

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ОСТРОГО ПАНКРЕАТИТА

© 2014 Е.И. Новикова, Д.П. Штырлина, И.В. Панченко

Воронежский государственный технический университет

Статья посвящена применению современных компьютерных технологий, математических методов решения задач диагностики острого панкреатита, а также визуализации результатов обработки медицинской информации.

Ключевые слова: острый панкреатит, сеть Петри, нейронная сеть.

Одной из наиболее сложных проблем в неотложной хирургии является диагностика больных с острым панкреатитом. Острый панкреатит относится к числу наиболее частых хирургических заболеваний. На его долю приходится 5-10 % ургентной патологии органов брюшной полости.

Важными факторами, определяющими это обстоятельство, служит поздняя или ошибочная диагностика, недооценка тяжести состояния больных и, соответственно, неадекватный выбор необходимых консервативных и хирургических мероприятий. В структуре основных нозологических форм хирургических стационаров больные с острым панкреатитом традиционно занимают третье место после острого холецистита и острого аппендицита. По темпам роста заболеваемости острый панкреатит опережает все другие неотложные заболевания органов брюшной полости.

Таким образом, актуальность темы заклю-

чается в необходимости разработки методов интеллектуальной поддержки процесса диагностики острого панкреатита.

При разработке моделей и в дальнейшем информационно-программного обеспечения процесса диагностики острого панкреатита мы опирались на 2 клинические формы: тяжелой и нетяжелой формы ОП. Для чего использовалась выборка, состоящая из 71 истории болезни пациентов из них 22 - тяжелой формы, 33 - нетяжелой формы, 16 пациентов поступивших с подозрениями на острый панкреатит, но которым в дальнейшем был поставлен диагноз другой патологии.

На основании данных заболеваний и анализа методов исследования, была разработана сетевая имитационная модель диагностики острого панкреатита, которая представлена на рис. 1.

Функциональное назначение условия срабатывания переходов указаны в табл. 1.

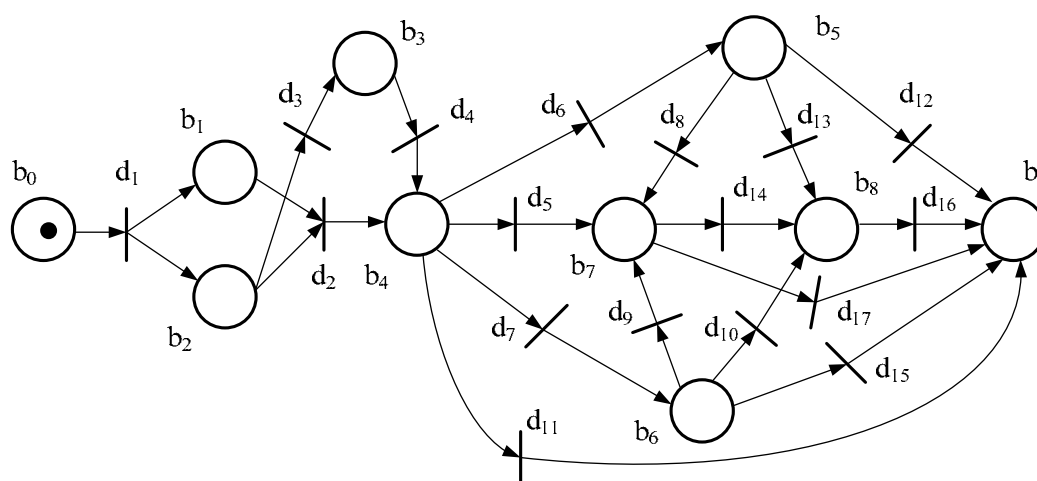


Рис. 1. Сетевая имитационная модель управления процессом диагностики острого панкреатита

Таблица 1

Функциональные значения условий переходов	
Наименование события	Функциональное значение позиции (события)
b_0	Начало процесса диагностики
b_1	Исследования клинических признаков заболевания острого панкреатита
b_2	Исследования лабораторных признаков заболевания
b_3	Обзорная рентгенография
b_4	Ультразвуковые исследования (УЗИ)
b_5	Фиброгастродуоденоскопия (ФГС)
b_6	Спиральная компьютерная томография (КТ)
b_7	Магниторезонансная томография (МРТ)
b_8	Лапароскопия
b_9	Анализ данных и постановка диагноза

Таблица 2

Сравнительная характеристика эффективности разработанных НС

№ сети	Правильно распознанные примеры в тестовой выборке		Правильно распознанные примеры в контрольной выборке		Число скрытых слоев	Кол-во удаленных входов (из 23)	Кол-во удаленных нейронов 1 скрытого слоя (из 12)	Кол-во удаленных нейронов 2 скрытого слоя (из 12)	Кол-во удаленных нейронов 3 скрытого слоя (из 12)	Кол-во удаленных синапсов	Прогноз сети, %
	Кол-во	%	Кол-во	%							
1	7	77,78	5	71,43	1	4	4	-	-	0 из 176	75,00
2	7	77,78	5	71,43	1	4	4	-	-	17 из 176	75,00
3	7	77,78	6	85,71	1	0	3	-	-	0 из 234	81,25
4	7	77,78	6	85,71	1	0	3	-	-	20 из 234	81,25
5	5	55,56	5	71,43	1	7	3	-	-	0 из 171	62,50
6	3	33,33	3	42,86	1	11	4	-	-	0 из 120	37,50
7	8	88,89	6	85,71	1	0	0	-	-	0 из 312	87,50
8	5	55,56	5	71,43	1	7	0	-	-	0 из 228	62,50
9	6	66,67	5	71,43	1	7	0	-	-	18 из 228	68,75
10	6	66,67	5	71,43	1	5	4	-	-	0 из 168	68,75
11	3	33,33	4	57,14	2	8	3	0	-	0 из 279	43,75
12	5	55,56	4	57,14	2	8	3	0	-	16 из 279	56,25
13	6	77,78	4	57,14	2	4	1	1	-	0 из 363	68,75
14	4	44,44	3	42,86	2	9	0	1	-	13 из 333	43,75
15	8	88,89	6	85,71	2	0	2	4	-	0 из 334	87,50
16	7	77,78	6	85,71	2	0	2	5	-	0 из 321	81,25
17	4	44,44	2	28,57	2	10	1	3	-	0 из 269	37,50
18	4	44,44	3	42,86	3	2	1	3	2	0 из 450	43,75
19	4	44,44	5	71,43	3	5	4	0	0	0 из 420	56,25
20	8	88,89	5	71,43	3	0	4	3	2	0 из 376	81,25
21	4	44,44	3	42,86	3	3	6	4	2	0 из 278	43,75
22	7	77,78	5	71,43	3	0	2	0	0	0 из 530	75
23	7	77,78	6	85,71	3	0	0	2	3	0 из 313	81,25
24	6	66,67	6	85,71	3	0	0	2	3	20 из 513	75,00
25	4	44,44	4	57,14	3	3	6	4	2	18 из 278	50,00

Разработанная сеть Петри безопасна, так как она 1 – ограничена, достижима, все переходы активны (потенциально запускаемые), покрываема и устойчива.

Сеть Петри позволяет отслеживать состояние диагностики пациента с подозрением на острый панкреатит и генерировать варианты управления процессом диагностики посредством

вом имитации.

Для построения нейронных сетей для диагностики острого панкреатита тяжелой, нетяжелой формы и другой патологии, был построен ансамбль нейросетей, состоящий из 25 моделей. Для построения использовался пакет STATISTICA 10 и алгоритм обучения с обратным распознаванием ошибки. Сети обучались

на 55 примерах, 9 примеров было выделено в качестве тестовых, из них 3 – острый панкреатит тяжелой формы, 4 – острый панкреатит нетяжелой формы, 2 – другая патология, и 7 в качестве контрольных, из них 2 – острый панкреатит тяжелой формы, 3 – острый панкреатит нетяжелой формы, 2 – другая патология.

Входами сетей являются вектора классификационных признаков заболеваний острого панкреатита: x_1 – алкогольный анамнез, x_2 – интенсивные опоясывающие боли, x_3 – многократная рвота, x_4 – симптом Мэйо-Робсона, x_5 – симптом Карте, x_6 – симптом Бонде, x_7 – цианоз кожи, x_8 – тахикардия/артериальная гипотензия, x_9 – эритематозные кожные узелки, x_{10} – содержание Са, x_{11} – активность амилазы в крови, x_{12} – содержание лейкоцитов, x_{13} – активность амилазы в моче, x_{14} – повышение билирубина, x_{15} – нечеткие контуры, x_{16} – наличие свободной жидкости в брюшной полости, x_{17} – отек панкреатических тканей, x_{18} – x_{20} – размеры поджелудочной железы (тело, головка, хвост соответственно), x_{21} – эхогенность в норме, x_{22} – эхогенность повышена, x_{23} – эхогенность понижена.

Входами сетей являются вектора классификационных признаков острого панкреатита. Все сети имеют 3 выхода, соответствующих каждому из присутствующих в обучающей выборке классов заболеваний.

Сравнительная характеристика эффективности разработанных НС представлена в табл. 2. Из представленных результатов видно, что наилучшей является НС 7 и 15, т.к. обладают наибольшей достоверностью постановки диагноза 87,5 %.

Результаты тестирования тестовой и контрольной группы рассматриваемых заболеваний НС 7 и 15 представлены в табл. 3.

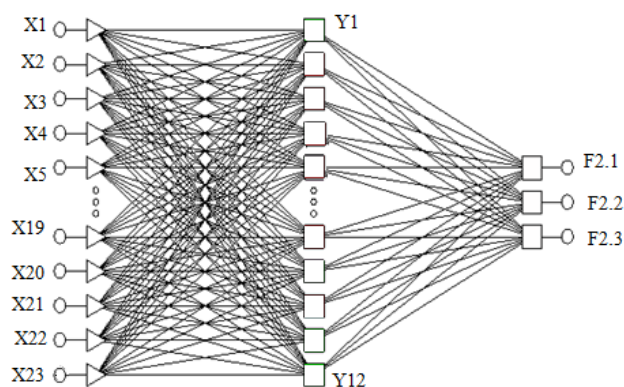
Архитектуры выбранных нейронных сетей представлены на рис. 2, где X_1 – X_{23} – клинические, лабораторные и УЗИ признаки (описаны выше), Y_i – нейроны 1 скрытого слоя, Z_j – нейроны 2 скрытого слоя, F1.1, F2.1 – острый панкреатит тяжелой формы; F1.2, F2.2 – острый панкреатит нетяжелой формы; F1.3, F2.3 – пациент болен другой патологией.

Архитектуры выбранных НС представлены на рис. 2. Сети имеют 3 выхода соответствующие рассматриваемым заболеваниям, в НС 7 один скрытый слой, который состоит из 12 нейронов, в НС 15 два скрытых слоя, состоящие из 10 и 8 нейронов соответственно. Обучение сетей выполнялось с использованием линейной функции активации на входном слое, сигмоидальной (гиперболического тангенса) функции на скрытом и логистической функции на выходном слое.

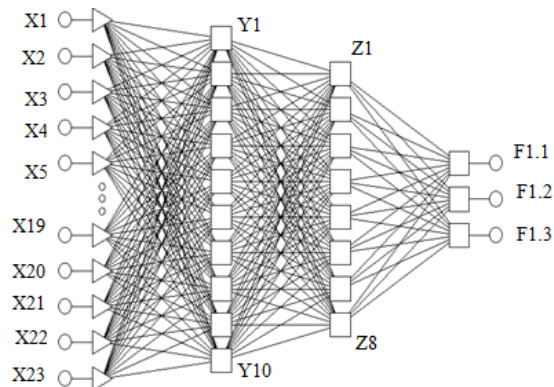
Таблица 3

Прогнозирование заболеваний острого панкреатита по модели многослойного персептрона

Нейронная сеть	Выходы	Кол-во примеров в тестовом множестве	Распознанных примеров в тестовом множестве		Кол-во примеров в контрольном множестве	Распознанных примеров в контрольном множестве	
			Кол-во	%		Кол-во	%
НС№7	F1.1	3	2	66,67	2	2	100,00
	F1.2	4	4	100,00	3	3	100,00
	F1.3	2	2	100,00	2	1	50,00
НС№15	F2.1	3	3	100,00	2	2	100,00
	F2.2	4	3	75,00	3	2	66,67
	F2.3	2	2	100,00	2	2	100,00



а)



б)

Рис. 2. Архитектура нейронной сети: а) №7, б) №15

Фрагмент математической модели НС №7:
Скрытый слой:

$$Y_{1.1}=0,413*x_1-0,892*x_2+0,391*x_3-1,176*x_4+ \\ +0,978*x_5+0,281*x_6+0,031*x_7+1,118*x_8+ \\ +0,217*x_9-1,207*x_{10}-0,105*x_{11}+1,211*x_{12}+ \\ +0,279*x_{13}+0,153*x_{14}-0,081*x_{15}-1,133*x_{16}+ \\ +0,144*x_{17}+0,554*x_{18}-0,649*x_{19}+0,176*x_{20}- \\ -0,079*x_{21}-1,252*x_{22}-0,451*x_{23}-0,015;$$

$$Y_{2.12}=0,087*x_1+0,268*x_2+0,023*x_3-0,847*x_4- \\ -1,731*x_5-0,190*x_6+0,324*x_7-0,040*x_8- \\ -0,779*x_9+0,373*x_{10}-0,653*x_{11}-0,237*x_{12}+ \\ +0,258*x_{11}+0,113*x_{14}-0,573*x_{15}+0,623*x_{16}+ \\ +0,655*x_{17}+0,062*x_{18}-0,990*x_{19}+0,615*x_{20}+ \\ +1,028*x_{21}+0,175*x_{22}-0,602*x_{23}-0,115;$$

Выходной слой:

$$F_{1.1}=0,293*Y_{1.1}+1,508*Y_{1.2}+0,645*Y_{1.3}- \\ -4,774*Y_{1.4}-0,190*Y_{1.5}+0,784*Y_{1.6}+0,489*Y_{1.7} \\ -0,968*Y_{1.8}-0,970*Y_{1.9}+0,450*Y_{1.10}- \\ -2,019*Y_{1.11}+0,026*Y_{1.12}+0,118;$$

$$F_{1.2}=1,315*Y_{1.1}-0,197*Y_{1.2}+1,488*Y_{1.3}- \\ -4,907*Y_{1.4}-1,802*Y_{1.5}-0,809*Y_{1.6}+1,19*Y_{1.7}- \\ -2,126*Y_{1.8}+0,499*Y_{1.9}-6,161*Y_{1.10}- \\ -3,247*Y_{1.11}-0,322*Y_{1.12}+2,813;$$

$$F_{1.3}=-1,161*Y_{1.1}+0,673*Y_{1.2}+1,345*Y_{1.3}- \\ -1,522*Y_{1.4}-0,461*Y_{1.5}+2,217*Y_{1.6}-0,227*Y_{1.7}+ \\ +1,372*Y_{1.8}-0,109*Y_{1.9}+6,520*Y_{1.10}- \\ -0,195*Y_{1.11}+1,403*Y_{1.12}+0,494;$$

Фрагмент математической модели НС №15:
Скрытый слой 1:

$$Y_{2.1}=0,253*x_1+0,984*x_2-0,535*x_3-0,368*x_4+ \\ +0,572*x_5-0,589*x_6+1,030*x_7-0,761*x_8+ \\ +0,261*x_9-0,083*x_{10}+0,085*x_{11}+0,114*x_{12}- \\ -0,928*x_{13}+0,860*x_{14}+0,824*x_{15}-0,909*x_{16}- \\ -0,696*x_{17}+0,638*x_{18}-0,432*x_{19}+0,377*x_{20}+ \\ +0,187*x_{21}+0,789*x_{22}+0,671*x_{23}-0,319;$$

$$Y_{2.10}=-0,706*x_1-0,145*x_2+0,737*x_3+0,649*x_4+ \\ +0,589*x_5+0,494*x_6+0,897*x_7-0,818*x_8+ \\ +0,552*x_9+0,433*x_{10}+0,870*x_{11}-0,640*x_{12}+ \\ +0,349*x_{13}+0,879*x_{14}+0,386*x_{15}+0,324*x_{16}+ \\ +0,378*x_{17}-0,061*x_{18}-0,592*x_{19}-0,269*x_{20}- \\ -0,135*x_{21}-0,202*x_{22}+0,095*x_{23}-1,323;$$

Скрытый слой 2:

$$Z_{2.1}=-1,022*Y_1+1,348*Y_2-1,271*Y_3+1,668*Y_4- \\ -0,667*Y_5-0,023*Y_6+0,876*Y_7+1,215*Y_8+ \\ +0,498*Y_9-0,438*Y_{10}+0,278;$$

$$Z_{2.8}=-0,625*Y_1+0,012*Y_2-1,193*Y_3+ \\ +1,539*Y_4+0,121*Y_5+0,895*Y_6-0,158*Y_7- \\ -0,639*Y_8+0,145*Y_9+0,184*Y_{10}+0,713;$$

Выходной слой:

$$F_{2.1}=-3,475*Z_{2.1}-0,445*Z_{2.2}+0,415*Z_{2.3}+ \\ +2,994*Z_{2.4}+0,442*Z_{2.5}+0,359*Z_{2.6}- \\ -0,712*Z_{2.7}-0,631*Z_{2.8}+0,487;$$

$$F_{2.2}=-1,774*Z_{2.1}+1,054*Z_{2.2}-2,476*Z_{2.3}+ \\ +3,293*Z_{2.4}-1,252*Z_{2.5}-2,034*Z_{2.6}- \\ -3,083*Z_{2.7}-2,462*Z_{2.8}+1,524;$$

$$F_{2.3}=-0,829*Z_{2.1}+0,616*Z_{2.2}+3,671*Z_{2.3}+ \\ +0,477*Z_{2.4}+1,993*Z_{2.5}-0,614*Z_{2.6}+ \\ +3,372*Z_{2.7}-0,184*Z_{2.8}+1,219;$$

где $F_{1.1}$, $F_{2.1}$ – тяжёлая форма острого панкреатита, $F_{1.2}$, $F_{2.2}$ – нетяжёлая форма острого панкреатита, $F_{1.3}$, $F_{2.3}$ – другая патология.

Разработанные нейросети позволяют достаточно точно прогнозировать новые наблюдения. Они использовались для разработки информационно-программного обеспечения для диагностики острого панкреатита.

Структурная схема информационно-программного обеспечения представлена на рис. 3.

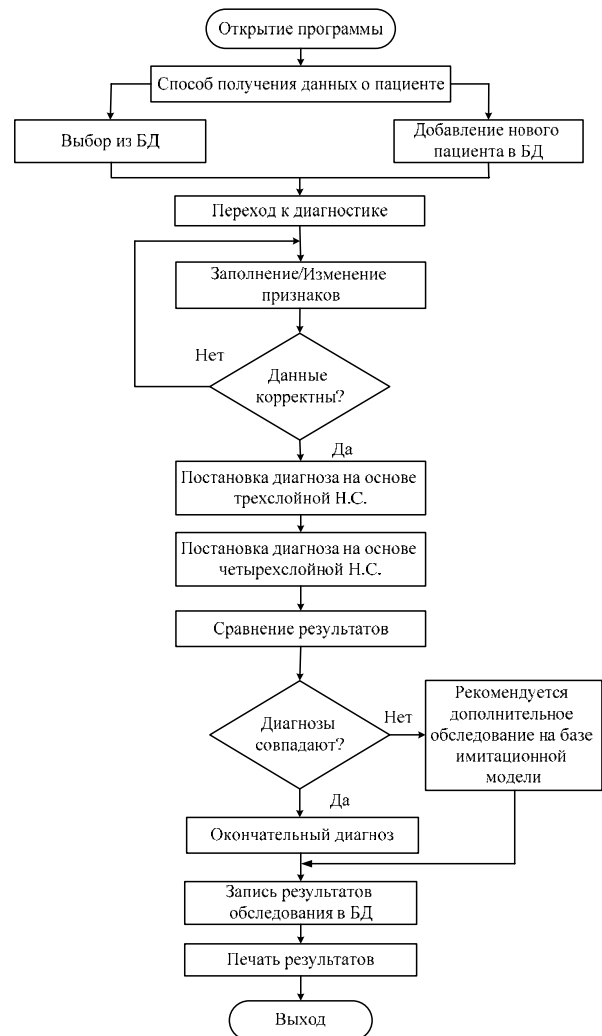


Рис. 3. Структурная схема системы диагностики острого панкреатита

Разработанное информационно-программное обеспечение подсистемы диагностики острого панкреатита предназначено для использования в диспансерах, больницах, поликлиниках и диагностических центрах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новикова Е.И. Алгоритмизация и управление процессом диагностики гинекологических заболеваний на основе многовариантного моделирования / Е.И. Новикова, О.В. Родионов // монография. Воронеж: ВГТУ, 2012. 132 с.
2. Новикова Е.И. Моделирование биомедицинских систем / Е.И. Новикова, О.В. Родионов, Е.Н. Коровин // учебное пособие, Воронеж: ВГТУ, 2008. – 196 с.
3. Коровин Е.Н., Родионов О.В. Методы обработки биомедицинских данных. Воронеж: ВГТУ, 2007. 152 с.

DEVELOPMENT OF MODELS AND ALGORITHMS, PROVIDING IMPROVE THE EFFECTIVENESS OF DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF ACUTE PANCREATITIS

E.I. Novikova, D.P. Shtyrilin, I.V. Panchenko

Voronezh State Technical University

The article is devoted to application of modern computer technology, mathematical methods for solving problems of diagnosis of acute pancreatitis, as well as visualization of results of processing of medical information.

Key words: acute pancreatitis, petri net, neural network.