

УДК 004.89:004.4

© 2008 г. **Н.С. Безруков**, канд. техн. наук
(Амурский государственный университет, Благовещенск),
Л.З. Гостева,
(Амурская государственная медицинская академия, Благовещенск),
Л.Г. Манаков, д-р мед. наук
(Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания СО РАМН,
Благовещенск)

ПОДСИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФЕТОИНФАНТИЛЬНЫХ ПОТЕРЬ

В работе предлагается структура системы поддержки принятия решения для прогнозирования фетоинфантильных потерь по факторам риска. При прогнозировании используются параметры, значимость которых подтверждена статистическими критериями. На основе значимых параметров строятся подсистемы прогнозирования в пакете «Medical Toolbox».

Введение

Прогнозирование возникновения того или иного критического состояния биологической системы, наступление которого имеет низкую предтестовую априорную вероятность, является важной задачей [1], в частности, когда интерпретации подлежат показатели из различных областей функционирования, позволяющие в совокупности улучшить качество прогноза. При решении подобных задач общепризнанным является использование аппарата математической статистики, так как состоятельность исследований и их результатов приобретает особую актуальность в связи с повсеместным распространением и принятием концепции «медицины, основанной на доказательствах» [2], которая предполагает, что к широкому применению в медицинской практике должны рекомендоваться те методы прогнозирования, диагностики и лечения заболеваний, эффективность и безопасность которых подтверждена в исследованиях, выполненных на основе единых методологических принципов. Однако статистика из-за присущих ей ограничений не всегда способна решить стоящие перед ней задачи, тогда как на данный момент разработано большое количество вычислительных подходов, не имеющих таких ограничений, к числу их относятся интеллектуальные системы.

Одно из направлений применения интеллектуальных систем в медицине – создание на их основе систем поддержки принятия решений (СППР) для прогнозирования или диагностики заболеваний. Известно [3], что такие системы могут существенно ускорять и упрощать работу врача, помочь ему избежать собствен-

ных ошибок и правильно интерпретировать прогностические признаки. Однако поскольку СППР не может нести ответственность за полученное с ее помощью решение (вся ответственность за прогноз ложится на врача), то считается, что система выступает только в качестве консультанта. Следовательно, при ее использовании возникает проблема доверия врача к результату работы СППР [4]. Таким образом, важным условием создания СППР является понятность методов ее построения для врача. Этому можно добиться, используя различные статистические критерии, которые подтверждают либо опровергают выдвинутые врачом гипотезы.

В работе предлагается архитектура СППР для прогнозирования фетоинфантильных потерь с помощью медико-биологических, социально-гигиенических и медико-организационных показателей. СППР разрабатывается в пакете «Medical Toolbox», который предложен в работе [5] при помощи статистических критериев и аппарата нейро-нечетких сетей. Система состоит из двух подсистем, признаки для которых выбираются медиком-экспертом при помощи статистических критериев. Подсистемы работают независимо друг от друга.

Фетоинфантильные потери

Сохранение каждой человеческой жизни является приоритетной задачей государства, а в связи с крайне неблагоприятной демографической ситуацией особую значимость приобретает сохранение не только каждой состоявшейся, но и каждой потенциальной жизни, что определяет необходимость более комплексного и широкого подхода к решению задач снижения детской смертности. В связи с этим необходимо ставить вопрос о снижении уровня фетоинфантильных потерь (ФИП) [5].

Изучение вопросов, связанных с ранней детской смертностью в региональном аспекте, занимает одно из главнейших мест в современном здравоохранении. Однако выяснение основных причин, которые обуславливают региональные особенности плодово-младенческих потерь – задача, без решения которой невозможно выработать эффективные адекватные мероприятия по снижению смертности в этом возрастном промежутке.

Различают четыре периода фетоинфантильных потерь, которые определяются продолжительностью жизни младенца: мертворожденные плоды, младенцы, умершие в ранний неонатальный период (от 0 до 6 дней), умершие в поздний неонатальный период (7 – 28 дней) и умершие в постнеонатальный период (с 28 дня до 1 года).

Медицинское исследование

Исследование осуществлялось в Амурской медицинской академии на кафедре общественного здоровья и здравоохранения. В качестве объекта исследования определены плодово-младенческие потери на территории Амурской области за период 2002-2006 гг. Базой исследования явились учреждения родовспоможения и детства, органы управления здравоохранением, расположенные на территории области.

Исследование проводилось по методике изучения фетоинфантильных потерь Т.Е. Котовой (2004) в Новгородской области [5].

Для сбора информации была использована выкопировка данных из индивидуальной карты беременной и родильницы (ф. 111/у), обменной карты родильного дома (ф. 113/у), истории родов (ф. 096/у), истории развития новорожденного (ф. 097/у), медицинской карты стационарного больного (ф. 033/у), истории развития ребенка (ф. 112/у), врачебного свидетельства о перинатальной смертности (ф. 106-2/у-98), протокола патологоанатомического исследования (ф. 013/у) в специально разработанные карты: «Карта экспертной оценки случая фетоинфантильных потерь» и «Карта медико-социального исследования случая фетоинфантильных потерь». Описание полученной базы примеров приведено в табл. 1.

Таблица 1

Кол-во признаков	Название файла в базе	Кол-во данных	Описание файла
57	KindrDeed1.mat	204	мертвоорожденные плоды
	KindrDeed2.mat	292	младенцы, умершие в ранний неонатальный период
	KindrDeed3.mat	94	младенцы, умершие в поздний неонатальный период
	KindrDeed4.mat	137	младенцы, умершие в постнеонатальный период

В ходе исследования было выявлено влияние различных факторов на уровень и структуру фетоинфантильных потерь. Последующая рандомизация позволила распределить факторы риска фетоинфантильных потерь на три группы. Во-первых, медико-биологические факторы, подразделяемые на материнские (возраст матери, порядковый номер родов, неблагоприятное течение беременности, осложнения в родах, наличие социально-значимых заболеваний и пр.) и детские (гестационный возраст и масса тела при рождении, продолжительность грудного вскармливания, наличие патологии периода новорожденности и пр.). Во-вторых, социально-гигиенические факторы риска, которые определяются социальным статусом семьи (образование, наличие брака, многодетность, санитарная грамотность и медицинская активность и пр.), социально-бытовыми условиями жизни (жилищно-бытовые условия, качество питания и пр.), образом жизни семьи (наличие вредных привычек, аморальное поведение, неблагоприятный психологический климат в семье, несоблюдение режима дня в семье и пр.), а также другими социальными факторами риска смерти детей от внешних причин (отравления, убийства и пр.). В-третьих, медико-организационные факторы риска, возникающие со стороны семьи, со стороны медицинских работников (наличие дородовых патронажей, регулярность наблюдения, своевременность взятия на учет, выполнение стандартов обследования и лечения и пр.) и со стороны межведомственных групп по оказанию медицинской и социальной поддержки семье (медико-социальное патронирование, мероприятия по социальной поддержке и социальной защите ребенка).

По результатам исследования была создана база, которую затем ввели в пакет «Medical Toolbox» (рис. 1), предложенный в работе [6].

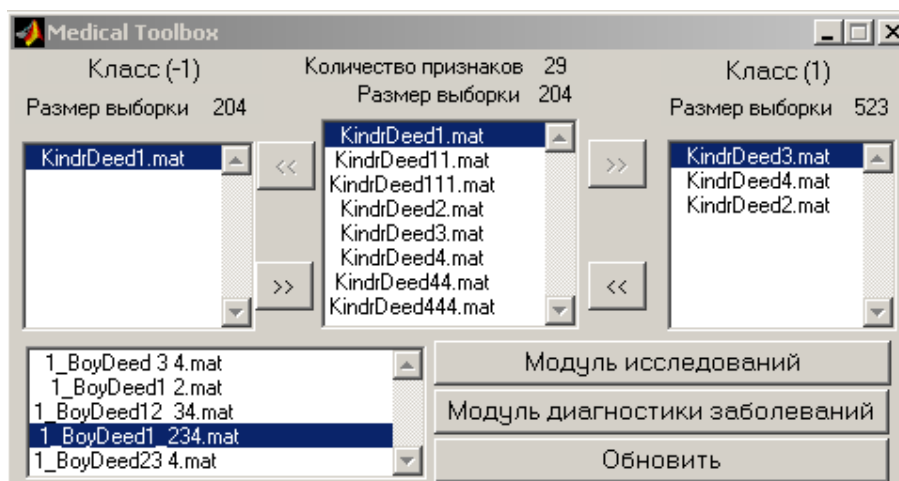


Рис.1. Экранная форма программы «Medical Toolbox».

Программа работает в двух режимах – основном и обеспечивающем. В основном режиме запускаются ранее созданные подсистемы, при помощи которых решается прикладная задача (прогноза). В обеспечивающем режиме производится статистический анализ имеющихся данных и разрабатывается подсистема, которая затем используется в основном режиме.

СППР для прогнозирования фетоинфантильных потерь

Задача медицинского прогнозирования, в частности, состоит в определении состояния биологического объекта в будущем на основе знаний предметной области и данных его обследования, к которым относят значения признаков (в моменты их наблюдения), значения анатомо-физиологических особенностей (постоянные во времени) и значения произошедших событий (в моменты, когда они происходили).

В связи с тем, что знания врача учитывают большое число связей между процессами, происходящими как в рамках биологического объекта, так и за его пределами, ожидается, что алгоритм для решения сформулированной выше задачи медицинского прогнозирования, анализирующий все эти связи, будет иметь сложную структуру. Одним из путей повышения эффективности такого алгоритма является его распараллеливание.

В работе [4] на диагностическую систему предложено накладывать следующее ограничение: диагноз пациента может включать не более одного заболевания (пациент болен одним заболеванием (1) или здоров (-1)). При таком подходе, с учетом имеющейся базы примеров, предлагается СППР для прогнозирования ФИП, которая состоит из двух подсистем (рис. 2). Первая подсистема прогнозирует исход родов – будет ли плод при рождении живым или нет, а вторая – возможный период смерти младенца. Естественно, что использовать вторую подсистему необходимо только при условии, что плод родился живым.

При решении задачи прогнозирования врач, пользуясь различными признаками, способен определить состояние биологической системы в будущем. Так, по заболеваниям матери, перенесенным в прошлом и в момент беременности, а также по параметрам плода врач способен оценить осложнения при родах, тем са-

мым подготовиться к ним и спрогнозировать возможные заболевания у родившегося ребенка в будущем. Причем при решении каждой из задач он выделяет (на основе своих знаний) основные и вспомогательные признаки. Поскольку выбор признаков врачом субъективен, то в медицинских исследованиях принято использовать аппарат математической статистики для подтверждения выдвигаемых гипотез [2].

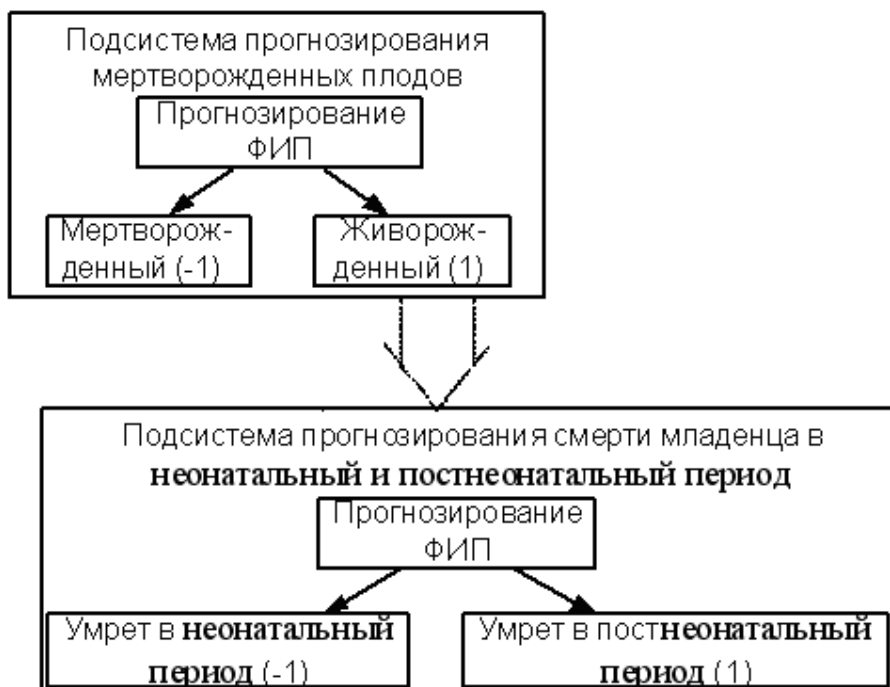


Рис. 2. СППР для прогнозирования ФИП.

Для этих целей в пакете «Medical Toolbox» предлагается воспользоваться тремя статистическими критериями: критерий Стьюдента – параметрический критерий, для проверки гипотезы о средних значениях двух случайных наблюдений с нормальным распределением; критерий Вилкоксона – один из самых известных инструментов непараметрической статистики, являющийся альтернативой критерия Стьюдента для двух независимых наблюдений; критерий Хи-квадрат – непараметрический критерий для проверки гипотезы о принадлежности распределения к заданному типу.

В пакете также имеется алгоритм синтеза системы прогнозирования [7], использующий математический аппарат адаптивных нейро-нечетких сетей (ANFIS). Данная сеть представляет собой синтез нечеткой логики и нейронных сетей и способна принимать решение, основываясь на выявляемых скрытых закономерностях в многомерных данных. Отличительное ее свойство состоит в том, что она не программируется, а так же, как и нейронная сеть, обучается делать правильные выводы на примерах.

При построении подсистемы прогнозирования мертворожденных плодов выборка разбивается на два класса: класс (-1) мертворожденные плоды и класс (1) живорожденные плоды. Используя статистические критерии, врач выбирает наиболее значимые признаки: наличие вредных привычек, включая курение,

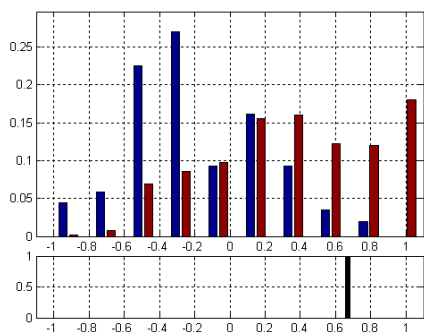
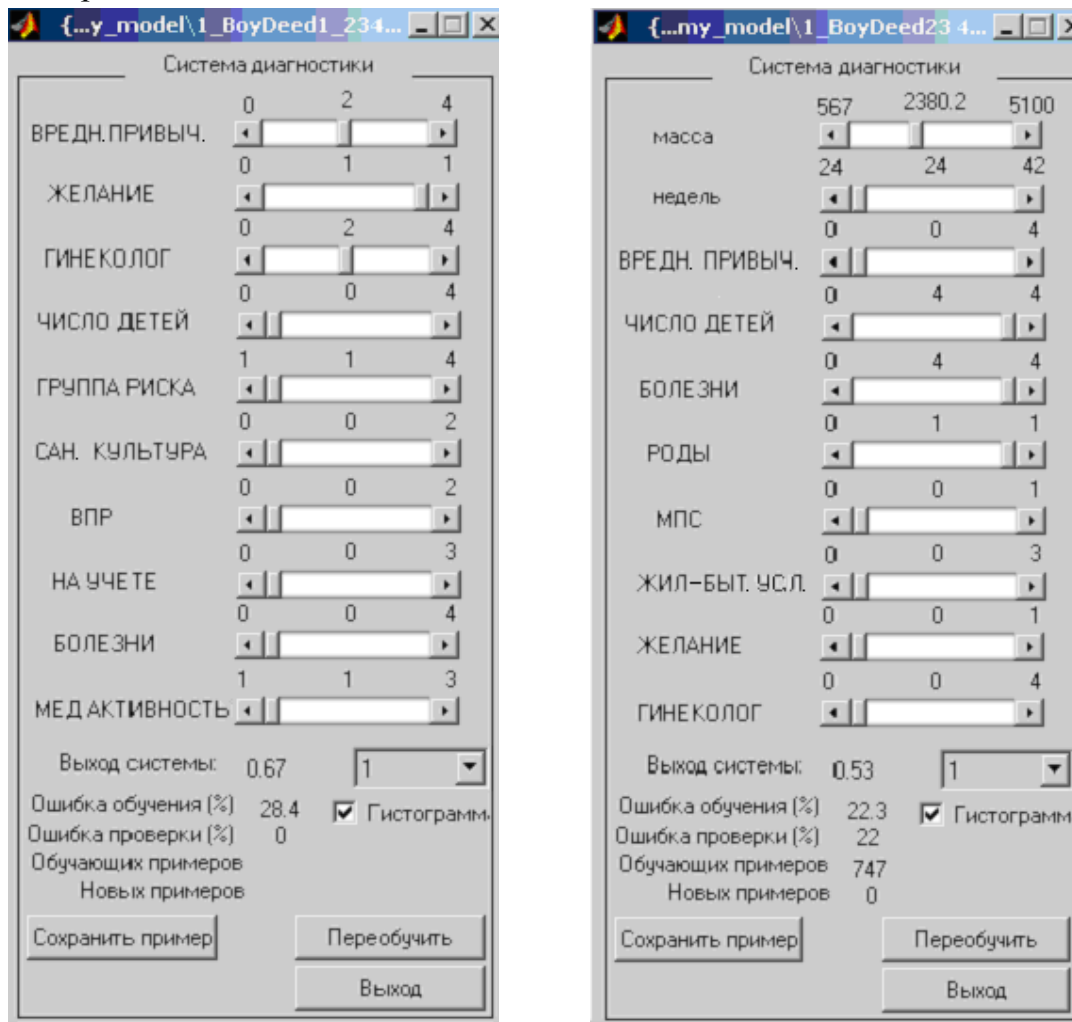
злоупотребление алкоголем, токсикоманию, наркоманию; желание матери иметь ребенка; количество посещений гинеколога; число детей в семье; группа риска; санитарная культура в семье; пренатальная УЗИ-диагностика врожденного порока развития (ВПР) во время беременности; своевременность взятия беременной на учет врача; инфекционные болезни в анамнезе матери (туберкулез, сифилис, гонорея и трихомониаз); медицинская активность семьи. Затем на основе этих признаков в программе создается подсистема прогнозирования (BoyDeed1_234). Используемые признаки и ошибка обучения подсистемы представлены в табл. 2.

Таблица 2

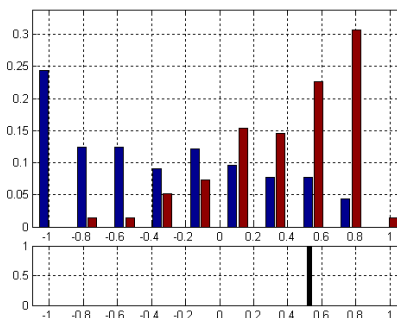
№ под-сист.	Файл с системой прогнозирования	Файлы		Размер обучающей выборки	Ошибка обучения	Признаки	χ^2
		Класс(-1)	Класс(1)				
1.	Boy-Deed1_234	KindrDeed1	KindrDeed2; KindrDeed3; KindrDeed4	727	28,4%	Вредные привычки	p<0,001
						Желание иметь ребенка	p<0,001
						Кол-во посещен. гинеколога	p<0,001
						Число детей в семье	p<0,001
						Группа риска	p<0,001
						Санитарн. культура семьи	p<0,001
						УЗИ-диагностика ВПР	p<0,001
						Взятия на учет	p<0,001
						Инфекционные болезни	p<0,001
						Медактивность семьи	p<0,001
2.	Boy-Deed23_4	KindrDeed2; KindrDeed3	KindrDeed4	523	22,3%	Масса тела при рождении	p<0,001
						Недель гестации при рожд.	p<0,001
						Вредные привычки	p<0,001
						Число детей в семье	p<0,001
						Инфекционные болезни	p<0,001
						Характер родов	p<0,001
						Забол.мочеполовой системы	p<0,001
						Бытовые условия жизни	p<0,001
Желание иметь ребенка	p<0,001						
Кол-во посещен. гинеколога	p<0,001						

При построении подсистемы прогнозирования смерти младенца в неонатальный и постнеонатальный периоды выборка разбивается на два класса: класс (-1) – младенцы умерли в неонатальный период; класс (1) – младенцы умерли в постнеонатальный период. С помощью статистических критериев врач выбирает наиболее значимые признаки: курение, злоупотребление алкоголем, токсикомания, наркомания; число детей в семье, включая данного ребенка; инфекционные болезни в анамнезе матери, включающие туберкулез, сифилис, гонорею и трихомониаз; характер родоразрешения (естественные или «кесарево сечение»); наличие заболеваний мочеполовой системы; жилищно-бытовые условия жизни (плохие, удовлетворительные или хорошие); желание матери иметь ребенка; количество посещений гинеколога. Затем на основе этих признаков в программе создается подсистема прогнозирования (BoyDeed23_4).

Интерфейс созданных в программе подсистем прогнозирования ФИП изображен на рис. 3, где а – подсистема прогнозирования мертворожденных плодов; б – подсистема прогнозирования смерти младенца в неонатальный и постнеонатальный периоды.



а)



б)

Рис 3. Подсистемы прогнозирования ФИП.

Из-за того, что четкий выход подсистем сотрет всю нечеткость оценки прогноза, принятую в медицине, в работе предлагается использовать расплывчатый (мягкий) выход системы. Так, к примеру, для первой подсистемы (рис. 3а) выход будет в диапазоне от -1 (мертворожденный) до 1 (проживет в течение года). Врач

при помощи графического отображения может более гибко интерпретировать результат работы системы. В данном случае врачу следует с недоверием относиться к диапазону от $-0,1$ до $0,4$, где образуется наибольшее количество ошибочных прогнозов. Присвоение данному диапазону прогноза «неизвестное состояние плода» позволяет уменьшить ошибку подсистемы с $28,4\%$ до 8% .

Заключение

В работе построена система поддержки принятия решения для прогнозирования периода смерти плодов и младенцев по медико-социальным факторам риска, значимость которых подтверждена статистическим критерием Хи-квадрат. Система состоит из двух блоков: подсистемы прогнозирования мертворожденных плодов и подсистемы прогнозирования смерти младенца в неонатальный и постнеонатальный периоды. Основным элементом подсистем является каскадная нейро-нечеткая сеть.

Систему рекомендуется использовать для случаев отнесения плода или младенца врачом к группе риска, что позволяет специалистам здравоохранения оптимизировать систему профилактических мероприятий, направленных на сохранения жизни новорожденных детей в неонатальном и постнеонатальном периодах, в формировании репродуктивного здоровья населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Клинаев Ю.В., Монахова О.А.* Роль вейвлетного анализа в прогностической значимости традиционной функциональной диагностики // Тр. междунар. конф. «Математические методы в технике и технологиях» (ММТТ-21). – Саратов. – Т. 9. – С.27-28.
2. Основы эпидемиологии и статистического анализа в общественном здоровье и управлении здравоохранением. Московская медицинская академия им. И.М.Сеченова. Учебное пособие для ординаторов и аспирантов. – М.: 2003, <http://www.publichealth.ru/docs/statistika.pdf>
3. *Горбань А.Н., Дунин-Барковский В.Л., Курдин А.Н. и др.* Нейроинформатика. – Новосибирск: Наука, 1998. <http://neuroschool.narod.ru/books/neurinf.html>
4. *Москаленко Ф.М.* Задача медицинской диагностики и алгоритм ее решения, допускающий распараллеливание // Информатика и системы управления. – 2005. – №2(10). – С.52-63.
5. *Котова Т.Е.*, Медико-социальное исследование фетоинфантильных потерь и пути их снижения: автореф. ... дис. канд. мед. наук. – Великий Новгород, 2004.
6. *Безруков Н.С., Еремин Е.Л., Ермакова Е.В., Колосов В.П., Перельман Ю.М.* Автоматизированная система «Medical Toolbox» для диагностики бронхиальной астмы по показателям реоэнцефалографии // Информатика и системы управления. – 2006. – №1(11). – С.73-80.
7. *Безруков Н.С., Еремин Е.Л.* Построение и моделирование адаптивной нейро-нечеткой системы в задачах медицинской диагностики // Информатика и системы управления. – 2005. – №2(10). – С. 36-46.

Статья представлена к публикации членом редколлегии Е.А. Ереминым.