласно критериям множества Δ записываем в виде таблицы Δ . Так как δ_{ij} – числа, Δ_i является вектором, а таблица Δ представляет собой матрицу:

$$\Delta = \left\| \delta_{ij} \right\|_{i=1, j=1}^{n, m}. \quad (3)$$

Далее согласно выбранным параметрам описываем состояние пациента. При обследовании врач вы-

являет, какие из возможных признаков нарушения гомеостаза организма присутствуют у пациента. Затем элементу y_k (y_k – состояние пациента, k – порядковый номер этого пациента), множества X восстанавливаем соответствующий кортеж V_k , состоящий из m упорядоченных элементов, каждый из которых отображает оценку β_{kj} (оценка наличия (отсутствия) j -го параметра у k -го пациента). β_{kj} – размытые числа, функции принадлежности которых определяются экспертом при осмотре пациента методом экспертных оценок. Совокупность кортежей V_k описывающих наличие каждого диагностического признака у каждого из p пациентов составляет матрицу V :

$$V = \|\beta_{kj}\|_{k=1, j=1}^{p, m} \tag{4}$$

Кроме того, при обследовании врач также оценивает выраженность каждого патологического признака у пациента. Затем элементу y_k , множества X восстанавливаем соответствующий кортеж M_k , состоящий из m упорядоченных элементов, каждый из которых отображает оценку выраженности j -го симптома у k -го пациента. μ_{kj} – размытые числа, функции принадлежности которых задаются экспертами при осмотре пациента методом экспертных оценок. Совокупность кортежей M_k , описывающих выраженность каждого патологического признака у каждого из p пациентов составляет матрицу M :

$$M = \|\mu_{kj}\|_{k=1, j=1}^{p, m} \tag{5}$$

На основе анализа указанной информации врач-дерматолог осуществляет:

- сравнение состояния пациента с каждым из дифференцируемых диагнозов;
- ранжирование всех решений $x \in X$ в порядке убывания их предпочтительности, то есть устанавливает строгое или нестрогое отношение порядка на множестве альтернатив X :

$$x_1 \succ x_2 \succ \dots \succ x_m.$$

- выбор из X наиболее предпочтительного решения, например x_1 .

При диагностике состояния пациента необходимо определить отличия от дифференцируемых дерматозов по каждому из m рассматриваемых диагностических признаков.

Решить эту задачу представляется возможным с помощью математического моделирования процесса диагностики. Учесть многокритериальность поставленной задачи позволит применение метода многопараметрического выбора оптимального решения. При этом сначала проводится сбор экспертной диагностической информации, затем определяется информативность каждого показателя. Далее с помощью математического моделирования определяется диагноз пациента.

Математическая модель процесса дифференциальной диагностики описывает зависимость между исходными данными и искомыми величинами. Для моделирования диагностического процесса необхо-

димо решить задачу идентификации математической модели.

Для выбора из дифференцируемых дерматозов диагноза пациента необходимо синтезировать математическую модель индивидуального выбора ЛПР наиболее предпочтительного решения, то есть диагноза, минимально отличающегося от состояния пациента. При этом необходимо учитывать все оценки элементов множества X :

$$D^0 = \text{argextrp}(A, B, \Delta, H, M), \tag{6}$$

где D^0 – дерматопатология пациента,

$\rho = F(A, B, \Delta, H, M)$ – критерий отличия дерматологического состояния пациента от состояний при дифференцируемых дерматозах.

Идентификация математической модели объекта заключается в определении ее характеристик на основе опытного исследования объекта. Идентификация является самой трудоемкой и самой ответственной операцией при анализе объектов.

Задача идентификации модели дифференциальной диагностики заключается в том, чтобы по диагностическим параметрам (x), присутствующим у пациентов, и уже известным диагнозам (y) определить структуру модели ($y = F(x)$).

Такую идентификацию называют прямой, поскольку она осуществляется при непосредственном доступе к выходным сигналам объектов – дифференцированным диагнозам.

В основе критерия отличия двух дерматологических состояний лежит обобщенная важность диагностических показателей для диагностики того или иного состояния. Следовательно, целесообразно использовать аддитивную форму оператора зависимости. Так как аддитивная форма оператора зависимости является чувствительной к знаку подфункциональных выражений, то при определении критерия отличия двух дерматологических состояний нужно определять квадрат разности произведений наличия и выраженности диагностических показателей у пациента и при патологии. Тогда формула (6) примет вид:

$$\rho(A, B, \Delta, H, M) = \sum_{j=1}^m \delta_{ij} (\alpha_{ij} \cdot \gamma_{ij} - \beta_j \cdot \mu_j)^2 \tag{7}$$

Тогда целевая функция математической модели (6) примет вид:

$$\rho(A, B, \Delta, H, M) = \sum_{j=1}^m \delta_{ij} (\alpha_{ij} \cdot \gamma_{ij} - \beta_j \cdot \mu_j)^2 \rightarrow \min_p \tag{8}$$

С помощью формулы (7) оценивается сходство состояния пациента с каждым из диагнозов. Заболевание, с которым состояние пациента наиболее сходно (при сравнении с которым значение функционала (8) минимально), и будет искомым диагнозом. Оптимальным решением задачи (9) служит разбиение, которое удовлетворяет условиям внутренней однородности классов, и дает оптимально целевому функционалу. В результате определяется диагноз, с которым состояние пациента наиболее сходно.

5. Висновки

Проведена структурна і параметрична ідентифікація багатопараметричної математическої моделі диференціальної діагностики розпространих дерматозів, котра ґрунтується на вагу і вираженість кожного із симптомів, що дозволяє отримувати точні кількісні оцінки для проведення диф-

ференціації діагнозу. Застосування розробленої моделі в діагностиці дерматопатології дозволить удосконалити диференціацію схожих нозологічних одиниць, скоротити тривалість обробки діагностичної інформації і підвищити якість постановки диференційованого діагнозу, що обумовить коректний і своєчасний вибір літчої тактики.

Література

1. Туркевич, Ю. М. Шкірні та венеричні хвороби [Текст] : посіб. для студ. та лікарів-інтернів вищ. мед. навч. закл. III-IV рівнів акредитації / Ю.М. Туркевич, О. Ю. Туркевич, О.О. Сизон – Львів: ЗУКЦ, 2011. – 239 с.
2. Кац, М.Д. Использование искусственного интеллекта для разработки методов дифференциальной диагностики внутри групп трудноразличимых заболеваний [Текст] / М.Д. Кац // Клиническая информатика и телемедицина. – 2004. – №1. – С.86 – 89.
3. Поповская, Т.Н. Информационные технологии диагностики – медицинские экспертные системы [Текст] / Т.Н. Поповская, Л.Г. Раскин // Клиническая информатика и телемедицина. – 2004. – №1. – С. 81 – 85.
4. Бабак, О.В. Об одном подходе к решению задач классификации в условиях неполноты информации [Текст] / О.В. Бабак, А.Э. Татаринев // Кибернетика и системный анализ. – 2005. – №6. – С. 116 – 123.

В статті розглянуто фізичний сенс ефекту віддачі після пострілу, визначені вагомі фізичні параметри, які здійснюють вплив на протікання ефекту віддачі, а також розроблена модель ефекту віддачі після пострілу в системі «стрілок-зброя»

Ключові слова: віддача, стрільба, біофізика стрільби

В статье рассмотрен физический смысл эффекта отдачи после выстрела, определены значимые физические параметры, которые осуществляют влияние на протекание эффекта отдачи, а также разработана модель эффекта отдачи после выстрела в системе «стрелок-оружие»

Ключевые слова: отдача, стрельба, биофизика стрельбы

The physical meaning of the weapon recoil force is considered in this article, the important physical parameters that influence on course of implementing the weapon recoil force are defined and also the model of the effect of weapon recoil force after a shot in the "hands-arms" system

Keywords: weapon recoil force, shooting, biophysics of shooting

УДК 681.5.017:623.443

МОДЕЛЬ ЕФЕКТУ ВІДДАЧІ ЗБРОЇ ПРИ ВИКОНАННІ ПОСТРІЛУ В СПОРТИВНІЙ СТРІЛЬБІ

С.В. Костішин

Аспірант

Кафедра проектування медико-біологічної апаратури

Вінницький національний технічний університет
вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна,
21021

Контактний тел.: 068-209-29-67, (0432) 598-123

E-mail: seruykost@rambler.ru

1. Вступ

Відомо, що істотний вплив на якість і влучність пострілу здійснює такий ефект як віддача зброї [1]. Віддача зброї являється негативним фактором при стрільбі, який погіршує прицілювання, здійснює вплив на психічний і фізичний стан стрілка, особливо

початкового рівня. Одночасно, віддача має і позитивні сторони, оскільки вона в деякій мірі гасить імпульс сили, що формується зброєю внаслідок згорання вибухової речовини [1].

Слід зазначити, що сильний вплив на протікання ефекту віддачі здійснює позиція стрільби. Оскільки кількість таких позицій досить значна, то при моде-