

БУРДО Г.Б.,

д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь, Россия,
e-mail: gbtms@yandex.ru

ЛЕБЕДЕВ С.Н.,

к.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет», Тверь, Россия,
e-mail: lebedev_s@tvergma.ru

ЛЕБЕДЕВА Ю.В.,

к.м.н., ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет», Тверь, Россия,
e-mail: lebedev_s@tvergma.ru

ЛЕБЕДЕВ И.С.,

ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет», Тверь, Россия,
e-mail: lebedev_s@tvergma.ru

СРЕДСТВА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ НОВООБРАЗОВАНИЙ ЧЕЛЮСТНО- ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ

DOI: 10.25881/18110193_2022_4_40

Аннотация.

В статье представлены результаты работы по созданию интеллектуальных средств поддержки принятия решений для диагностики предраковых заболеваний и опухолей слизистой оболочки рта.

Актуальность. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения качества оказания первичной медико-санитарной помощи пациентам с указанным заболеванием.

Целью работы явилось создание методики интеллектуальной поддержки принятия решений при диагностике опухолевых заболеваний слизистой оболочки полости рта.

Методы проведения работы. Методика основана на обобщении опыта практикующих врачей. На первом этапе исследовались диагностические параметры заболевания. На основе анализа все диагностические данные были разбиты на три большие группы: жалобы пациента, данные осмотра, сопутствующие факторы риска и образа жизни пациентов. При последующем анализе каждая группа данных была представлена набором параметров. Каждой группе параметров и каждому из параметров методом экспертных оценок присвоены соответствующие весовые коэффициенты (показатель «значимости» признака). Для удобства, сумма весовых коэффициентов по каждой группе параметров и по каждому параметру равнялась единице. С помощью этих весовых коэффициентов был осуществлен переход к показателям, позволяющим оценивать ожидание подтверждения предполагаемого прогноза.

Результаты работы. На основании весовых данных путем разработки продукционных моделей знаний и реализации методики нечетких множеств созданы модели, позволяющие оценить степень уверенности в диагнозе. Реализация данной методики позволит врачам — практикам получать обоснованные решения, обобщающие коллективные знания врачей-экспертов. Такие интеллектуальные решения можно рассматривать только как

некую подсказку специалисту, а не единственный, безальтернативный вариант. По мере функционирования системы, модели будут уточняться, что повысит эффективность работы экспертной системы.

Выводы. На основании выполненного исследования предложены: новый подход к классификации и выявлена структура параметров, позволяющих предполагать онкопатологию у пациентов; новая формальная методика диагностики онкопатологии слизистой оболочки полости рта, предполагающая выработку тактики ведения пациента; продукционная база знаний для автоматизированной диагностики патологий слизистой оболочки полости рта.

Область применения результатов. Результаты работы могут применяться как дополнительный инструмент, позволяющий врачу сверить свою постановку диагноза, либо выбранную тактику ведения пациента.

Ключевые слова: новообразования, слизистая оболочка рта, поддержка принятия решений, нечеткие множества, искусственный интеллект, продукционные модели.

Для цитирования: Бурдо Г.Б., Лебедев С.Н., Лебедева Ю.В., Лебедев И.С. Средства поддержки принятия решений при диагностике новообразований челюстно-лицевой области. Врач и информационные технологии. 2022; 4: 40-51. doi: 10.25881/18110193_2022_4_40.

BURDO G.B.,

DSc, professor, Tver state technical university, Tver, Russia,
e-mail: gbtms@yandex.ru

LEBEDEV S.N.,

PhD, Associate Professor, Tver state medical university, Tver, Russia,
e-mail: lebedev_s@tvergma.ru

LEBEDEVA Y.V.,

PhD, Tver state medical university, Tver, Russia,
e-mail: lebedev_s@tvergma.ru

LEBEDEV I.S.,

Tver state medical university, Tver, Russia,
e-mail: lebedev_s@tvergma.ru

DECISION SUPPORT TOOLS FOR MAXILLOFACIAL TUMORS DIAGNOSTICS

DOI: 10.25881/18110193_2022_4_40

Abstract.

The article presents originally developed intelligent decision support tools designed for precancerous lesions and tumors of the oral mucosa diagnostics.

Background. There is well recognized need for better primary health care in patients with suspected maxillofacial tumors.

Aim: develop intelligent decision support tools for tumors of the oral mucosa diagnostics.

Methods. Developed method was based on generalization of the practicing doctors experience. Diagnostic parameters of the disease were studied during the first stage of the development. All diagnostic parameters were divided into three large groups: patients complaints, patient's work-up, risk factors and patients lifestyle. At the next stage of analysis each data group was presented as a parameter set. Each parameter set and each singular parameter were assigned a weight coefficient by expert evaluation method. The sum of the weighting coefficients for each group of parameters and for each singular parameter was equal to one for convenience. Use of these coefficients enabled transition made to indicators that allow assessing the expectation of confirmation of the expected prognosis.

Results. Using weight data we developed production knowledge models and implemented the fuzzy set technique, which resulted in models that allow assessing the degree of confidence in the diagnosis. This approach will ensure that doctors get informed decisions summarizing the collective knowledge of medical experts. Such intelligent solutions can only be considered as a kind of hint to a specialist, instead of the only, uncontested option. As the system functions, the models will be refined, which will increase the efficiency of the expert system.

Conclusions. The results of the study propose a new approach to classification, as well as highlight the structure of the parameters allowing suspicion of a malignancy in patients. We also developed new formal diagnostic method of maxillofacial cancer which suggest further patient management. Production knowledge base for automated diagnosis of the oral mucosa pathologies was created.

Practical application. This research results could be used as an additional tool that allows the doctor to verify diagnosis or treatment strategy of patients.

Keywords: tumors, oral mucosa, decision support, fuzzy sets, artificial intelligence, production models.

For citation: Burdo G.B., Lebedev S.N., Lebedeva Y.V., Lebedev I.S. Decision support tools for maxillofacial tumors diagnostics. Medical doctor and information technology. 2022; 4: 40-51. doi: 10.25881/18110193_2022_4_40.

ВВЕДЕНИЕ

Повышение качества и эффективности медицинской помощи онкологическим больным является приоритетным направлением здравоохранения России и многих других стран. Даже при масштабных проблемах (эпидемии, климатические и техногенные катастрофы) не прекращаются лечебные мероприятия при злокачественных новообразованиях (ЗНО) и продолжается внедрение новых технологий. Существующий мировой и отечественный онкологический опыт определяет возможность проведения диагностики рака правильно и вовремя [1–3]. Тем не менее, в последнее десятилетие в России остаются высокими показатели запущенности ЗНО, в частности почти 60% больных с карциномами слизистой оболочки рта (СОР) начинают специализированное лечение в поздних стадиях (III–IV). Прогноз выздоровления даже при самых дорогостоящих методиках лечения в таких случаях крайне сомнительный [4–6].

Следовательно, разработка методики принятия окончательного взвешенного решения при диагностике новообразований различных локализаций на основе экспертной системы, синтезирующей естественный и искусственный интеллекты, представляется нам вполне актуальной. Внедрение искусственного интеллекта позволяет минимизировать системные рутинные ошибки молодого специалиста, оптимизируя его профессиональную деятельность.

Указанный подход был реализован путем разработки методики принятия решений в экспертной системе, обобщающей опыт практикующих врачей. В настоящем исследовании модели разрабатывались для первичной диагностики новообразований СОР.

Реализация моделей выполнялась в нескольких этапах:

- установление весов (весовых коэффициентов) параметров;
- разработка моделей выявления степени подтверждаемости диагноза;
- установление правил интерпретации результатов.

УСТАНОВЛЕНИЕ ВЕСОВ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

На первом этапе врачами-экспертами на основе изучения соответствующих врачебных

методик и опыта работы практикующих врачей все диагностические признаки были разбиты на три большие группы: жалобы пациента, данные осмотра, сопутствующие факторы риска, связанные с хроническими заболеваниями, и анамнестические признаки, связанные, в основном, с образом жизни пациента.

В качестве экспертов на всех этапах выполнения работы выступало 7 врачей-онкостоматологов высшей категории со стажем работы более 15 лет, в том числе 4 кандидата медицинских наук и 1 доктор медицинских наук.

Жалобы пациента выявляются врачом путем разговора с ним; данные осмотра пациента регистрируются во время оценки состояния слизистой оболочки рта; факторы риска новообразований и образа жизни пациента определяют при собеседовании.

Группы признаков были установлены на основании того факта, что они имеют наиболее существенное значение при диагностике.

Учитывая, что группы диагностических параметров имеют разное значение для установление диагноза, всем группам параметров были присвоены веса, позволяющие привести параметры к единой системе отсчёта.

На основании оценок врачами-экспертами важности для постановки диагноза (именно важности, а не достоверности) всем группам параметров были присвоены веса P_i от 0 до 1 (таблица 1). Вес параметра определяется как среднее арифметическое значение весов, указанных экспертами, при этом значения, выходящие за границы доверительного интервала, отбрасывались.

На втором этапе определились коэффициенты, позволяющие охарактеризовать степень уверенности врачей в диагнозе на основании того или иного параметра. С этой целью на основе систематизации клинических симптомов в группах ранее обследованных больных проводилась детализация каждого параметра, приведенного в таблице 1 [6].

Группа параметров 1. Были выявлены основные жалобы, характерные для пациентов рассматриваемой группы, а каждому из параметров (видов жалоб) был присвоен вес S_j^i , характеризующий его необходимость для диагностики в общей структуре жалоб (таблица 2).

Сумма весов параметров здесь (*группа параметров 1*) и далее (до группы параметров

Таблица 1 — Важность групп параметров для постановки диагноза

№ п.п.	Группы параметров	Вес важности группы параметров, P_j
1	Жалобы и ощущения больного	0,75
2	Данные врачебного осмотра	1,0
3	Сопутствующие заболевания	0,65
4	Анамнестические признаки	0,7

Таблица 2 — Веса параметров жалоб

№ п.п.	Структура параметров в жалобах пациента	Вес параметра (жалобы) жалобы, $S_j^1 = S_j^1$
1	Боль в полости рта при глотании («пустой глоток»)	0,35
2	Ощущение постороннего тела в полости рта	0,1
3	Неловкость в полости рта	0,1
4	Ощущение жжения языка	0,1
5	Нерезкие болевые ощущения в области регионарных лимфатических узлов, их увеличение	0,2
6	Слабость	0,05
7	Боль в сердце	0,05
8	Затрудненное носовое дыхание	0,05

Таблица 3 — Веса параметров при осмотре врачом

№ п.п.	Структура параметров при осмотре врачом	Вес параметра, $S_j^2 = S_j^2$
1	Боль субъективная, зуд, жжение в области патологического очага (очагов)	0,05
2	Обильное слюнотечение	0,10
3	Сухость полости рта	0,1
4	Гиперемия в области патологического очага (очагов)	0,15
5	Бляшка или очаги гиперкератоза СОР «различного» цвета	0,25
6	Эрозия или очаговая язва СОР	0,20
7	Боль при пальпации патологического очага (очагов)	0,05
8	Поверхность очага (очагов) плотная и/ или имеет инфильтрирующее основание	0,10

4 включительно) принималась равной единице для приведения всех групп параметров предварительно к единому весу, а затем для учета влияния каждой группы в постановке диагноза (см. табл. 1).

Группа параметров 2. Опросом врачей — экспертов были установлены параметры, имеющие первостепенную важность для диагностирования возможной злокачественной опухоли СОР. Далее каждому из параметров были приданы веса, учитывающие вероятность их связи с предполагаемым онкологическим заболеванием (таблица 3).

Группа параметров 3. Данная группа включает в себя ряд хронических заболеваний, влияющих на клинико-морфологическое состояние СОР.

В их формировании участвовали врачи-эксперты, весовые параметры получались путем статистической обработки численных значений экспертных оценок (таблица 4).

Группа параметров 4. В этой группе параметров в основе классификации лежат сопутствующие риску заболеваний СОР факторы образа жизни. На основе экспертных оценок (таблица 5) были получены нижеприведенные веса факторов риска анамнестических признаков.

Таблица 4 — Веса параметров сопутствующих заболеваний обследованного

№ п.п.	Структура параметров хронических заболеваний	Вес параметра сопутствующих заболеваний, $S_j^i = S_j^3$
1	Хронические воспалительные заболевания ЖКТ в стадии ремиссии, подтвержденные данными эндоскопических, лабораторных, лучевых и других методов исследования	0,15
2	Эрозивно-язвенные эзофагогастродуодениты, подтвержденные данными различных методов исследования	0,10
3	Хронические воспалительные заболевания бронхолегочной системы, подтвержденные данными различных методов исследования	0,10
4	Воспалительные и не воспалительные заболевания гормонозависимых органов (женщины — щитовидная и молочная железы, матка/яичники; мужчины — щитовидная и предстательная железы), подтвержденные данными различных методов исследования	0,10
5	Заболевания сердечно-сосудистой системы, подтвержденные данными различных методов исследования	0,10
6	Установленные заболевания, проявляющиеся метаболическими нарушениями (диабет, хроническая болезнь почек, ожирение 1 и более степени, дислипидемия), подтвержденные данными различных методов исследования	0,10
7	Частые ОРЗ, «высыпания» на СОР и губах (2 и более раз за последний год), только на основании опроса пациента	0,10
8	Аллергические реакции на лекарства, только на основании опроса пациента	0,10
9	Носительство гепатитов В, С, ВИЧ, клинико-лабораторно неактивная фаза, подтвержденные данными различных методов исследования	0,15

Таблица 5 — Веса анамнестических признаков

№ п.п.	Значение параметра анамнестических признаков	Вес параметра, $S_j^i = S_j^4$
1	Существование патологии СОР и губы 3 и более месяцев	0,20
2	Связь появления патологического очага с однократной острой и/или длительной локальной травмой СОР и губы	0,20
3	Факт употребления крепкого алкоголя чаще двух раз в неделю более 100 мл	0,20
4	Пристрастие к острой и горячей пище	0,20
5	Стаж курения 10 лет и более	0,14
6	Стаж курения до 10 лет	0,06

Рассмотрим, как формировались веса признаков на примере группы параметров 4 (анамнестические признаки). Для этого анализировалась группа пациентов с установленным опухолевым заболеванием СОР. Групповое сравнение данных всех обследованных (156 больных) показало достоверное преобладание у больных карциномой таких признаков, как длительность существования патологии более трех месяцев, наличие локальной травмы СОР и губы, регулярное употребление крепкого алкоголя, пристрастие к острой и горячей пище, курение (таблица 6) [6].

Далее частоты складывались, и определялся коэффициент, при умножении на который сумма частот становилась равной 1. Затем каждая частота в столбце 3 таблицы 6 умножалась на этот коэффициент, получая таким образом соответствующие веса параметров в таблице 5.

Аналогично формировались и таблицы 2–4.

Следующим этапом явилось приведение всех параметров к единой шкале. С этой целью был введен коэффициент A_i , показывающий ожидаемую степень влияния (значимость) группы параметров i на подтверждение диагноза:

Таблица 6 — Данные признаков обследованных пациентов

№ п.п.	Значение параметра анамнестических признаков	Абсолютное число больных/ частота	Доверительный интервал при 95%
1	Существование патологии СОР и губы 3 и более месяцев	156/ 1,0	
2	Связь появления патологического очага с однократной острой и/или длительной локальной травмой СОР и губы	156/ 1,0	
3	Факт употребления крепкого алкоголя	150/ 0,962	(93,14–99,26)
4	Пристрастие к острой и горячей пище	154/ 0,987	(96,9–100)
5	Стаж курения 10 лет и более	81/ 0,519	(43,88–59,92)
6	Стаж курения до 10 лет	40/ 0,256	(18,62–32,58)

$$A_i = P_i \times (\sum S_j^i)$$

где: A_i — коэффициент, определяющий значимость параметров i — той группы по шкале от 0 (нет влияния) до 1 (сильное влияние); P_i — вес важности группы параметров i , i — номер группы параметров, $i = (1,4)$; $\sum S_j^i$ — сумма весов параметров j (сумма значений последнего столбца в таблицах 2–5) группы i ; j — номер параметра (в первой и второй группах параметров их 8, в третьей — 9, в четвертой — 6).

Таким образом, в результате выполнения диагностических процедур и вычислений, мы будем иметь четыре значения коэффициента A_i , каждое из них характеризует значимость определенной группы параметров на выбор предполагаемого действия врача.

МОДЕЛЬ ВЫЯВЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ПОДТВЕРЖДАЕМОСТИ ДИАГНОЗА

Идея модели будет состоять в том, что определяется степень подтверждаемости (уверенности в диагнозе злокачественная опухоль СОР),

а далее, зная эту степень уверенности, выбирается тактика ведения пациента.

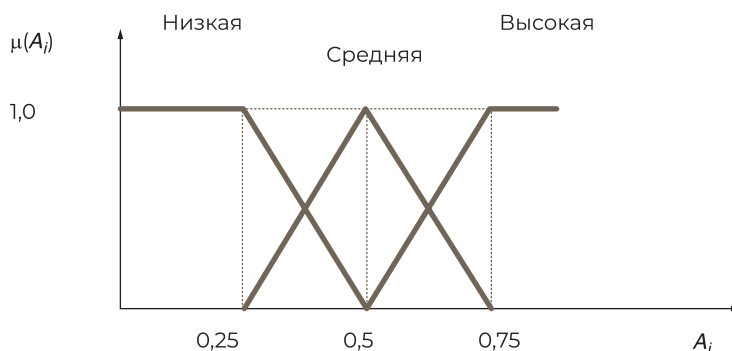
Модель, позволяющая оценить степень подтверждаемости диагноза и выбора тактики ведения пациента на основе четырех наблюдаемых групп параметров диагностики, была сформирована на основе продукционных баз знаний с использованием теории нечетких множеств [7–11].

Продукционная база знаний имеет вид:

ЕСЛИ значимость первой группы параметров A_1 **И ЕСЛИ** значимость второй группы параметров A_2 **И ЕСЛИ** значимость третьей группы параметров A_3 **И ЕСЛИ** значимость четвертой группы параметров A_4 **ТО** степень уверенности в диагнозе равна B_j .

В данном выражении A_i и B_j являются лингвистическими переменными.

Лингвистическая переменная A_i имеет три термина: низкая степень влияния, средняя степень влияния и высокая степень влияния. График функции принадлежности $\mu(A_i)$ в качестве примера показан на рисунке 1.

Рисунок 1 — Функция принадлежности лингвистической переменной A_i .

Лингвистическая переменная V_j имеет 5 термов (применительно к степени подтвержденности диагноза): весьма низкая, низкая, сомнительная, высокая, весьма высокая.

Была построена продукционная база знаний с использованием знаний врачей-экспертов.

Приведем примеры нескольких правил из базы знаний.

ЕСЛИ значимость первой группы параметров *НИЗКАЯ* **И ЕСЛИ** значимость второй группы параметров *НИЗКАЯ* **И ЕСЛИ** значимость третьей группы параметров *НИЗКАЯ* **И ЕСЛИ** значимость четвертой группы параметров *НИЗКАЯ* **ТО** степень подтвержденности диагноза равна *ВЕСЬМА НИЗКАЯ*.

ЕСЛИ значимость первой группы параметров *НИЗКАЯ* **И ЕСЛИ** значимость второй группы параметров *НИЗКАЯ* **И ЕСЛИ** значимость третьей группы параметров *ВЫСОКАЯ* **И ЕСЛИ** значимость четвертой группы параметров *ВЫСОКАЯ* **ТО** степень подтвержденности диагноза равна *СОМНИТЕЛЬНАЯ*.

ЕСЛИ значимость первой группы параметров *ВЫСОКАЯ* **И ЕСЛИ** значимость второй группы параметров *ВЫСОКАЯ* **И ЕСЛИ** значимость третьей группы параметров *ВЫСОКАЯ* **И ЕСЛИ** значимость четвертой группы параметров *НИЗКАЯ* **ТО** степень подтвержденности диагноза равна *ВЫСОКАЯ*.

Всего продукционная база знаний состоит из 71 правила, сформированных по следующему алгоритму.

1. Если два значения функций принадлежности в подусловиях — *ВЫСОКАЯ*, а две *НИЗКАЯ*, то значение лингвистической переменной V_j — *СОМНИТЕЛЬНАЯ*.
2. Если все значения функций принадлежности в подусловиях — *ВЫСОКАЯ*, то значение лингвистической переменной V_j — *ВЕСЬМА ВЫСОКАЯ*.
3. Если все значения функций принадлежности в подусловиях — *НИЗКАЯ*, то значение лингвистической переменной V_j — *ВЕСЬМА НИЗКАЯ*.
4. Если два значения функций принадлежности в подусловиях — *ВЫСОКАЯ*, а две *СРЕДНЯЯ*, то значение лингвистической переменной V_j — *ВЫСОКАЯ*.
5. Если два значения функций принадлежности в подусловиях — *НИЗКАЯ*, а две *СРЕДНЯЯ*,

то значение лингвистической переменной V_j — *СРЕДНЯЯ*.

6. Если три значения функций принадлежности в подусловиях — *ВЫСОКАЯ*, а одно — *НИЗКАЯ* или *СРЕДНЯЯ*, то значение лингвистической переменной V_j — *ВЫСОКАЯ*.
7. Если три значения функций принадлежности в подусловиях — *НИЗКАЯ*, а одно — *ВЫСОКАЯ* или *СРЕДНЯЯ*, то значение лингвистической переменной V_j — *НИЗКАЯ*.

Фази-логическая конъюнкция (И) подусловий выполняется по правилу минимума, а фази-логическая дизъюнкция (ИЛИ) подусловий — по правилу максимума. Нахождение функций совместной принадлежности выполняется по правилу нечеткой импликации Мамдани. Дефазификация взвешенной оценки подтвержденности диагноза (результат) выполняется по центроидному методу [10; 11].

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТАКТИКИ ВЕДЕНИЯ ПАЦИЕНТА

Тактика ведения пациента также устанавливалась на основе использования знаний практикующих врачей и научных данных. Первоначально были определены ключевые моменты (ключевые точки):

- степень подтвержденности диагноза низкая (низкий риск заболевания);
- степень подтвержденности диагноза средняя (средний риск заболевания);
- степень подтвержденности диагноза высокая (высокий риск заболевания).

На втором этапе определялись граничные значения для установленных ключевых точек. Сначала экспертам для каждой точки предлагалось выбрать по три значения из пяти возможных. Далее по каждой точке оставлялись для дальнейшего анализа по три значения, имеющие максимальное число совпадений по всем экспертам. Далее каждый эксперт выбирал одно значение из трех возможных по каждой точке.

Граничное значение определялось, как среднее арифметическое, округленное до 0,05 в сторону уменьшения (т.е. в пользу диагноза). Таким образом были получены следующие значения ключевых (граничных) точек:

- низкая степень подтвержденности диагноза — $\leq 0,35$;

- средняя степень подтвержденности диагноза — $>0,35$, но $\leq 0,5$;
- высокая степень подтвержденности диагноза — $>0,5$.

Если степень подтвержденности диагноза оказывается:

- низкой, то рекомендуется симптоматическое и/или специализированное лечение у стоматолога, и/или повторное обследование через 2 недели;
- средней, то обследуемый нуждается в осмотре врача-онколога, рекомендуется провести цитологическое исследование (соскоб, мазок) из очага поражения и симптоматическое лечение до получения заключения;
- высокой, то обследуемый нуждается в осмотре врача-онколога, показана гистологическая верификация (биопсия) из очага поражения и симптоматическое лечение до получения заключения.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализируя предлагаемую методику, можно отметить её следующие положительные моменты:

- 1) методика предполагает использование привычной для врачей терминологии;
- 2) использование программных средств не требует от врачей наличия специальных знаний в области вычислительной техники;
- 3) входные параметры задаются в удобном для пользователей виде, в диапазоне 0 -1.
- 4) выходные параметры выдаются в понятном числовом формате и диапазоне (от 1, то есть 100% — полное подтверждение; до 0, то есть 0% — полное отрицание);
- 5) при опытной апробации методики отмечено практическое совпадение результатов, полученных по модели, с предположениями врачей-экспертов;
- 6) методика может быть распространена и на коллективную дистанционную диагностику (консилиум).

По мнению авторов, главное достоинство методики заключается в возможности объединения при принятии решений естественного интеллекта врача и интеллектуальной базы знаний, имеющейся в экспертной системе.

База знаний должна быть открытой, то есть иметь возможность уточняться при наличии

новых клинических данных, что подразумевает целенаправленную периодическую её корректировку путем:

- уточнения пороговых значений граничных точек на основании опыта диагностики;
- уточнения структуры параметров и их весов в каждой группе параметров;
- введения дополнительных групп параметров при необходимости.

Корректировка выполняется как существующей группой экспертов, так и путем включения в нее дополнительных участников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Можно отметить, что использование программной реализации разработанной методики не вызвало возражения у практикующих врачей. Методика была реализована в программной среде «Матлаб», и программные средства были предложены для апробации 15 врачам (стоматологи и онкостоматологи, включая экспертов) при консультации разработчиков. Программные средства использовались в качестве дополнительных «подсказок» для врачей при обследовании больных с предполагаемой онкопатологией.

Экспертная система прошла первичную верификацию и валидацию. Числовые значения входных и выходных параметров для нескольких примеров расчетов приведены в таблице 7.

При пробной апробации пользователями отмечалась полезность программных средств с точки зрения уверенности врача в своих действиях.

Закljučая работу, можно сделать следующие выводы.

1. Предложены новый подход к классификации и структура параметров, позволяющие предполагать онкопатологию у пациентов.
2. Предложена новая методика диагностики онкопатологии слизистой оболочки полости рта, предполагающая выработку тактики ведения пациента.
3. Предложена продукционная база знаний для автоматизированной диагностики патологий COP.

Следует отметить, что подобная методика может быть распространена и на другие группы заболеваний.

Таблица 7 — Примеры расчётов

№ п.п.	A_1	A_2	A_3	A_4	Степень подтвержденности диагноза	Тактика ведения пациента*
1	0,6	0,75	0,525	0,49	0,534	1
2	0,35	0,5	0,36	0,28	0,361	2
3	0,675	0,6375	0	0,8	0,159	3

Примечания: 1* — обследуемый нуждается в осмотре врача-онколога, показана гистологическая верификация (биопсия) из очага поражения и симптоматическое лечение до получения заключения. 2* — обследуемый нуждается в осмотре врача-онколога, рекомендуется провести цитологическое исследование (соскоб, мазок) из очага поражения и симптоматическое лечение до получения заключения. 3* — рекомендуется симптоматическое и/или специализированное лечение у стоматолога, и/или повторное обследование через 2 недели.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Антонова И.В., Чикина Н.А. Экспертная система оценки риска развития заболеваний как основа системы медицинского страхования профпатологии // Современные информационные и электронные технологии. — 2013. — Т.1(14). — С.99-101. [Antonova IV, Chikina NA. Ekspertnaya sistema ocenki riska razvitiya zabolevanij kak osnova sistemy medicinskogo strahovaniya profpatologii. Sovremennye informacionnye i elektronnye tekhnologii. 2013; 1(14): 99-101. (In Russ.)]
2. Злокачественные новообразования в России в 2018 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. — Москва: ФГБУ «МНИОИ им. П.А. Герцена» — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2019. — 250 с. [Zlokachestvennye novoobrazovaniya v Rossii v 2018 godu (zabolevaemost' i smertnost'). A.D. Kaprin, V.V. Starinskiy, G.V. Petrova, editors. Moskva: FGBU «MNIОI im. P.A. Gercena» — filial FGBU «NMIC radiologii» Minzdrava Rossii, 2019. 250 p. (In Russ.)]
3. Давыдов А.Б., Лебедев С.Н., Румянцева И.К., Назаров В.И. Профилактика и ранняя диагностика — приоритетные направления в онкостоматологии Тверского региона // Верхневолжский медицинский журнал. — 2015. — Т.13. — №1. — С.11-16. [Davydov AB, Lebedev SN, Rumyanцева IK, Nazarov VI. Profilaktika i rannaya diagnostika — prioritetnye napravleniya v onkostatologii Tverskogo regiona. Verhnevolzhskij medicinskij zhurnal. 2015; 13(1): 11-16. (In Russ.)]
4. Состояние онкологической помощи населению России в 2018 году / под ред. А. Д. Каприна, В. В. Старинского, Г. В. Петровой. — Москва: ФГБУ «МНИОИ им. П.А. Герцена» — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2019. — 236 с. [Sostoyanie onkologicheskoy pomoshchi naseleniyu Rossii v 2018 godu. A.D. Kaprin, V.V. Starinskiy, G.V. Petrova, editors. Moskva: FGBU «MNIОI im. P.A. Gercena» — filial FGBU «NMIC radiologii» Minzdrava Rossii, 2019. 236 s. (In Russ.)]
5. Шигина А.А. Применение технологии экспертной системы при построении интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Научно-методический электронный журнал Концепт. — 2014. — Т.20. — С.3566-3570. [Shigina AA. Primenenie tekhnologii ekspertnoj sistemy pri postroenii intellektual'nyh sistem podderzhki prinyatiya reshenij. Nauchno-metodicheskij elektronnyj zhurnal Koncept. 2014; 20: 3566-3570. (In Russ.)]
6. Лебедев С.Н., Давыдов А.Б., Бурдо Г.Б. Основы применения экспертных систем искусственного интеллекта в ранней диагностике карциномы полости рта // Верхневолжский медицинский журнал. — 2020. — Т.19, №3. — С. 27-29. [Lebedev SN, Davydov AB, Burdo GB. Osnovy primeneniya ekspertnyh sistem iskusstvennogo intellekta v rannej diagnostike karcinomy polosti rta. Verhnevolzhskij medicinskij zhurnal. 2020; 19(3): 27-29. (In Russ.)]
7. Бурдо Г.Б., Болотов А.Н. Механизм машинного обучения в системах автоматизированного проектирования // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. — 2021. — №4(12). — С.66-75. [Burdo GB, Bolotov AN. Mekhanizm mashinnogo obucheniya v sistemah avtomatizirovannogo proektirovaniya. Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskie nauki. 2021; 4(12): 66-75. (In Russ.)]

8. Рыбина Г.В. Основы построения интеллектуальных систем: учебное пособие. — М.: Финансы и статистика; Инфра-М, 2010. — 432 с. [Rybina GV. Osnovy postroeniya intellektual'nyh sistem: uchebnoe posobie. M.: Finansy i statistika; Infra-M, 2010. 432 p. (In Russ.)]
9. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. — Санкт Петербург: Питер-пресс, 2016. — 162 с. [Gavrilova TA, Horoshevskij VF. Bazy znanij intellektual'nyh sistem. Sankt Peterburg: Piter-press, 2016. 162 p. (In Russ.)]
10. Заде. Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к понятию приближенных решений. — М.: Мир, 1976. [Zade L. Ponyatie lingvisticheskoy peremennoj i ee primenenie k ponyatiyu priblizhennyh reshenij. M.: Mir. 1976 (In Russ.)]
11. Дьяков В., Круглов В. Математические пакеты расширения MATLAB: специальный справочник. — СПб.: Питер, 2001. — 480 с. [D'yakov V, Kruglov V. Matematicheskie pakety rasshireniya MATLAB: special'nyj spravochnik. SPb.: Piter, 2001. 480 p. (In Russ.)]