

**Н.Т. АБДУЛЛАЕВ,**

д.т.н., доцент, Азербайджанский Технический Университет, г. Баку, Азербайджанская Республика,
e-mail: nabdullayev.46@mail.ru

К.Ш. ПАШАЕВА,

к.т.н., доцент, Бакинская Высшая Школа Нефти, г. Баку, Азербайджанская Республика,
e-mail: is_kamalya@yahoo.com

У.Н. МУСЕВИ,

магистр, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности,
г. Баку, Азербайджанская Республика, e-mail: ulker.musevi@mail.ru

ПРИНЯТИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ НАРУШЕНИЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА, ВЫЗВАННЫХ ВЛИЯНИЕМ ПАРАЗИТОВ

УДК: 616+004.67

DOI: 10.37690/1811-0193-2020-3-41-48

Абдуллаев Н.Т.¹, Пашаева К.Ш.², Мусеви У.Н.³ *Принятие диагностических решений с помощью нейронных сетей при нарушениях функционирования желудочно-кишечного тракта, вызванных влиянием паразитов* (Азербайджанский Технический Университет, г. Баку, Азербайджанская Республика; ²Бакинская Высшая Школа Нефти, г. Баку, Азербайджанская Республика; ³Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, г. Баку, Азербайджанская Республика)

Аннотация. Рассмотрены возможности применения в медицинских исследованиях метода обработки и анализа с использованием искусственной нейронной сети для повышения точности диагностирования заболеваний желудочно-кишечного тракта из-за влияния различных паразитов. Выделены симптомы и болезни, связанные с влиянием основных паразитов в желудочно-кишечном тракте. На основании данной информации приведена реализация эксперимента на сетевом эмуляторе NeuroPro. Приведены результаты прогнозирования заболеваний по выделенным симптомам с помощью нейронной сети. Для конкретного заболевания определены значимые входные параметры сети.

Ключевые слова: нейронная сеть, желудочно-кишечный тракт, паразиты, симптомы заболеваний, диагностирование, значимые параметры.

UDC: 616 + 004.67

Abdullaev N.T.¹, Pashaeva K.Sh.², Musevi U.N.³ *Making diagnostic decisions with the help of neural networks for disorders of the functioning of the gastrointestinal tract caused by the influence of parasites* (Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan Republic; ²Baku Higher Oil School, Baku, Azerbaijan Republic; ³Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku, Azerbaijan Republic)

Annotation. The possibilities of using the processing and analysis method in medical research using an artificial neural network to improve the accuracy of diagnosing diseases of the gastrointestinal tract due to the influence of various parasites are considered. Symptoms and diseases associated with the influence of the main parasites in the gastrointestinal tract are highlighted. Based on this information, the implementation on the NeuroPro network emulator is carried out. The results of disease progression based on selected symptoms using a neural network are presented. For a specific disease, significant input parameters of the network are determined.

Keywords: neural network, gastrointestinal tract, parasites, disease symptoms, diagnosis, significant parameters.

ВВЕДЕНИЕ

Медицинская паразитология изучает паразитов человека и вызываемые ими заболевания и патологические состояния, способы профилактики заражения, способы лечения заражения или заболевания человека.

По утверждениям Всемирной организации здравоохранения у 95% человечества в организме обитают разнообразные паразиты. Эти живые организмы

не так безобидны и безопасны, как может показаться с первого раза. Большинство из них локализуется в органах желудочно-кишечного тракта (яйца глистов попадают сюда вместе с зараженной водой и пищей), встречаются и так называемые внекишечные формы инвазий – паразиты могут жить в легких, сердце и даже в головном мозге человека [1, 2]. Нередко нарушение функционального состояния желудочно-кишечного тракта связано с влиянием различных паразитов. Паразиты имеют более сложное строение и обладают хорошо отлаженными защитными механизмами, направленными против иммунной системы человека (инкапсуляция, антигенная мимикрия, антигенный «дрейф», инактивация ферментов и биологически активных веществ), что позволяет им длительно существовать в различных органах и тканях человека. Кроме того, существуют более объективные трудности по идентификации, выделению и получению иммунореагентных специфических антигенов паразитов.

В настоящее время в клинической практике широко используются методы серологической диагностики многих инфекционных заболеваний, однако в лабораторной диагностике многих паразитов серологические методы исследования имеют лишь вспомогательное значение [1]. Широкий спектр методов лабораторного анализа играет важную роль в постановке диагноза паразитарного заболевания и определяет выбор соответствующего лечебного препарата. Лабораторные анализы могут помочь врачу и принести пользу больному только в том случае, если их результаты будут точными и достоверными [3].

Применение медицинских компьютеризированных систем позволяет в автоматизированном режиме проводить скрининг микроскопических препаратов с целью поиска и идентификации возбудителей кишечных паразитов в биологическом материале с последующим сохранением изображений обнаруженных патогенов, возможностью дистанционного контроля результатов исследования, архивирования протоколов исследований с атласом изображений и, что более важно, возможностью их представления при отдаленной экспертной оценке (аппаратно-программный модуль «Паразитология» ЗАО Мекос) [4–6].

МЕТОДЫ

Анализ различных методов диагностирования функционального состояния органов человеческого организма показывает, что наиболее эффективным является использование нейросетевых технологий

[7]. При этом наиболее оптимальной моделью искусственных нейронных сетей для решения задач медицинской диагностики и прогнозирования является многослойный персептрон. При этом наиболее оптимальным алгоритмом обучения многослойного персептрона является алгоритм обратного распространения ошибки [8].

Отличительное свойство нейронных сетей состоит в их способности обучаться на основе экспериментальных данных предметной области. Применительно к медицинской тематике экспериментальные данные представляются в виде множества исходных признаков или параметров объекта и поставленного на основе их диагноза. Обучение нейронной сети представляет собой интерактивный процесс, в ходе которого нейронная сеть находит скрытые нелинейные зависимости между исходными параметрами и конечным диагнозом, а также оптимальную комбинацию весовых коэффициентов нейронов, соединяющих соседние слои, при которой погрешность определения класса образа стремится к минимуму. В процессе обучения («с учителем») на вход нейронной сети подается последовательность исходных параметров наряду с диагнозами, которые эти параметры характеризуют. Тщательное формирование обучающей выборки определяет качество работы, а также уровень погрешности нейронной сети.

Для качественного решения задачи диагностики состояния обучающая выборка должна обладать свойством репрезентативности, которое означает равномерность включения в нее описаний состояния различных типов. Чем больше разнотипных ситуаций включено в обучающую выборку, тем большим примерам она будет обучена и тем больше вероятность правильного диагностирования состояния исследуемого органа. Следовательно, высокая репрезентативность обучающей выборки позволяет уменьшить средний риск принятия решений.

Нейросетевые технологии применяются для диагностики заболеваний желудочно-кишечного тракта (ЖКТ). Так, например, в [9] исследованы возможности применения искусственных нейронных сетей в прогнозировании развития абдоминального сепсиса у больных тяжелым острым панкреатитом. В [10, 11] технология нейронных сетей использована для дифференциальной диагностики заболевания печени.

Рассмотрим возможности применения в медицинских исследованиях метода обработки и анализа с использованием нейронной сети для повышения точности при диагностировании заболеваний ЖКТ в результате влияния разных паразитов.



Реализация эксперимента проводилась на сетевом эмуляторе NeuroPro. NeuroPro0.25 бета версия дает возможность реализовать следующие базовые операции:

- создание нейропроектов;
- соединение файлов данных нейропроектom;
- добавление в нейронные проекты слойных архитектур от 1 до 10 слоев, имея в каждом слое до 100 нейронов;
- обучение нейронной сети для решения задач прогнозирования и классификации;
- тестирование нейронной сети на основе файлов базы данных, вычисление показателей значимости входных сигналов;

- упрощение нейронной сети;
- выбор алгоритмов обучения, определение прогнозирования по заданной точности и др.

Для проведения эксперимента выбираем симптомы разных заболеваний желудочно-кишечного тракта, обусловленные влиянием паразитов [12, 13, 14]. Выбраны 24 симптома (по желанию врачей можно увеличить число симптомов, так как эти системы открытые) и 9 болезней (нужно отметить, что число заболеваний создаваемых паразитами достаточно много, были выбраны самые распространённые из них) (таблица 1).

Таблица 1

Симптомы и болезни, связанные с основными паразитами ЖКТ

№	Симптомы (множество входов сети)	Сокращения	Паразиты ЖКТ								
			<i>Entamoeba</i>	<i>Giardia lamblia</i>	<i>Balantidium coli</i>	<i>Ascaris lumbricoides</i>	<i>Enterobius vermicularis</i>	<i>Taenia solium (saginata)</i>	<i>Strongyloides stercoralis</i>	<i>Cryptosporidium parvum</i>	<i>Echinostoma</i>
N1	Интенсивность инвазии	ИИ	+			+	+				+
N2	Нарушения перистальтики кишечника	НПК	+				+				
N3	Иммунодефицит	ИД	+						+	+	
N4	Голодание	Голд	+				+				
N5	Стресс	Ст	+				+		+		
N6	Перфорация кишечника	ПК	+		+						
N7	Кишечное кровотечение	КК	+		+	+			+	+	+
N8	Опухолевидное разрастание в стенке толстого кишечника	ОТК	+								
N9	Амёбная стриктура кишечника	АСК	+								
N10	Боли, вздутие и урчание в животе	БВУЖт		+	+				+		+
N11	Повышенное газообразование	ПГ		+							
N12	Рвота, тошнота	РТ	+	+					+	+	
N13	Увеличение количества непереваренных жиров в кале	УЖК		+						+	
N14	Дисбактериоз	ДБ		+							
N15	Потеря аппетита	ПА		+		+	+	+	+		
N16	Аллергия	Аллер		+			+		+		
N17	Понос	Пон			+			+	+		+
N18	Спазм и болезненность толстого кишечника	СБТК			+	+	+				
N19	Лихорадка	Лих			+					+	
N20	Худоба	Худ			+				+		+
N21	Раздражения брюшины	РБ			+			+			
N22	Бессонница	Бесц					+				
N23	Боли в желудке	БЖд								+	
N24	Диарея	Диар								+	+
	Заболевания, связанные с паразитами		Колит	Жирдиоз	Балантидиоз	Аскаридоз	Энтеробиоз	Цистицеркоз	Стронгилидоз	Криптоспоридиоз	Эхиностомоз



В таблице 2 даны выходы нейронной сети с соответствующими заболеваниями.

диагностирования. Будем проверять работу сети путем сравнения с результатами классического диагностирования заболеваний. Для примера используем данные результата диагностирования пациента с заболеванием «Энтеробиоз» из-за влияния паразитов *Enterobius vermicularis* (таблица 3).



Таблица 2

Выходы нейронной сети с соответствующими заболеваниями

№	Симптомы	Соответствующие выходы сети
1	Колит	N25
2	Жирдиаз	N26
3	Балантидиоз	N27
4	Аскаридоз	N28
5	Энтеробиоз	N29
6	Цистицеркоз	N30
7	Стронгилоидоз	N31
8	Криптоспориديоз	N32
9	Эхиностомоз	N33

После вывода входных и выходных параметров сети проводится обучение сети.

РЕЗУЛЬТАТЫ

После обучения и тестирования нейронной сети с использованием выбранных входных параметров можно рассмотреть возможность сети для

Таблица 3

Симптомы пациента

Входы нейронной сети	Симптомы
N1	Интенсивность инвазии
N2	Нарушения перистальтики кишечника
N5	Стресс
N9	Амёбная структура кишечника
N11	Повышенное газообразование
N15	Потеря аппетита
N16	Аллергия
N18	Спазм и болезненность толстого кишечника
N22	Бессонница

На рис. 1, 2 и 3 даны результаты прогнозирования сети по соответствующим симптомам.

№	N25	Прогноз сети	Ошибка	N26	Прогноз сети	Ошибка	N27	Прогноз сети	Ошибка
1	1	0,9054976	0,09450245	0	-0,09864485	0,09864485	0	0,09937802	-0,09937802
2	0	-0,09916443	0,09916443	1	0,9065911	0,09340888	0	0,09802103	-0,09802103
3	0	0,09224787	-0,09224787	0	0,09028092	-0,09028092	1	0,9058805	0,09411949
4	0	0,09410253	-0,09410253	0	0,09116364	-0,09116364	0	-0,0977577	0,0977577
5	0	0,09139407	-0,09139407	0	0,09442991	-0,09442991	0	-0,09432971	0,09432971
6	0	0,08547592	-0,08547592	0	0,09142867	-0,09142867	0	-0,06493849	0,06493849
7	0	0,09581333	-0,09581333	0	0,09182736	-0,09182736	0	-0,09730387	0,09730387
8	0	-0,09360528	0,09360528	0	-0,0929386	0,0929386	0	0,09324914	-0,09324914
9	0	0,09064072	-0,09064072	0	0,08434856	-0,08434856	0	-0,02641046	0,02641046
10		0,08963376			0,1104631			-0,111825	
		Правильно:	9 (100%)		Правильно:	9 (100%)		Правильно:	9 (100%)
		Неправильно:	0 (0%)		Неправильно:	0 (0%)		Неправильно:	0 (0%)
		Всего:	9		Всего:	9		Всего:	9
		Ср.ошибка:	0,09299406		Ср.ошибка:	0,09205237		Ср.ошибка:	0,08505643
		Макс.ошибка:	0,09916443		Макс.ошибка:	0,09864485		Макс.ошибка:	0,09937802

Рис. 1. Прогноз сети для выходов N25-N27



№	N28	Прогноз сети	Ошибка	N29	Прогноз сети	Ошибка	N30	Прогноз сети	Ошибка
1	0	0,09344602	-0,09344602	0	0,0925135	-0,0925135	0	0,09490025	-0,09490025
2	0	0,03497162	-0,03497162	0	0,05648446	-0,05648446	0	0,09930319	-0,09930319
3	0	-0,09095228	0,09095228	0	0,08263764	-0,08263764	0	0,01090771	-0,01090771
4	1	0,9196365	0,08036351	0	0,05327278	-0,05327278	0	-0,09202719	0,09202719
5	0	0,0143829	-0,0143829	1	0,9450069	0,05499309	0	-0,0783869	0,0783869
6	0	0,08602086	-0,08602086	0	0,04222867	-0,04222867	1	0,9099151	0,09008491
7	0	0,01971248	-0,01971248	0	-0,09407657	0,09407657	0	-0,09986526	0,09986526
8	0	0,08959022	-0,08959022	0	0,03864676	-0,03864676	0	0,02319735	-0,02319735
9	0	0,08467203	-0,08467203	0	-0,05847192	0,05847192	0	-0,08407497	0,08407497
10		0,04104167			0,9181265			-0,08186334	
		Правильно:	9 (100%)		Правильно:	9 (100%)		Правильно:	9 (100%)
		Неправильно:	0 (0%)		Неправильно:	0 (0%)		Неправильно:	0 (0%)
		Всего:	9		Всего:	9		Всего:	9
		Ср.ошибка:	0,06601243		Ср.ошибка:	0,06370282		Ср.ошибка:	0,07474975
		Макс.ошибка:	0,09344602		Макс.ошибка:	0,09407657		Макс.ошибка:	0,09986526

Рис. 2. Прогноз сети для выходов N28-N30

№	N31	Прогноз сети	Ошибка	N32	Прогноз сети	Ошибка	N33	Прогноз сети	Ошибка
1	0	0,08795309	-0,08795309	0	-0,09518129	0,09518129	0	0,09196231	-0,09196231
2	0	0,09350526	-0,09350526	0	-0,09076416	0,09076416	0	0,04720494	-0,04720494
3	0	-0,08714956	0,08714956	0	0,09191668	-0,09191668	0	0,06026587	-0,06026587
4	0	-0,09295678	0,09295678	0	0,05985516	-0,05985516	0	-0,0613662	0,0613662
5	0	-0,07158798	0,07158798	0	0,09467661	-0,09467661	0	-0,09070551	0,09070551
6	0	-0,08079088	0,08079088	0	0,08758733	-0,08758733	0	0,0726791	-0,0726791
7	1	0,9438573	0,05614275	0	0,09416613	-0,09416613	0	-0,03318572	0,03318572
8	0	0,07193917	-0,07193917	1	0,9065436	0,09345639	0	0,04501843	-0,04501843
9	0	0,07772183	-0,07772183	0	0,09204635	-0,09204635	1	0,9151728	0,08482718
10		-0,0736419			0,07828915			-0,05544555	
		Правильно:	9 (100%)		Правильно:	9 (100%)		Правильно:	9 (100%)
		Неправильно:	0 (0%)		Неправильно:	0 (0%)		Неправильно:	0 (0%)
		Всего:	9		Всего:	9		Всего:	9
		Ср.ошибка:	0,07997192		Ср.ошибка:	0,08885002		Ср.ошибка:	0,06524614
		Макс.ошибка:	0,09350526		Макс.ошибка:	0,09518129		Макс.ошибка:	0,09196231

Рис. 3. Прогноз сети для выходов N31-N33



ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 4 даны результаты нейронной сети для прогнозирования заболеваний по симптомам.



Таблица 4

Результаты нейронной сети

№	Заболевание	Соответствующие выходы сети	Прогноз сети
1	Колит	N25	0.08963376
2	Жиардиаз	N26	0.1104631
3	Балантидиоз	N27	-0.111825
4	Аскаридоз	N28	0.04104167
5	Энтеробиоз	N29	0.9181265
6	Цистицеркоз	N30	-0.08186334
7	Стронгилоидоз	N31	-0.0736419
8	Криптоспоридиоз	N32	0.07828915
9	Эхиностомоз	N33	0.05544555

Результат нейронной сети с большой точностью совпадает с результатами диагноза врача. Это дает возможность для использования нейронной технологии в процессе диагностирования и прогнозирования заболеваний ЖКТ.

Как было отмечено выше, нейронные сети дают возможность оптимизировать число входных параметров, и это даст возможность выявить наиболее весомые входные параметры в процессе лечения. Это можно определить как значимость входных параметров нейронной сети. Полученные оценки значимости входных параметров сети приведены на рис. 4.

Теперь сравним входные симптомы пациента и значимые параметры нейронной сети (таблица 5). Будем принимать минимальное значение значимых параметров от нейронной сети 0,5, так как максимальное значение равно 1.

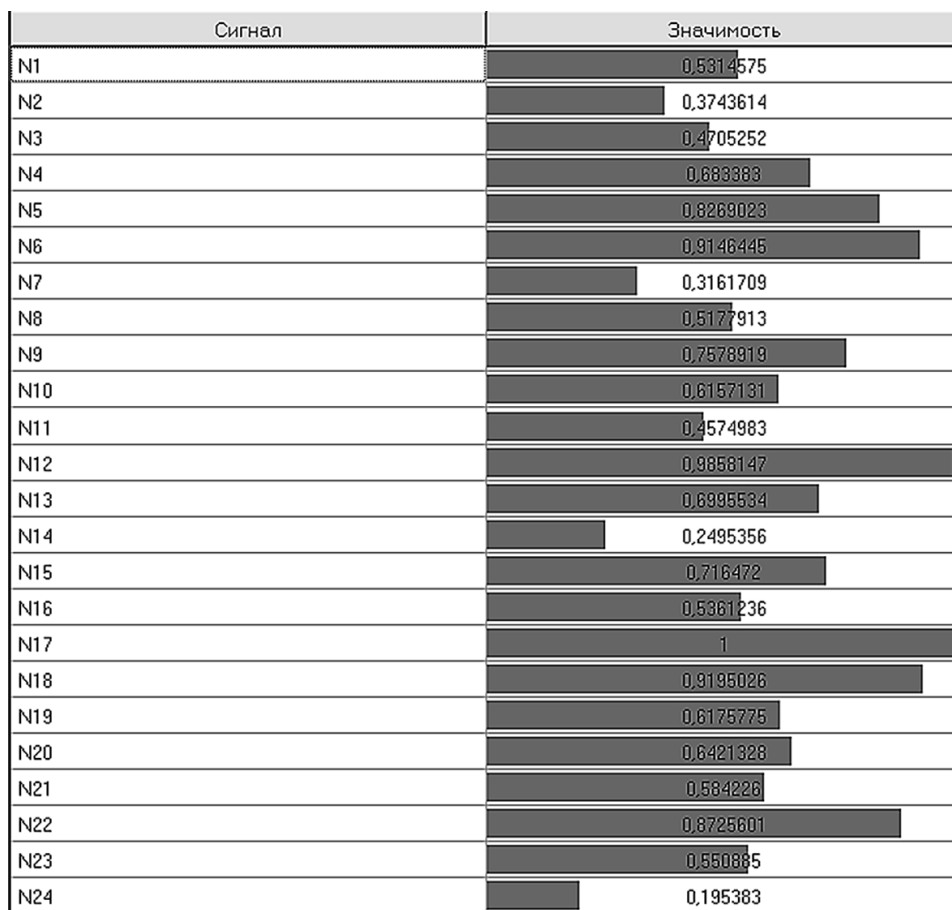


Рис. 4. Оценки значимости входных параметров



Сравнение входных симптомов пациента и значимые параметры нейронной сети

Симптомы, полученные от пациента	Симптомы	Значимые симптомы от нейронной сети
N1	Интенсивность инвазии	N1
N2	Нарушения перистальтики кишечника	
	Голодание	N4
N5	Стресс	N5
	Перфорация кишечника	N6
	Опухолевидное разрастание в стенке толстого кишечника	N8
N9	Амёбная стриктура кишечника	N9
	Боли, вздутие и урчание в животе	N10
N11	Повышенное газообразование	
	Рвота, тошнота	N12
N15	Потеря аппетита	N15
N16	Аллергия	N16
	Понос	N17
N18	Спазм и болезненность толстого кишечника	N18
	Лихорадка	N19
	Худоба	N20
	Раздражения брюшины	N21
N22	Бессонница	N22

Из таблицы 5 можно видеть, что нейронная сеть дает диагноз не только опираясь на симптомы, полученные от пациента. Она использует все возможные варианты, близкие и неведимые, но являющиеся симптомами данного заболевания. С другой стороны, симптомы, полученные от пациента, являются субъективными и не всегда полными, потому что обычно люди не воспринимают симптомы, которые их не тревожат, но являются важными для диагностирования.

ВЫВОДЫ

Высокая точность функционирования нейросетевых технологий свидетельствует о перспективности их применения для диагностики и прогнозирования заболеваний в различных областях

медицины, в том числе для дифференциальной диагностики паразитарных заболеваний желудочно-кишечного тракта.

Проведен сравнительный анализ результатов врачебного диагноза с результатами нейросетевого заключения по приведенным симптомам для конкретного пациента. Определены наиболее значимые входные параметры (симптомы) нейронной сети, что является очень важной информацией для врача с процессе лечения.

Таким образом, внедрение в клиническую практику нейронных сетей может оказать эффективную помощь в принятии врачебных решений, способствовать повышению точности диагностики заболеваний, поскольку используется широкий спектр симптомов болезней.

ЛИТЕРАТУРА



1. Козлов С.С., Турицин В.С., Ласкин А.В. Диагностика паразитозов. Мифы современности// Журнал Инфектологии. – 2011. – Т. 3. – № 1. – С. 64–68.
2. <https://www.looduspere.ee/ru/kishechye-parasity/>



3. Методы лабораторной диагностики паразитарных болезней. ВОЗ, Женева, 1994. – 134 с.
4. Медовый В.С. Информационные автоматизированные системы микроскопии для анализа биоматериалов//Врач и информационные технологии. – 2004. – № 6. – С. 32–37.
5. Асланова М.М., Кузнецова К.Ю., Морозов Е.Н. Эффективная лабораторная диагностика – основа мониторинга паразитарных болезней//Здоровье населения и среда обитания. – 2016. – № 1 (274). – С. 34–37.
6. Медовый В.С., Пятницкий А.М., Соколинский Б.З., Балуян Р.Ш. Современные возможности роботизированной микроскопии в автоматизации анализов и лабораторной телемедицине (аналитический обзор)//Клиническая лабораторная диагностика. – 2012. – № 10. – С. 32, 41–43.
7. Выучейская М.В., Крайнова И.Н., Грибанов А.В. Нейросетевые технологии в диагностике заболеваний (обзор)//Журнал медико-биологических исследований. – 2018. – Т. 6. – № 3. – С. 284–294.
8. Хайкин С. Нейронные сети: Полный курс. – М. – Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
9. Мионов П.И., Лутфарахманов И.И., Ишмухаметов И.Х., Тимербулатов В.М. Искусственные нейронные сети в прогнозировании развития сепсиса у больных тяжелым острым панкреатитом//Анналы хирургической гепатологии. – 2008. – Т. 13. – № 2. – С. 42–44.
10. Maclin P.S. Dempsey J. Using an Artificial Neural Network to Diagnose Hepatic Masses// Journal Medical Systems. – 1992. – V. 16. – № 5. – P. 215–225.
11. Kazmierczak S.C., Catron P.G., Van Lente F. Diagnostik Accuracy of Pancreatic Enzymes Evaluated by Use of Multivariate Data Analysis// Clinical Chemistry//1993. – V. 39. – № 9. – P. 1960–1965.
12. <https://www.looduspere.ee/ru/kishechnye-parasity/>
13. Диагностика паразитарных инфекций. <https://pendium.com/ru/chapter/B.33.V.28.4>
14. https://ru.wikipedia.org/wiki/список_паразитов_человека

Новости отрасли

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ПРОДОЛЖАЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАТЬ НОРМАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Министр здравоохранения Михаил Мурашко подписал приказ Минздрава Российской Федерации от 07.07.2020 № 686н «О внесении изменений в приложения № 1 и № 2 к приказу Министерства здравоохранения Российской Федерации от 6 июня 2012 г. № 4н «Об утверждении номенклатурной классификации медицинских изделий».

Документом в номенклатурную классификацию введен отдельный раздел, посвященный классификации программного обеспечения, являющегося медицинским изделием, в зависимости от потенциального риска его применения. Это позволит разработчикам программных медицинских изделий лучше определять класс риска в зависимости от предложенных критериев. Информационные системы, созданные с применением технологий искусственного интеллекта, отнесены к максимальному, 3-му классу риска.

Ссылка: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202008100015>