

Information technology Applications

APLIKÁCIE informačných technológií

4 2013

Information technology Applications / aplikácie informačných technológií 4-2013



INDUCTOR ENERGY

DC 1 0 DC 90

L 1 2 200MH IC=0

S 2 0 5 0 SMOD

D 2 3 DMOD

R 3 1 20

VCONTROL 5 0 PULSE

TRAN 1M 100MS 0 .1M UIC

ROBE

ODEL SMOD VSWITCH(RON = .001)

ODEL DMOD D

ND



www.eurokodex.sk

voltage-controlled switch

control for switch
ceiling time of 0.1 ms
gives smooth traces

switch model, on
resistance set to .001
diode model

FOURIER COMPONENTS OF TRANSIENT RESPONSE I(t)					
NO	(HZ)	COMPONENT	NORMALIZED	PHASE	NORMALIZED
1	5.000E+01	1.213E+01	1.000E+00	1.855E+01	0.000E+00
2	1.000E+02	1.674E+00	3.930E-01	-8.755E+01	-1.121E+01
3	1.500E+02	1.555E-01	2.108E-02	3.235E+02	3.123E+01
4	2.000E+02	2.197E-02	2.607E-03	8.840E+02	8.840E+01
5	2.500E+02	2.500E-03	2.500E-04	1.571E+03	1.571E+02
6	3.000E+02	2.500E-04	2.500E-05	2.356E+03	2.356E+03
7	3.500E+02	2.500E-05	2.500E-06	3.142E+03	3.142E+03
8	4.000E+02	2.500E-06	2.500E-07	3.927E+03	3.927E+03
9	4.500E+02	2.500E-07	2.500E-08	4.713E+03	4.713E+03
TOTAL HARMONIC DISTORTION = 5.096E+01 PERCENT					
FOURIER COMPONENTS OF TRANSIENT RESPONSE I(t)					
DC COMPONENT		3.999834E+00			
NO	(HZ)	COMPONENT	NORMALIZED	PHASE	NORMALIZED
1	5.000E+01	1.250E+01	1.000E+00	4.151E+01	0.000E+00
2	1.000E+02	1.592E+01	1.718E+01	1.275E+02	-8.731E+01
3	1.500E+02	2.541E-01	2.603E-02	2.370E+01	1.641E+01
4	2.000E+02	2.553E-01	2.250E-02	0.790E+01	5.276E+01
5	2.500E+02	2.553E-02	2.500E-03	7.262E+01	1.148E+02
6	3.000E+02	2.553E-03	2.500E-04	6.577E+01	2.561E+02
7	3.500E+02	2.553E-04	2.513E-05	-1.406E+02	-1.005E+03
8	4.000E+02	2.553E-05	1.014E-05	-3.191E+01	8.240E+03
9	4.500E+02	2.553E-06	1.206E-06	-8.990E+01	-4.976E+03
TOTAL HARMONIC DISTORTION = 2.050103E+01 PERCENT					

ISSN 1338-6466



9 771338 646017 01





Občianske združenie VZDELÁVANIE-VEDA-VÝSKUM

Civil Association EDUCATION-SCIENCE-RESEARCH

Некоммерческая организация ОБРАЗОВАНИЕ-НАУКА-ИССЛЕДОВАНИЕ

Andrusovova 5, 851 01 Bratislava, Slovakia

www.v-v-v.sk



Published with support from Stephan Verbovec Foundation

Information Technology Applications / Scientific Journal – 4/2013

Design:

EUROKÓDEX s.r.o. (www.eurokodex.sk)

Print: POLYGRAFICKÉ CENTRUM

Polygrafické centrum
Tomášikova 26
821 01 Bratislava
ba@polygrafcentrum.sk
www.polygrafcentrum.sk

Address of the Editorial Office:

Civil Association
Education-Science-Research
Andrusovova 5
851 01 Bratislava
Slovakia
vvv.esr@gmail.com

Pan European University, n.o.
Tematínska 10
851 05 Bratislava,
Slovakia
Phone: +421 2 68 203 639
martin.sperka@paneurouni.com

The journal is published four times a year.

The Magazine is Reviewed, volume 1

Subscription:

Subscription orders must be sent to the editorial Office.

The price is 20 EUR a year. It is possible to order older issues only until present supplies are exhausted (15 EUR an issue).

Published by:

Eurokodex, s.r.o. in collaboration with the Pan-European University,
Tomášiková 20, 821 02 Bratislava, Slovakia, IČO: 36 077 429

Number of copies: 120 pieces, **ISSN:** 1338-6468 (print version), **EAN** 9771338646017 01

Registration No.: EV 4528/12

Electronic version of Journal: <http://www.v-v-v.sk>

Delivered to the press: July 2013

Редколлегия / Editorial Board List

► Главный редактор / Chief editor:

- doc. Ing. Martin Šperka, PhD. Faculty of Informatics,
Paneuropean University in Bratislava
- prof. O.N. Choporov, D.Sc. Voronezh Institute of High Technologies
Voronezh, Russian Federation

► Редакционный совет / Editorial board:

- prof. Mikhail A. Basarab, DSc. Bauman Moscow State Technical University,
Moscow, Russian Federation
- prof. Ing. Ivan Brezina, CSc. Faculty of Economic Informatics,
The University of Economics in Bratislava
- Dr. prof. Buchaev Yakhua Gamidovich, Dagestan State Institute of National Economy
(DGINH), Russian Federation
- doc. RNDr. Andrej Ferko, PhD., Faculty of Mathematics Physics and Informatics,
Comenius University in Bratislava
- doc. Ing. Beata Gavurová, PhD. MBA. Faculty of Economics,
The Technical University of Košice
- Ing. Michal Grell, PhD. Civil Association EDUCATION-SCIENCE
-RESEARCH in Bratislava
- doc. Ing. Ladislav Hudec, CSc. Faculty of Informatics and Information Technologies,
Slovak University of Technology in Bratislava
- prof. RNDr. Jozef Kelemen, DrSc. Faculty of Philosophy and Science,
Silesian University in Opava
- Dr. Ing. Jaroslav Kultán, PhD. Faculty of Economic Informatics,
The University of Economics in Bratislava
- prof. V.I. Kolesnikov Russian Academy of Science,
Russian Federation
- Ing. Eva Mihaliková, PhD. Faculty of Public Administration,
Pavol Jozef Šafarik University in Košice
- doc. RNDr. Eugen Ružický, PhD. Faculty of Informatics,
Paneuropean University in Bratislava
- doc. RNDr. Frank Schindler, PhD. Faculty of Informatics,
Paneuropean University in Bratislava
- doc. Ing. Anna Čepelová, PhD. Faculty of Public Administration,
Pavol Jozef Šafarik University in Košice
- prof. Ing. Jiří Voříšek, CSc. Faculty of Informatics and Statistics,
University of Economics in Prague
- prof. Vladimir Zuev. Institute for Social and Human Knowledge,
Kazan, Russian Federation
- prof. Y.Y. Lvovich, D.Sc. President of Voronezh Institute of High Technologies
Voronezh, Russian Federation
- prof. V.N. Kostrova, D.Sc. Voronezh Institute of High Technologies
Voronezh, Russian Federation
- prof. K.A. Razinkin, D.Sc. Voronezh Institute of High Technologies
Voronezh, Russian Federation

► Ответственный редактор / Managing editor

- N.A. Chernova..... Voronezh Institute of High Technologies
Voronezh, Russian Federation

Содержание / Contents

.....	
Информационная подсистема оптимального выбора начального плана лечения атеросклероза различной локализации.....	5
<i>Information the subsystem of the optimum choice of the initial plan of treatment of the atherosclerosis of various localization</i>	
<i>Я.Е. Львович, О.Н. Чопоров, А.П. Бабкин</i>	
Анализ и прогнозирование эффективности медицинских вмешательств при лечении больных артериальной гипертензией с использованием нейросетевого моделирования.....	16
<i>Analysis and forecasting effectiveness of medical intervention during the treatment of patients with arterial hypertension with the use of neural net-work modeling</i>	
<i>Е.Я. Гафанович, И.Л. Каширина</i>	
Разработка обучающего модуля для программного комплекса «информационная подсистема лечебного учреждения»	24
<i>The developing of the training module for the program complex «Information subsystem of the medical»</i>	
<i>И.Я. Львович, О.А. Силкин, А.П. Преображенский</i>	
Разработка информационной подсистемы прогнозирования развития злокачественных новообразований и состояния здоровья онкологических больных по медико-социальным факторам риска.....	41
<i>Working out of information subsystem of forecasting of malignant new growths development and health state of oncological patients upon medica and social risk factors</i>	
<i>О.Н. Чопоров, А.И. Азарков, Г.Я. Клименко</i>	
Система распознавания образов в клинической практике поддержки принятия решений.....	55
<i>Pattern recognition system in the clinical practice of decision support</i>	
<i>В.В. Ермолова, Н.С. Преображенская, Ю.П. Преображенский</i>	
Выбор тактики лечения ортодонтических патологий в условиях неопределенности на основе расчета критериев принятия решений.....	65
<i>The choice of treatment ortodontic pathology in uncertainty calculation based on criteria for decision-making</i>	
<i>Е.Г. Гордеева, Е.Н. Коровин, И.Я. Львович</i>	

Классификация территориальных единиц региона по уровню заболеваемости взрослого женского населения миомой матки и эндометриозом на основе геоинформационных технологий.....	74
<i>Classification of territorial units of region on the level pathology in uncertainty calculation of the uterus and the endometriosis on the basis of geoinformation technologies</i>	
<i>Е.Н. Коровин, Н.Н. Кудинова, М.В. Фролов, О.Н. Чопоров</i>	
Методы стохастического программирования при выборе начального плана и управления лечением.....	82
<i>Methods of stochastic programming at the choice of the initial plan and management of treatment</i>	
<i>К.А. Разинкин, Я.Е. Львович, О.Н. Чопоров, Е. Ружицки</i>	
Разработка лингвистических средств интеллектуальной поддержки принятия медицинских решений в клинической практике на основе имитационно-семантического моделирования..	89
<i>Linguistic means of intellectual medical decision support based on the simulation and semantic modeling in the clinical practice</i>	
<i>Y.P. Preobrazhenskiy, N.S. Preobrazhenskaya, V.V. Ermolova</i>	
Медицинская информационная система по нетрадиционным здоровьесберегающим технологиям.....	96
<i>Medical information system on alternative technologies will</i>	
<i>Н.Г. Новикова, Н.В. Чернякова</i>	
Дискриминантный анализ оценки степени тяжести гиноидной липодистрофии.....	115
<i>Discriminant analysis of the assessment of severity by gynoid lipodystrophy</i>	
<i>К.А. Разинкин, Г.Я. Клименко, Л.А. Яковенко</i>	
Автоматизированное рабочее место врача-гигиениста	129
<i>Automated working place of the doctor-hygienist</i>	
<i>И.Я. Львович, Е.В. Бережная, А.П. Преображенский</i>	
Рациональный выбор антибактериальной терапии на основе изучения микробиологического фона при синдроме диабетической стопы.....	137
<i>The rational choice of the antibacterial therapy based on microbiological background analysis in case of diabetic foot syndrome</i>	
<i>Е.Н. Коровин, Н.Е. Нехаенко, Л.В. Рябчунова, Т.А. Трошина</i>	
Исследование электрической модели кожи человека по годографу электрокожного сопротивления.....	148
<i>Study of electric models for human skin on impedance locus</i>	
<i>И.Я. Львович, Н.А. Селезнева</i>	

Предисловие / Introduction

.....

Dear Readers,

special issue of the journal is devoted to the usage of information technologies, systems analysis and modeling in Medicine. This research area has been actively developing for the past three decades. The issue includes articles written by scientists and researchers of Voronezh Institute of High Technologies (Russia) in collaboration with scientists of the Paneuropean University (Slovakia).

The subject of the above mentioned articles is related to the study of the following questions:

- development of information systems for intellectual support of physicians of various specializations, based on the original models and algorithms of differential diagnostics, prediction and selection of the optimal treatment strategy;
- development of medical training systems;
- disease risk assessment and prediction of a patient health condition by health and social risk factors;
- solutions to the problem of pattern recognition in medical information systems of decision-making support;
- intellectualization of medical monitoring systems based on the use of classification and predictive modeling and geoinformational technologies;
- development of medical information systems with the appliance unconventional health promotion technologies;
- development of linguistic tools of intellectual support for making medical decisions based on simulation and semantic modeling;
- development of the human body state assessment methods based on the study of the electrical characteristics of the skin.

We hope that the published articles will attract interest of young researchers as well as recognized authorities in the field of information technology in medical studies.

D.Eng.Sc. Prof. Y. E. Lvovich



Information the subsystem of the optimum choice of the initial plan of treatment of the atherosclerosis of various localization

Информационная подсистема оптимального выбора начального плана лечения атеросклероза различной локализации

Y.Y. Lvovich, O.N. Choporov, A.P. Babkin
Я.Е. Львович, О.Н. Чопоров, А.П. Бабкин

Abstract:

The question of construction of optimising models of a choice of the initial plan of treatment of patients атеросклеорзом various localisation taking into account efficiency, cost and compatibility of separate medical influences is considered. Elements of the interface and the description of an information subsystem in which the constructed models are realised are presented.

Аннотация:

Рассматривается вопрос построения оптимизационных моделей выбора начального плана лечения больных атеросклерозом различной локализации с учетом эффективности, стоимости и совместимости отдельных лечебных воздействий. Представлены элементы интерфейса и описание информационной подсистемы, в которой реализованы построенные модели.

Keywords:

Medical information system, optimising models, an atherosclerosis, a choice of the initial plan of treatment.

Ключевые слова:

Медицинская информационная система, оптимизационные модели, атеросклероз, выбор начального плана лечения.

Введение

Проблемы, связанные с построением моделей заболеваний, прогнозированием различных исходов, принятием оптимальных решений при выборе тактики лечения, занимают важное место в системах интеллектуальной поддержки врача. Сложность и многообразие решаемых задач обуславливают повышенные требования к построению процедур моделирования и оптимизации, и эффективности средств их алгоритмической и программной поддержки. Большинство существующих в настоящее время подсистем моделирования, прогнозирования и выбора лечения основывают свою работу на стандартных, жестко заданных типовых схемах, что не позволяет выбирать план лечения, оптимальный для отдельного больного. Поэтому разработка моделей выбора оптимальной тактики лечения, позволяющих адаптировать типовые схемы для конкретного пациента является актуальным направлением в области создания средств интеллектуальной поддержки врача.

Начальный план лечения выбирается из определенного множества медикаментозных и физиотерапевтических воздействий. Врач при этом стремится достичь максимального лечебного эффекта при ограниченных затратах и с учетом несовместимости ряда воздействий между собой. С использованием компьютерных технологий стало возможно для индивидуального пациента прогнозирование эффекта спланированных мероприятий по математической модели и текущим характеристикам с последующей коррекцией плана

Формирование оптимизационных моделей выбора начального плана лечения атеросклероза

Предлагается оптимизационная модель автоматизированного выбора начального плана лечебных мероприятий при атеросклерозе. Каждому элементу лечебно-профилактических воздействий ставится в соответствие альтернативная переменная x_j ($j = \overline{1, n}$), принимающая значение единица при использовании этого воздействия и ноль в противном случае. Все воздействия ранжируются по их предполагаемому эффекту с введением коэффициентов «ценности» a_j . Целевой функцией является получение максимального эффекта от комплекса лечебных мероприятий:

$$\sum_{j=1}^n a_j x_j \rightarrow \max \quad (1)$$

При этом должны выполняться ограничения на затраты

$$\sum_{j=1}^n Z_j X_j \leq Z, \quad (2)$$

где Z_j – затраты на использование j -го воздействия;

Z – общие затраты на лечение.

Несовместимость лечебных мероприятий учитывается на основе следующих ограничений:

$$X_{j_1}^t + X_{j_2}^t \leq 1; \quad j_1, j_2 = \overline{1, n}; \quad t = \overline{1, T}, \quad (3)$$

где T – количество возможных пар несовместимых воздействий.

Для взаимозаменяемых препаратов, принадлежащих одной группе, вводятся ограничения

$$\sum_{\forall i \in R_a} X_i^a \leq 1, \quad a = \overline{1, A}, \quad (4)$$

где A – количество групп, содержащих несколько препаратов-аналогов;

R_a – множество взаимозаменяемых препаратов, принадлежащих a -й группе.

В случае, когда из каждой группы препаратов-аналогов в полученное решение обязательно должен войти какой-либо препарат, вводятся дополнительные ограничения

$$\sum_{\forall i \in R_a} X_i^a = 1, \quad a = \overline{1, A}. \quad (5)$$

В результате построения модели имеем задачу дискретного программирования «о ранце», которая решается методами многоальтернативной оптимизации.

Разработаны оптимизационные модели выбора начального плана лечения для следующих локализаций атеросклероза: коронарных и сонных артерий, нижних конечностей, атеросклероз на фоне инсулинозависимого и инсулинонезависимого сахарного диабета. При этом использовались следующие группы препаратов:

I – мочегонные ($N_1=4$);

II – β -блокаторы ($N_2=13$);

III – антагонисты кальция ($N_3=13$);

IV – ингибиторы АПФ ($N_4=15$);

V – α -блокаторы ($N_5=2$);

VI – блокаторы рецепторов ангиотензина II ($N_6=2$);

VII – агонисты имидазолиновых рецепторов ($N_7=2$);

VIII – непрямые коагулянты ($N_8=1$);

IX – препараты чеснока ($N_9=2$);

X – статины ($N_{10}=6$);

XI – фибраты ($N_{11}=3$);

XII – препараты никотиновой кислоты ($N_{12}=2$);

XIII – препараты, улучшающие реологические свойства крови и снижающие агрегацию тромбоцитов ($N_{13}=5$);

XIV – средство, облегчающее отвыкание от курения ($N_{14}=2$);

XV – сульфаниламидные препараты ($N_{15}=3$);

XVI – бигуаниды ($N_{16}=1$);

XVII – инсулины ($N_{17}=6$).

Оптимизационные модели имеют следующий вид:

I. Атеросклероз коронарных и сонных артерий.

1) Выбор гипотензивных препаратов:

а) при отсутствии артериальной гипертензии

- целевая функция (ЦФ):

$$ЦФ_1 = a_1^3 x_1^3 + a_5^3 x_5^3 + a_{11}^3 x_{11}^3 + a_{13}^3 x_{13}^3 + \sum_{j=1}^{N_{15}} a_j^4 x_j^4 \rightarrow \max;$$

- ограничение по стоимости лечения (ОГР):

$$ОГР_1 = z_1^3 x_1^3 + z_5^3 x_5^3 + z_{11}^3 x_{11}^3 + z_{13}^3 x_{13}^3 + \sum_{j=1}^{N_{15}} z_j^4 x_j^4 \leq z;$$

- дополнительные ограничения:

$$x_1^3 + x_5^3 + x_{11}^3 + x_{13}^3 + \sum_{j=1}^{N_{15}} x_j^4 \leq 1 \quad \{\text{выбирается не более одного препарата}\};$$

б) при наличии артериальной гипертензии и нормальном уровне холестерина и триглицеридов:

$$ЦФ_1 = \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{N_i} a_j^i x_j^i \rightarrow \max, \quad ОГР_1 = \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{N_i} z_j^i x_j^i \leq z;$$

- дополнительные ограничения: $\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{N_i} x_j^i \leq 3 \quad \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{N_i} x_j^i \geq 1;$

- если $\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{N_i} x_j^i > 1$, то $\sum_{j=1}^{N_1} x_j^1 = 1$ {если выбирается более одного препарата, вторым обязательно должен быть мочегонный};

- из каждой группы однотипных препаратов не может быть одновременно выбрано более одного препарата; при этом недопустимы комбинации мочегонных и антагонистов кальция (группы I и III), ингибиторов АПФ и альфа-блокаторов (группы IV и VII), мочегонных и альфа-блокаторов (группы I и VII):

$$\sum_{j=1}^{N_1} x_j^1 + \sum_{j=1}^{N_3} x_j^3 \leq 1; \quad \sum_{j=1}^{N_4} x_j^4 + \sum_{j=1}^{N_7} x_j^7 \leq 1; \quad \sum_{j=1}^{N_1} x_j^1 + \sum_{j=1}^{N_7} x_j^7 \leq 1;$$

$$\sum_{j=1}^{N_2} x_j^2 \leq 1; \quad \sum_{j=1}^{N_5} x_j^5 \leq 1; \quad \sum_{j=1}^{N_6} x_j^6 \leq 1.$$

в) при наличии артериальной гипертензии и повышенном уровне холестерина или триглицеридов:

$$ЦФ_1 = \sum_{j=1}^{N_1} a_j^1 x_j^1 + \sum_{i=3}^7 \sum_{j=1}^{N_i} a_j^i x_j^i \rightarrow \max;$$

$$OGR_1 = \sum_{j=1}^{N_1} z_j^1 x_j^1 + \sum_{i=3}^7 \sum_{j=1}^{N_i} z_j^i x_j^i \leq Z; \quad \sum_{j=1}^{N_1} x_j^1 + \sum_{i=3}^7 \sum_{j=1}^{N_i} x_j^i \leq 3;$$

$\sum_{j=1}^{N_1} x_j^1 + \sum_{i=3}^7 \sum_{j=1}^{N_i} x_j^i \geq 1$ – выбирается от одного до трех препаратов;

- если $\sum_{j=1}^{N_1} x_j^1 + \sum_{i=3}^7 \sum_{j=1}^{N_i} x_j^i > 1$, то $\sum_{j=1}^{N_1} x_j^1 = 1$;

$x_3^1 = 0$ – не может быть назначен гипотиазид;

$$\sum_{j=1}^{N_1} x_j^1 + \sum_{j=1}^{N_3} x_j^3 \leq 1; \quad \sum_{j=1}^{N_4} x_j^4 + \sum_{j=1}^{N_7} x_j^7 \leq 1; \quad \sum_{j=1}^{N_1} x_j^1 + \sum_{j=1}^{N_7} x_j^7 \leq 1;$$

$$\sum_{j=1}^{N_5} x_j^5 \leq 1; \quad \sum_{j=1}^{N_6} x_j^6 \leq 1.$$

2) Выбор гипохолестеринемических препаратов:

а) при изолированном повышении общего холестерина в диапазоне 5,2-6,5 ммоль/л (легкая степень гиперхолестеринемии):

$ЦФ_2 = ЦФ_1 + \sum_{j=1}^{N_9} a_j^9 x_j^9 \rightarrow \max$ – добавление препарата чеснока (группа IX);

$$OGR_2 = OGR_1 + \sum_{j=1}^{N_9} z_j^9 x_j^9 \leq Z;$$

$\sum_{j=1}^{N_9} x_j^9 = 1$ – обязательно назначается один препарат;

б) при изолированном повышении общего холестерина в диапазоне 6,5-7,8 ммоль/л (умеренная степень гиперхолестеринемии):

$ЦФ_2 = ЦФ_1 + \sum_{j=1}^{N_{10}} a_j^{10} x_j^{10} \rightarrow \max$ – добавление статина (группа X);

$$OGR_2 = OGR_1 + \sum_{j=1}^{N_{10}} z_j^{10} x_j^{10} \leq Z; \quad \sum_{j=1}^{N_{10}} x_j^{10} = 1;$$

в) при изолированном повышении общего холестерина более 7,8 ммоль/л (выраженная степень гиперхолестеринемии):

$ЦФ_2 = ЦФ_1 + \sum_{j=1}^{N_{10}} a_j^{10} x_j^{10} + \sum_{j=1}^{N_{12}} a_j^{12} x_j^{12} \rightarrow \max$ – добавление статина (группа X) и препарата никотиновой кислоты (группа XII);

$$OGR_2 = OGR_1 + \sum_{j=1}^{N_{10}} z_j^{10} x_j^{10} + \sum_{j=1}^{N_{12}} z_j^{12} x_j^{12} \leq Z; \quad \sum_{j=1}^{N_{10}} x_j^{10} = 1; \quad \sum_{j=1}^{N_{12}} x_j^{12} = 1;$$

г) при изолированном повышении триглицеридов от 2,3 до 4,6 ммоль/л:

$ЦФ_2 = ЦФ_1 + \sum_{j=1}^{N_{11}} a_j^{11} x_j^{11} + \sum_{j=1}^{N_{12}} a_j^{12} x_j^{12} \rightarrow \max$ – добавление фибрата (группа XI)

или препарата никотиновой кислоты (группа XII);

$$OGR_2 = OGR_1 + \sum_{j=1}^{N_{11}} z_j^{11} x_j^{11} + \sum_{j=1}^{N_{12}} z_j^{12} x_j^{12} \leq Z; \quad \sum_{j=1}^{N_{11}} x_j^{11} + \sum_{j=1}^{N_{12}} x_j^{12} = 1;$$

е) при изолированном повышении триглицеридов более 4,6 ммоль/л:

$\text{ЦФ}_2 = \text{ЦФ}_1 + \sum_{j=1}^{N_{11}} a_j^{11} x_j^{11} + \sum_{j=1}^{N_{12}} a_j^{12} x_j^{12} \rightarrow \max$ – добавление фибрата (группа XI) и препарата никотиновой кислоты (группа XII);

$$\text{ОГР}_2 = \text{ОГР}_1 + \sum_{j=1}^{N_{11}} z_j^{11} x_j^{11} + \sum_{j=1}^{N_{12}} z_j^{12} x_j^{12} \leq Z; \quad \sum_{j=1}^{N_{11}} x_j^{11} = 1; \quad \sum_{j=1}^{N_{12}} x_j^{12} = 1;$$

ж) при повышении ОХ 5,2-6,5 и ТГ 2,3-4,6:

$\text{ЦФ}_2 = \text{ЦФ}_1 + \sum_{j=1}^{N_9} a_j^9 x_j^9 + \sum_{j=1}^{N_{11}} a_j^{11} x_j^{11} + \sum_{j=1}^{N_{12}} a_j^{12} x_j^{12} \rightarrow \max$ – добавление к препарату чеснока (группа IX) фибрата (группа XI) или препарата никотиновой кислоты (группа XII);

$$\text{ОГР}_2 = \text{ОГР}_1 + \sum_{j=1}^{N_9} z_j^9 x_j^9 + \sum_{j=1}^{N_{11}} z_j^{11} x_j^{11} + \sum_{j=1}^{N_{12}} z_j^{12} x_j^{12} \leq Z; \quad \sum_{j=1}^{N_9} x_j^9 = 1;$$

$$\sum_{j=1}^{N_{11}} x_j^{11} + \sum_{j=1}^{N_{12}} x_j^{12} = 1;$$

з) при повышении общего холестерина до 6,5-7,8 и триглицеридов до 2,3-4,6:

$\text{ЦФ}_2 = \text{ЦФ}_1 + x_4^{10} \rightarrow \max$ – добавление липрима;ра;

$$\text{ОГР}_2 = \text{ОГР}_1 + x_4^{10} \leq Z; \quad x_4^{10} = 1;$$

и) при повышении общего холестерина более 7,8 или ТГ более 4,6:

$\text{ЦФ}_2 = \text{ЦФ}_1 + \sum_{j=1}^{N_{10}} a_j^{10} x_j^{10} + \sum_{j=1}^{N_{11}} a_j^{11} x_j^{11} + \sum_{j=1}^{N_{12}} a_j^{12} x_j^{12} \rightarrow \max$ – добавление к статину (группа X) фибрата (группа XI) или препарата никотиновой кислоты (группа XII);

$$\text{ОГР}_2 = \text{ОГР}_1 + \sum_{j=1}^{N_{10}} z_j^{10} x_j^{10} + \sum_{j=1}^{N_{11}} z_j^{11} x_j^{11} + \sum_{j=1}^{N_{12}} z_j^{12} x_j^{12} \leq Z;$$

$$\sum_{j=1}^{N_{10}} x_j^{10} = 1; \quad \sum_{j=1}^{N_{11}} x_j^{11} + \sum_{j=1}^{N_{12}} x_j^{12} = 1;$$

3) Назначение препаратов, снижающих агрегацию тромбоцитов:

$$\text{ЦФ}_3 = \text{ЦФ}_2 + \sum_{j=1}^{N_{13}} a_j^{13} x_j^{13} \rightarrow \max;$$

$$\text{ОГР}_3 = \text{ОГР}_2 + \sum_{j=1}^{N_{13}} z_j^{13} x_j^{13} \leq Z; \quad \sum_{j=1}^{N_{13}} x_j^{13} \leq 1.$$

4) Для курящих:

$$\text{ЦФ}_4 = \text{ЦФ}_3 + \sum_{j=1}^{N_{14}} a_j^{14} x_j^{14} \rightarrow \max;$$

$$\text{ОГР}_4 = \text{ОГР}_3 + \sum_{j=1}^{N_{14}} z_j^{14} x_j^{14} \leq Z; \quad \sum_{j=1}^{N_{14}} x_j^{14} \leq 1.$$

При последовательном формировании оптимизационной модели запись « $\text{ЦФ} = \text{ЦФ} + \langle \text{выражение} \rangle$ » означает добавление к целевой функции, полученной на предыдущем шаге новых компонент, вошедших в

<выражение>. То же самое относится и к ограничению по стоимости лечения.

Дополнительные ограничения, добавляемые на каждом шаге, включаются в общее множество ограничений, сформированных на предыдущих шагах.

II. Атеросклероз сосудов нижних конечностей.

Оптимизационные модели аналогичны моделям, построенным для атеросклероза коронарных и сонных артерий. Отличие состоит в том, что в любом случае не назначаются β -блокаторы. То есть модель 1б аналогична модели 1в, используемой при атеросклерозе коронарных и сонных артерий, за исключением ограничения: $x_3^1 = 0$ – может быть назначен и гипотиазид.

III. Атеросклероз при инсулинозависимом сахарном диабете.

Оптимизационные модели аналогичны моделям, построенным для атеросклероза коронарных и сонных артерий (раздел I). Добавляются только инсулины:

$$ЦФ_5 = ЦФ_3 (ЦФ_4 - \text{для курящих}) + \sum_{j=1}^{N_{17}} a_j^{17} x_j^{17} \rightarrow \max;$$

$$ОГР_5 = ОГР_3 (ОГР_4 - \text{для курящих}) + \sum_{j=1}^{N_{17}} z_j^{17} x_j^{17} \leq Z;$$

$x_1^{17} + x_3^{17} + x_5^{17} = 1$; $x_2^{17} + x_2^{17} + x_2^{17} = 1$ – обязательно назначается комбинация из двух препаратов.

IV. Атеросклероз при инсулиннезависимом сахарном диабете.

Оптимизационные модели аналогичны моделям, построенным для атеросклероза коронарных и сонных артерий. Добавляются сульфаниламидные препараты или бигуаниды:

а) при индексе Кетле менее 29:

$$ЦФ_6 = ЦФ_3 (ЦФ_4 - \text{для курящих}) + \sum_{j=1}^{N_{15}} a_j^{15} x_j^{15} \rightarrow \max - \text{добавляются}$$

сульфаниламиды;

$$ОГР_6 = ОГР_3 (ОГР_4 - \text{для курящих}) + \sum_{j=1}^{N_{15}} z_j^{15} x_j^{15} \leq Z; \sum_{j=1}^{N_{15}} x_j^{15} = 1;$$

б) при индексе Кетле более 29:

$$ЦФ_6 = ЦФ_3 (ЦФ_4 - \text{для курящих}) + \sum_{j=1}^{N_{16}} a_j^{16} x_j^{16} \rightarrow \max - \text{добавляются бигуаниды};$$

$$ОГР_6 = ОГР_3 (ОГР_4 - \text{для курящих}) + \sum_{j=1}^{N_{16}} z_j^{16} x_j^{16} \leq Z; \sum_{j=1}^{N_{16}} x_j^{16} = 1.$$

Оценка эффективности использования того или иного препарата осуществляется по прогностическим нейросетевым моделям и равна прогнозируемому изменению контролируемого показателя. Так как значимость изменения факторов риска уменьшается при приближении к норме, полученную оценку эффективности назначения препарата необходимо скорректировать с учетом величины отклонения от нормы показателей больного.

Корректирующие коэффициенты зависят от значения факторов риска и определяются исходя из разработанных функций важности нормализации факторов риска. В случае, когда неизвестна степень воздействия группы препаратов на факторы риска и невозможно получение сравнительной оценки эффективности отдельных препаратов на основе нейросетевых моделей, для определения значимости лечебных воздействий используется метод априорного ранжирования.

► Разработка информационной подсистемы выбора оптимального плана лечения атеросклероза

Разработанные оптимизационные модели реализованы в рамках информационной подсистемы. Структура программного комплекса представлена на рисунке 1, а элементы интерфейса – на рисунках 2-4.



Рис. 1. Структурная схема подсистемы выбора оптимальной схемы лечебных мероприятий при атеросклерозе различной локализации

Группы препаратов		Препараты					
Группа	№ гр.	Препараты	№	Группа	№ гр.	Стоимость	Измен. АД
Мочегонные	1	Амарон	1	Мочегонные	1	84	-12
В-блокаторы	2	Арифон	2	Мочегонные	1	225	-12,5
Антагонисты кальция	3	Гипотиазид	3	Мочегонные	1	15	-13,9
Ингибиторы АПФ	4	Индап	4	Мочегонные	1	57	-12
Агонисты имидазолин	5						
Блокаторы рецепторов	6						
А-блокаторы	7						

Рис. 2. Интерфейс базы данных по препаратам

Инсулинозависимый диабет ← → ↶ ↷		Запрещенные препараты ☐ Амарон ☒ Арифон ☐ Гипотиазид ☐ Индап ☐ Анаприлин ☐ Атенолол ☐ Вискен ☐ Конкор ☐ Корвитол ☐ Коргард ☐ Корданум ☐ Локрен ☐ Небилет ☐ Метопролол ☐ Обзидан ☐ Пропранолол ☐ Тенормин ☐ Адалат ретард Сброс	Поиск по фамилии Сид Добавить запись Удалить запись Сохранить ☒ Ограничение по стоимости 2000 ☐ Препараты по минимальной цене ☐ Максимальная эффективность Расчет
Номер: 1 Фамилия: Сидоров Имя: Сидор Отчество: Сидорович Год рождения: 1945	Показатели: Ср. суточная доза инсулина: 10 ед. Уровень глюкозы: 10 ммоль/л. Гликозилированный гемоглобин: 10 Супероксиддисмутаза: 10 % Протромбиновый индекс: 70 % Длительность курения: 100 лет Общий холестерин: 90 ммоль/л. Триглицериды: 50 ммоль/л. Давление систолическое: 200 мм.рт.ст. Давление диастолическое: 120 мм.рт.ст. ☒ Курение	Характеристика пациента Адрес: ...	

Рис. 3. Окно для ввода исходных данных о пациенте

Программный комплекс включает в себя: расширяемую базу данных по используемым препаратам; подсистему моделирования, содержащую прогностические модели, на основе которых рассчитываются индивидуальные коэффициенты ценности лечебных мероприятий; подсистему выбора схемы лечения, содержащую оптимизационную модель по каждой локализации атеросклероза и реализацию алгоритма модифицированного метода «ветвей и границ»; подсистему справочной информации.

Выбранные препараты		
Препараты	Ср.сут.доза	Кратность приема
Индап	2,5	1 раз (утро)
Аккупро	20	1 раз (утро)
Козаар	50	1 раз (утро)
Тиклид	500	1 раз (утро)
Липантил	200	1 раз (утро)
Липримар	10	1 раз (утро)
Гамибазин	18	1 раз (утро)

Рассчетная цена: 3957.00

Печать... Закрыть

Рис. 4. Окно вывода оптимальной схемы лечения

Помимо выбора оптимальной схемы лечения при заданном ограничении на стоимость курса, возможен выбор самой эффективной для конкретного пациента схемы лечения (при снятии ограничений на затраты) и наименее дорогого курса лечебных мероприятий.

Программный комплекс прошел клиническую апробацию в кардиологическом отделении Воронежской областной клинической больницы и может быть рекомендован к широкому использованию.

Заключение

В результате проведенного исследования построены оптимизационные модели выбора начального плана лечения атеросклероза различной локализации, отличающиеся учетом индивидуальных особенностей больных и стоимости комплексных лечебных воздействий при достаточной эффективности лечения, на основе которых разработана информационная подсистема, апробация которой подтвердила высокую эффективность предложенных моделей и возможность ее использования в практической деятельности врача-кардиолога.

Использованная литература:

- [1] Чопоров О.Н. Оптимизация функционирования медицинских систем на основе интегральных оценок и классификационно-прогностического моделирования: дис. ... д-ра техн. наук. – Воронеж, 2001. – 325 с.

- [2] Choporov O.N. Development system for data analysis, modeling and integral estimation in medical research / O.N. Choporov, S.V. Bolgov, V.A. Kutashov // Modern informatization problems in economics and safety: Proceedings of the XVIII-th International Open Science Conference (Lorman, MS, USA, January 2013). – p. 365-367.
- [3] Чопоров О.Н. Оптимизационная модель выбора начального плана управляющих воздействий для медицинских информационных систем / О.Н. Чопоров, К.А. Разинкин // Системы управления и информационные технологии. – 2011. – Т. 46. № 4.1. – С. 185-187.
- [4] Чопоров О.Н. Оптимизация планирования стационарного лечения больных на основе классификационных и прогностических моделей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 1997. – 16 с.
- [5] Choporov O.N. Development system for data analysis, modeling and integral estimation in medical research / O.N. Choporov, S.V. Bolgov, V.A. Kutashov // Modern informatization problems in economics and safety: Proceedings of the XVIII-th International Open Science Conference (Lorman, MS, USA, January 2013). – p. 365-367.

.....

professor Y.Y. Lvovich, D. Sc.

the honored scientist of the Russian Academy of Natural Sciences
President of Voronezh Institute of High Technologies
office@vivt.ru

professor O.N. Choporov, D. Sc.

Voronezh Institute of High Technologies
choporov_oleg@mail.ru

professor A.P. Babkin, M. D.

Voronezh N. N. Burdenko State Medical Academy
babkinap@mail.ru



Analysis and forecasting effectiveness of medical intervention during the treatment of patients with arterial hypertension with the use of neural net-work modeling

Анализ и прогнозирование эффективности медицинских вмешательств при лечении больных артериальной гипертензией с использованием нейросетевого моделирования

***E.Y. Gafanovich, I.L. Kashirina
Е.Я. Гафанович, И.Л. Каширина***

Abstract:

The article is dedicated to the possibility of using mathematical methods in prognostic evaluation of the effectiveness of medical interventions in the treatment of hypertension. Using of the neural processing technology of retrospective information including a comprehensive examination of the patient, the characterization of drug treatment, systolic and diastolic blood pressure during treatment, and at discharge is explained in the article. In order to select the best network, options are compared to the values of errors. The accuracy of the selected neural network forecasting model is cited. An algorithm for the use of predictive models for the selection of the optimal variant of antihypertensive therapy is expounded in the article.

Аннотация:

В статье рассматривается возможность применения математических методов прогностического оценивания эффективности медицинских вмешательств при лечении артериальной гипертензии. Обосновывается использование нейросетевой технологии обработки ретроспективной

информации, включающей данные комплексного обследования больного, характеристику медикаментозного лечения, значения систолического и диастолического артериального давления в процессе лечения и при выписке. Для выбора наилучшей сети варианты сравниваются по величинам ошибок. Приводится исследование точности прогноза выбранной нейросетевой модели. Предложен алгоритм использования прогностической модели для подбора оптимального варианта антигипертензивной терапии.

Keywords:

Arterial hypertension, neural network model, forecasting, antihypertensive therapy.

Ключевые слова:

Артериальная гипертензия, нейросетевая модель, прогнозирование, антигипертензивная терапия.

▀ **Введение**

Современные методы прогностического оценивания эффективности медицинских вмешательств, основанные на математическом моделировании и компьютерных технологиях, являются основой интеллектуальной поддержки принятия врачебных решений. Чаще всего для прогностических целей строят регрессионные модели различной сложности [1]. Однако адекватность этой модели подтверждается только на той выборке ретроспективной информации, на которой она построена, затруднена ее коррекция по текущей информации. Кроме того, большинство медицинских данных имеют описательный характер, они не могут быть хорошо упорядочены и классифицированы. Для их количественной оценки используются лингвистические переменные, наборы дискретных чисел.

В этих условиях более эффективным является применение нейросетевого моделирования [2].

Целью работы является обоснование нейросететвого моделирования для прогнозирования эффективности выбранных врачом медицинских вмешательств при медикаментозном лечении артериальной гипертензии (АГ). При этом прогноз осуществляется путем задания исходных данных больного в нейронной сети, обученной и верифицированной на основе ретроспективной информации, которая включает в себя как количественные данные (возраст, индекс массы тела (ИМТ), систолическое и диастолическое артериальное давление, частота сердечных сокращений (ЧСС), толщина межжелудочковой перегородки (ТМЖП) и другие), так и дискретные оценки «да» – 0, «нет» – 1 (кардиалгия на фоне гипертонии, прием определенных препаратов и другие).

Материал и методы

Для построения нейросетевой модели использованы статистические данные наблюдения больных АГ в отделении кардиологии клиники Саратовского государственного медицинского университета.

В качестве входных неуправляемых переменных нейросетевой модели приняты:

- индивидуальные данные больного,
- данные анамнеза,
- результаты комплексного обследования сердечно-сосудистой системы,
- результаты биохимического анализа,
- характеристика лечения до поступления в стационар, входных управляющих переменных:
- (характеристика лекарственных воздействий при стационарном лечении:

выходных:

- систолическое и диастолическое давление (САД и ДАД) в процессе лечения и при выписке. Количество наблюдений в выборке – 71, в контрольной – 14.

Проведено исследование, направленное на выбор нейросетевой модели, которая с минимальными ошибками позволяет прогнозировать эффективность медицинских вмешательств.

Для построения нейросетевой модели используется пакет *STATISTICA*.

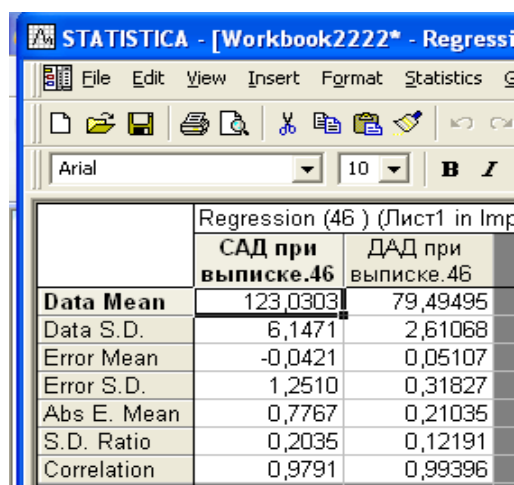
Выбор наилучшей сети осуществлялся по значениям ошибок.

После выделения сети в списке и нажатия кнопки *Descriptive statistics* появляется окно с характеристиками данной нейросетевой модели (рис. 1). В нем приводятся значения Data Mean (среднее данных) для каждого прогнозируемого параметра, Data S.D. (среднеквадратическое отклонение данных), Error Mean (средняя ошибка прогноза), Error S.D. (среднеквадратическое отклонение ошибки прогноза), Abs E. Mean (средняя абсолютная ошибка прогноза), SD Ratio (отношение среднеквадратического отклонения ошибки прогноза к среднеквадратическому отклонению данных), Correlation (величина корреляции между реальными и спрогнозированными данными).

Значение ошибки «SD Ratio» является наиболее пригодной для целей сравнения, потому как представляет собой число между 0 и 1, зависит лишь от величины каждой составляющей ошибки (не зависит от знака), а также довольно восприимчиво к выбросам. Эмпирическое правило гласит, что если SD Ratio не превышает значения 0.2, сеть подобрана хорошо, если SD Ratio находится в пределах от 0.2 до 0.4 – то удовлетворительно, а если больше 0,4 – то неудовлетворительно.

Результаты

В нашем случае лишь одна сеть из 10, сохраненных программой, оказалась близка к хорошему качеству прогнозирования по обоим параметрам. (На рисунке 1 величина SD Ratio для **САД при выписке** равна 0.2035, а для **ДАД при выписке** 0.12191).



	САД при выписке.46	ДАД при выписке.46
Data Mean	123,0303	79,49495
Data S.D.	6,1471	2,61068
Error Mean	-0,0421	0,05107
Error S.D.	1,2510	0,31827
Abs E. Mean	0,7767	0,21035
S.D. Ratio	0,2035	0,12191
Correlation	0,9791	0,99396

Рис. 1. Таблица ошибок регрессии.

Исследуем поподробнее выбранную сеть (она имеет номер 46, то есть она в процессе тестирования была сформирована 46-й).

Архитектура этой сети проведена на рисунке 2. Эта сеть имеет 54 входа, 21 нейрон в первом слое, 2 нейрона во втором слое и 2 выхода.

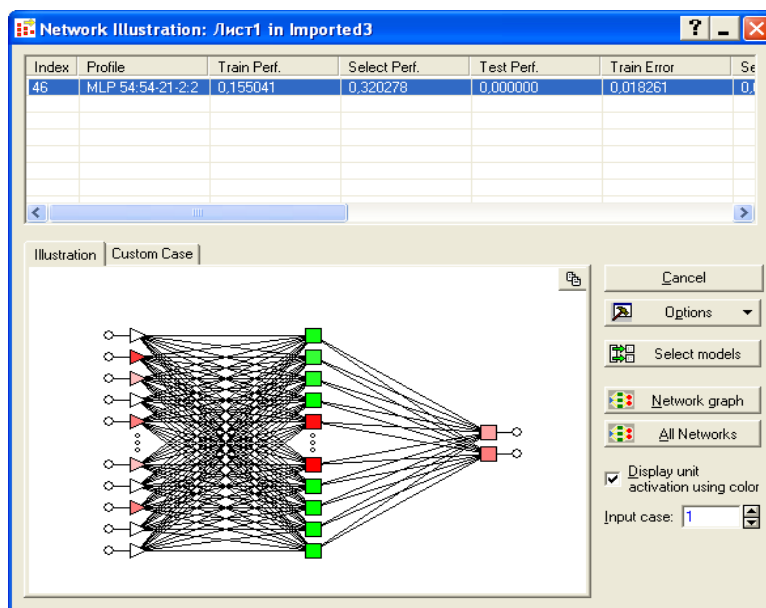


Рис. 2. Архитектура лучшей сети.

При построении этой сети 12 из 66 имеющихся входов были отброшены, как малозначимые (рис. 3).

STATISTICA - [Workbook2222* - Sensitivity Analysis - 46 (Лист1 in Imported3)]

File Edit View Insert Format Statistics Graphs Tools Data Workbook Window Help

Sensitivity Analysis - 46 (Лист1 in Imported3)

	пол ж-0 м-1	возраст	ИМТ	Ожирение	степень АГ	макс САД	макс ДАД	лительность АГ	наличие Q-Зне Q-инфаркта миокарда-1	кардиалгия на фоне гипертонии нет-0 да-1	наличие застойных явлений	ФКХСН	ОНМК в анамнезе	наличие ЧМТ	сахарный диабет	наследственная отягощенность по АГ
Ratio.46	1,3814	1,0249	0,9998	1,0005	1,0687	1,0090	1,1231	1,0101	1,1162	1,5301	0,9997	1,8893	1,0618	1,0127	1,4295	1,2028
Rank.46	11	39	52	50	30	47	24	46	26	7	53	4	33	45	9	19

продолжение:

STATISTICA - [Workbook2222* - Sensitivity Analysis - 46 (Лист1 in Imported3)]

File Edit View Insert Format Statistics Graphs Tools Data Workbook Window Help

Sensitivity Analysis - 46 (Лист1 in Imported3)

	леноплауза да-0 нет-1	тип телосложения	ЧСС	ЗОС	PQ	QRS	ЖЭС на ЭКГ	НЖТ	АВ-блокада	ПБПНПГ	ПБЛНПГ	НБЛНПГ	НБЛНПГ	анемия	лейкоцитопения	тромбоцитопения	СОЗ	удельный вес мочи	глюкоза	холестерин
Ratio.46	1,1415	1,1635	1,0539	1,3430	1,1123	1,0449	1,1087	1,0031	1,0153	1,0052	1,2971	1,2005	1,0661	1,0282	1,0242	1,0549	2,0378	1,0167	0,9985	1,0745
Rank.46	23	21	35	13	27	36	28	49	44	48	15	20	32	38	40	34	1	43	54	29

продолжение:

STATISTICA - [Workbook2222* - Sensitivity Analysis - 46 (Лист1 in Imported3)]

File Edit View Insert Format Statistics Graphs Tools Data Workbook Window Help

Sensitivity Analysis - 46 (Лист1 in Imported3)

	креатинин	КДР	ЛП	ПП	аорта	Дла	ТМКП	ТМЖП	лечение до поступления И-АПФ АРА	лечение до поступления БКК	лечение до поступления препаратов ретиками	лечение до поступления препаратов центр. Действия	лечение до поступления БАБ	прием в стационаре И-АПФ АРА	прием в стационаре БАБ	прием в стационаре БКК	прием в стационаре диуретиков	прием в стационаре препаратов центрального действия
Ratio.46	1,2036	1,0406	0,9998	1,1167	1,2879	1,2516	1,8424	1,0202	1,4296	1,3061	1,3638	1,0204	1,0686	1,6835	1,1473	1,6595	1,4128	1,7279
Rank.46	18	37	51	25	16	17	2	42	8	14	12	41	31	5	22	6	10	3

Рис. 3. Значимость входов нейронной сети.

Гистограммы частот остатков для каждого из входов выбранной модели нейронной сети (рис. 4) показывают, с какой частотой встречаются те или иные ошибки при аппроксимации зависимости САД и ДАД при выписке от имеющихся входных параметров. И позволяют определить, что величина ошибки прогнозирования ДАД при выписке не превосходит по модулю 1.4 мм рт. ст. А чаще всего (в 48 случаях из 99 рассмотренных) это давление предсказывается абсолютно точно. Величина ошибки прогнозирования САД при выписке не превосходит по модулю 6 мм рт. ст. (причем 6 мм – это единичный выброс, подавляющая масса предсказаний имеет абсолютную погрешность не более 2 мм рт. столба).

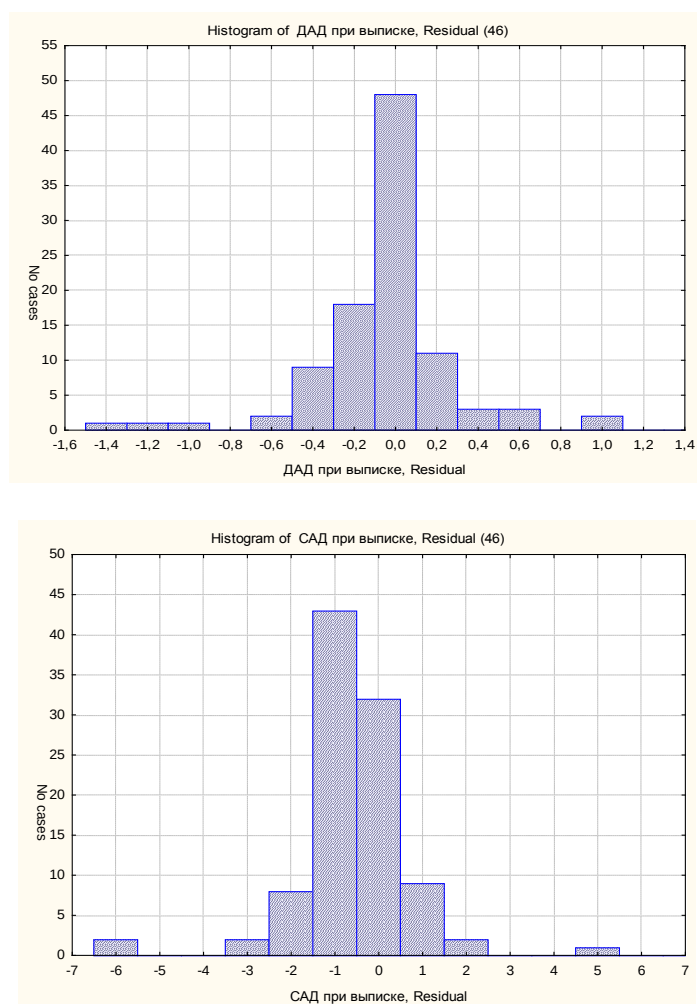


Рис. 4. Гистограммы частот остатков для каждого из входов выбранной модели нейронной сети.

Обсуждение

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что качество прогнозирования данной сетью действительно высоко.

Если учитывать значения давления на 3-й день лечения (иначе говоря, прогноз результатов лечения делать только после 3-го дня пребывания в стационаре), то качество прогноза можно еще улучшить.

На рисунке 5 приводятся результаты тестирования сетей, которые рассматривали 72 входа.

Regression (41 44-51) (Лист1 in Imported3)												
	САД при выписке 41	ДАД при выписке 41	САД при выписке 44	ДАД при выписке 44	САД при выписке 48	ДАД при выписке 48	САД при выписке 49	ДАД при выписке 49	САД при выписке 50	ДАД при выписке 50	САД при выписке 51	ДАД при выписке 51
Data Mean	123,0303	79,49495	123,0303	79,49495	123,0303	79,49495	123,0303	79,49495	123,0303	79,49495	123,0303	79,49495
Data S.D.	6,1471	2,61068	6,1471	2,61068	6,1471	2,61068	6,1471	2,61068	6,1471	2,61068	6,1471	2,61068
Error Mean	0,0593	0,05418	0,1932	0,02862	0,1857	0,06051	-0,5401	0,07091	0,0427	0,01882	-0,0272	0,01566
Error S.D.	1,4752	0,23816	1,9816	0,80949	1,8008	0,36897	4,2012	2,32224	0,7026	0,64975	1,6077	0,30587
Abs E. Mean	0,9294	0,17012	1,1804	0,53266	1,1938	0,25703	2,2963	1,09655	0,2415	0,19935	0,7761	0,21628
S.D. Ratio	0,2400	0,09123	0,3224	0,31007	0,2930	0,14133	0,8834	0,88952	0,1143	0,24888	0,2615	0,11716
Correlation	0,9708	0,99698	0,9473	0,95709	0,9586	0,99091	0,7409	0,45819	0,9936	0,96905	0,9659	0,99424

Рис. 5. Таблица ошибок регрессий, построенных сетями, учитывающими значения давления на 3-й день лечения

Как видно из рисунка 5 сети с наименьшими значениями ошибок имеют номера 41, 44, 48, 49, 50 и 51. Однако ни одна из этих сетей не имеет оба показателя SD Ratio меньше, чем 0,2. В то же время сеть с номером 50 хорошо предсказывает САД при выписке (SD Ratio = 0,1143), а сеть с номером 51 хорошо предсказывает ДАД при выписке (SD Ratio = 0,1171). Из этих двух сетей следует организовать “комитет”, и значение прогноза САД при выписке получать у первой сети, а прогноза ДАД при выписке – у второй.

Из рисунка 6 видно, что в этом случае величина ошибки прогнозирования ДАД при выписке не превышает по модулю 1,4 мм рт. ст., а величина ошибки прогнозирования САД при выписке не превышает по модулю 5 мм рт. ст. (причем подавляющая масса предсказаний будет иметь абсолютную погрешность не более 1 мм рт. столба.)

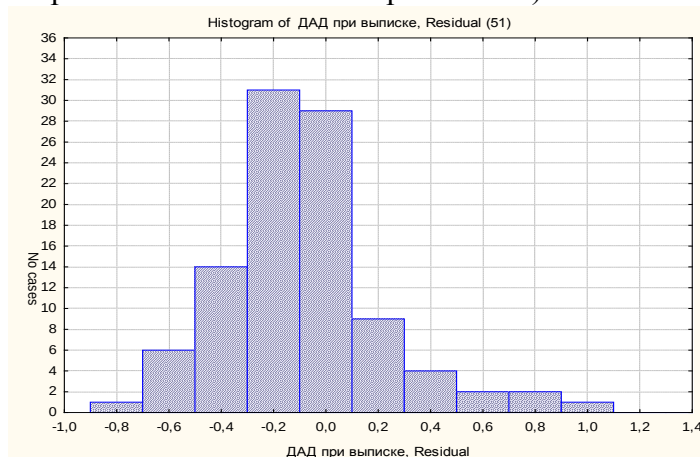


Рис. 6. Гистограммы частот остатков для каждого из входов 50 и 51-й моделей нейронной сети

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что построенные нейросетевые модели целесообразно использовать в качестве прогностических при выборе лечения в стационаре. При этом был использован следующий алгоритм:

1) в системе STATISTICA с зафиксированными прогностическими моделями вносятся исходные данные больного, поступившего на стационарное лечение;

2) столбцы «прием в стационаре» заполняются врачом в зависимости от выбранного лечения;

3) для предварительной оценки влияния на САД и ДАД при выписке отдельной группы лекарственных воздействий осуществляется прогнозирование с использованием выбранных нейросетевых моделей;

4) если врач не удовлетворен прогностической оценкой, то он переходит к новому варианту комплексного лекарственного воздействия и прогнозированию САД и ДАД при выписке, в противном случае – назначает предложенное лечение;

5) в исходные данные вносятся значения САД и ДАД на 3-й день лечения;

6) осуществляется прогнозирование значений САД и ДАД при выписке с учетом дополнительных исходных данных;

7) если врач не удовлетворен прогностической оценкой, то он корректирует лечение и рассматривает новую прогностическую оценку, в противном случае – назначенное лечение не меняется.

Использование данного подхода в клинических условиях показало, что нейросетевая обработка ретроспективных данных стационарного лечения больных АГ является эффективным инструментом в работе врача при анализе наиболее значимых факторов, влияющих на состояние поступившего в стационар пациента, и подбора оптимального варианта антигипертензивной терапии наиболее щадящим способом со снижением риска осложнений и обострений, которые возникают на начальном этапе при традиционном лечении.

■ **Использованная литература:**

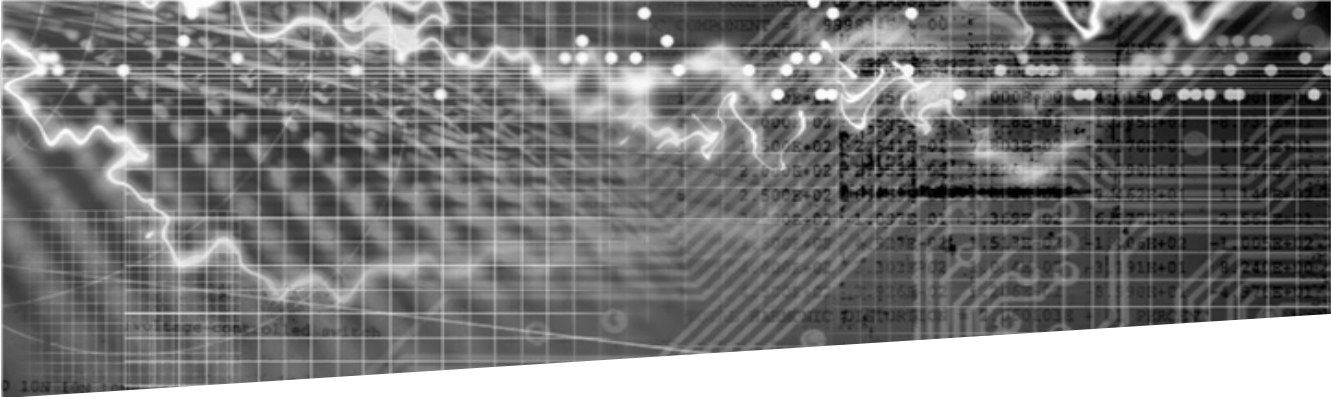
- [1] Статистический и нейросетевой методы идентификации и прогнозирования в медицине / Лифшиц В.Б. [и др.] // Информационные технологии. – 2004. – 3. – С. 60.
- [2] Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком; 2008.

.....
E.Y. Gafanovich, Cand. Sc. (Medicine)

Saratov V. I. Razumovsky State Medical Academy University
lvovicha@mail.ru

I.L. Kashirina, Cand. Sc. (Engineering)

Voronezh State University
kach.irina@mail.ru



The developing of the training module for the program complex «Information subsystem of the medical»

Разработка обучающего модуля для программного комплекса «информационная подсистема лечебного учреждения»

***I.Y. Lvovich, O.A. Silkin, A.P. Preobrazhenskiy
И.Я. Львович, О.А. Силкин, А.П. Преображенский***

Abstract:

The need to use large amounts of information when solving wide range of tasks in medical institutions determines the necessity of application of medical information systems. The features of the work of such systems determine the creation of training modules that will allow medical personnel to make the process of development of software products more interesting and qualitative. The paper describes the software complex «Information subsystem of medical institution». The characteristics and functions of each of the modules of the specified complex are consider. The applicability of each module is shown. The description of the main functional properties of Adobe Captivate, which was used for creation of the training module is given. The structure of the training module is given, the way in which you interact training lessons is shown.

Аннотация:

Необходимость использования больших объемов информации при решении широкого круга задач в медицинских учреждениях определяет необходимость применения информационных медицинских систем. Особенности работы таких систем вызывают необходимость создания обучающих модулей, что позволит медицинскому персоналу сделать процесс освоения программных продуктов более интересным и качественным. В статье дано описание программного комплекса «Информационная подсистема лечебного учреждения». Рассмотрены характеристики и функции каждого из модулей указанного комплекса. Показаны области применения каждого модуля. Приведено описание основных функциональных свойств программы Adobe Captivate, которая была использована при создании обучающего модуля. Дана структура обучающего модуля, показано, каким образом происходит взаимодействие обучающих уроков.

Keywords:

Information system, training, medical treatment facility.

Ключевые слова:

Информационная система, обучение, лечебное учреждение.

▀ **Введение**

В медицинских организациях происходит накопление и производство больших объемов данных. Возможности эффективного использования этой информации врачами, руководителями, управляющими органами, определяют то, какое будет в итоге качество медицинской помощи, характеристики жизни людей, уровень промышленного потенциала государства, различных населенных пунктов.

В этой связи требуется использовать информационные системы для обработки больших объемов при осуществлении решения терапевтических, диагностических, статистических, и других видов задач, применять программные комплексы в медицинских учреждениях со встроенными обучающими курсами [1-4].

Современная эпоха, характеризующаяся «информационным взрывом». Она привнесла много нового не только в сфере технологий, разработок, но и в образовательный процесс. Информационные технологии позволяют не только создавать видео или аудио книги для обучения по специализированным программам в ЛПУ, но и «нечто» когда учащийся непосредственно принимает участие в процессе обучения. Данное «нечто» - интерактивность. Интерактивные курсы, в отличие от выше перечисленных способов получения информации, открывают большие возможности с точки зрения использования активно-деятельностных форм освоения учащимся с образовательного контента [5-8].

Это делает процесс обучения более интересным и доступным для понимания и усвоения учебного материала.

С точки зрения учащегося, информационные технологии в обучении весьма сильно индивидуализируют учебный процесс, ведут к увеличению скорости и повышению качества усвоения учебных материалов, заметно повышают практическую ценность.

Приоритетной задачей современного здравоохранения является достижение высокого профессионального уровня медицинских работников. В утвержденной «Концепции развития системы здравоохранения в Российской Федерации до 2020 года» отмечена потребность в медицинских специалистах «соответствующих новым требованиям к профессиональной деятельности» [2]. В этой связи, одной из ключевых профессиональных компетенций, в которых нуждаются для своей профессиональной деятельности медицинские работники, является владение информационными технологиями. В частности владение установленными программными комплексами в лечебно - профилактических учреждениях [9-10]. Важно внедрять информационные технологии в медицинских учреждениях Воронежской области [7, 11-21].

Учитывая этот факт, считаем целесообразным создание обучающего модуля для программного комплекса «Информационная система лечебно - профилактических учреждений».

Целью данной работы является: разработка обучающего модуля по программному комплексу «Информационная подсистемы лечебного учреждения.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить задачи:

1. Изучить основные принципы автоматизированных обучающих систем.
2. Рассмотреть характеристики программный комплекс «Информационная подсистема лечебного учреждения»
3. Создать обучающий модуль.

Описание инструментария

В качестве инструмента, который был использован для создания обучающего модуля была выбрана программа Adobe Captivate.

Adobe Captivate - мощная программа для создания интерактивных и видео курсов, тестовых заданий, записи с экрана. Сборка курсов под обложку.

С помощью этой программы возможно создание многофункциональных интерактивных электронных учебных курсов, презентаций, тестов и прочего контента при помощи более мощных функций, чем просто снимки экрана. Adobe Captivate позволяет осуществлять захват экрана, демонстрировать как движется курсор мыши, делать комментарии действий на экране, выделять различные режимы в обучении, которые требуют того, чтобы обучающийся выполнял определенные действия. Пользователь имеет возможности создания различных тестов, среди них может быть тест, касающийся выбора правильного варианта среди предложенных, проведение ввода ответа в пустое поле, проведение тест выбора среди вариантов "правда/ложь". Основываясь на программном продукте пользователь имеет возможность быстрого создания профессионального контента с целью электронного обучения, с улучшенной интерактивностью. Поддерживается импорт из MS PowerPoint, исходя из чего можно проводить преобразование слайдов в формат SWF, проводить создание интерактивных презентаций на основе внедрения звука и видео. Есть поддержка программой файлов MP3, AVI, FLA и FLV.

На сегодняшний день является одной из самых мощных программ для создания интерактивных курсов.

Программа выполняет:

- Захват экрана (фиксация происходящего на экране монитора);
- Показ того, как движется курсор мыши;
- Выдача комментариев по действиям программа может делать это автоматически);
- Создание разных режимов обучения, которые требуют от обучающихся, чтобы он выполнял определенные действия;
- Формирование различных тестов (могут быть тесты на выбор правильных вариантов среди предложенных, проведение ввода ответа в пустые поля, проведение теста выбора среди вариантов "правда/ложь").

Adobe Captivate обеспечивает возможность полноценной работы с документами Microsoft PowerPoint, что позволяет импортировать и редактировать слайды PowerPoint с сохранением анимации, звукового сопровождения и интерактивных возможностей. Вместе с тем решение Adobe Captivate поддерживает систему слоев Photoshop, предоставляя возможность создания на их базе анимаций отдельно в каждом из слоев. Кроме того, предусмотрена возможность публикации учебных материалов в формате SWF, PDF и Audio Video Interleave (AVI) для размещения на сервисах YouTube.

Описание программного комплекса «Информационная подсистема лечебного учреждения». Программный комплекс состоит из модулей «ИС ЛПУ» в настоящее время широко используется в Воронеже в Воронежской области. Основная цель использования данного комплекса – автоматизация процесса работы врачей ЛПУ при регистрации, лечении или отпуске лекарственных средств уже зарегистрированному больному, а также процесса формирования реестров счетов для территориального фонда обязательного медицинского страхования Воронежской области (ТФОМС ВО)

Программа включает в себя модули:

1. Модуль «Администратор ЛПУ»
2. Модуль «Медрегистратор-Медстатистик»
3. Модуль «Электронный счет»
4. Модуль «Статистическая отчетность ЛПУ»

1. Модуль «Администратор ЛПУ»

Областью применения модуля «Администратор ЛПУ» являются следующие рабочие места:

- рабочее место администратора базы данных;
- рабочее место врача-медстатистика отделения медстатистики ЛПУ.

«Администратор ЛПУ» обладает следующими возможностями:

- регистрация нового пользователя с вводом уникального имени и пароля пользователя;

- возможность экспорта справочных данных в электронную таблицу Microsoft Excel

- регистрация новых сотрудников ЛПУ
- ввод и корректировка тарифов ЛПУ;
- возможность использования справочников в информационной системе:

- Аптеки
- База данных действительных полисов (ТФОМС)
- Виды ЛПУ (ТФОМС)
- Виды медицинской помощи (ЛПУ)
- Виды направлений в ЛПУ
- Виды оперативных вмешательств (ЛПУ)
- Виды оплаты медицинских услуг (ТФОМС)
- Виды опьянения
- Виды случаев обслуживания
- Виды счетов ОМС
- Виды травм
- Врачебные специальности (ТФОМС)
- Врачи ЛПУ
- Врачи, имеющие право выписывать льготные рецепты
- Время госпитализации с начала заболевания
- Группы инвалидности (ЛПУ)
- Группы категорий федеральных льгот

- Группы сложностей лечения
- Группы состояния здоровья
- Длительность лечения по КСГ
- Документы, удостоверяющие личность (ДЛО)
- Документы, удостоверяющие личность пациента (ТФОМС)
- Допустимые серии полисов ОМС (ТФОМС)
- Единицы измерения доз ЛС
- Информация об ЛПУ
- Источники финансирования ЛС и ИМН (ТФОМС)
- Исходы заболевания (ТФОМС)
- Категории льгот (ЕДВ)
- Категории льгот (ЛПУ)
- Категории населения (ТФОМС)
- Категории пациентов ЛПУ (ЛПУ)
- Категории социального статуса пациента
- Классификатор МКБ-10 (ТФОМС)
- Классификатор стоматологических услуг (ТФОМС)
- КСГ (ЛПУ)
- Лекарственные средства и ИМН
- Лекарственные формы
- Лечебно-профилактические учреждения (ТФОМС)
- Льготные документы (ДЛО)
- Льготные лекарственные средства (ДЛО)
- Медицинские услуги (ТФОМС)
- Международные непатентованные наименования ЛС
- Места оказания медицинской помощи (ЛПУ)
- Населенные пункты (ТФОМС)
- Окончания случаев обслуживания (ТФОМС)
- Оперативные вмешательства (ЛПУ)
- Осложнения после (во время) операций
- Отделения ЛПУ (ЛПУ)
- Отделения ЛПУ (ТФОМС)
- Привязка врача к терапевтическим участкам
- Причины незаконченности случаев обслуживания (ТФОМС)
- Причины неоплаты счетов (ТФОМС)
- Причины снятия пациента с диспансерного учета
- Районы (ТФОМС)
- Результаты дополнительной диспансеризации
- Результаты лечения (ЛПУ)
- Сведения о головном ЛПУ
- СНИЛС врача

- Состояния госпитализации
 - Состояния инвалидности
 - Состояния счета ОМС
 - Специальности врачей-стоматологов (ТФОМС)
 - Страхователи (ТФОМС)
 - Страховщики (ТФОМС)
 - Страховщики по ДЛО
 - Тарифы ОМС на медицинские услуги, амбулаторная поликлиника (ЛПУ)
 - Тарифы ОМС на медицинские услуги, дневной стационар (ЛПУ)
 - Тарифы ОМС на медицинские услуги, консультативная поликлиника (ЛПУ)
 - Тарифы ОМС на медицинские услуги, круглосуточный стационар (ЛПУ)
 - Тарифы ОМС на медицинские услуги, стоматология (ЛПУ)
 - Терапевтические участки ЛПУ
 - Территориальные категории населения
 - Территории РФ (ТФОМС)
 - Типы заболеваний (ЛПУ)
 - Типы регистрируемых документов
 - Торговые наименования ЛС
 - Улицы (ТФОМС)
 - Фармакологические группы ЛС
 - Цели обращения (ТФОМС)
 - возможность изменения данных справочной подсистемы ЛПУ (в плане корректировки рабочего наименования) в справочниках:
 - Документы, удостоверяющие личность (ДЛО)
 - Категории льгот (ЕДВ)
 - ЛПУ,
 - Страховщиков, специальностей врачей-стоматологов и т.п.);
 - Льготные документы (ДЛО)
 - Медицинские услуги (ТФОМС)
 - Специальности врачей-стоматологов
 - Страховщики
 - Страховщики по ДЛО
 - возможность резервного копирования и восстановления базы данных
 - возможность поиска в базе данных с помощью языка SQL.
- Таким образом, данный модуль отвечает за основные настройки программы: путь к рабочей и резервной БД, производится настройка ЛПУ (название и вид ЛПУ), «Просмотр справочников» (позволяет произвести настройку отображаемых справочников), настроить встроенный генератора отчетов (произвести настройку показываемых полей соответствующими галочками и осуществить изменение расположения полей (вызов кнопками «Расположение полей»)).

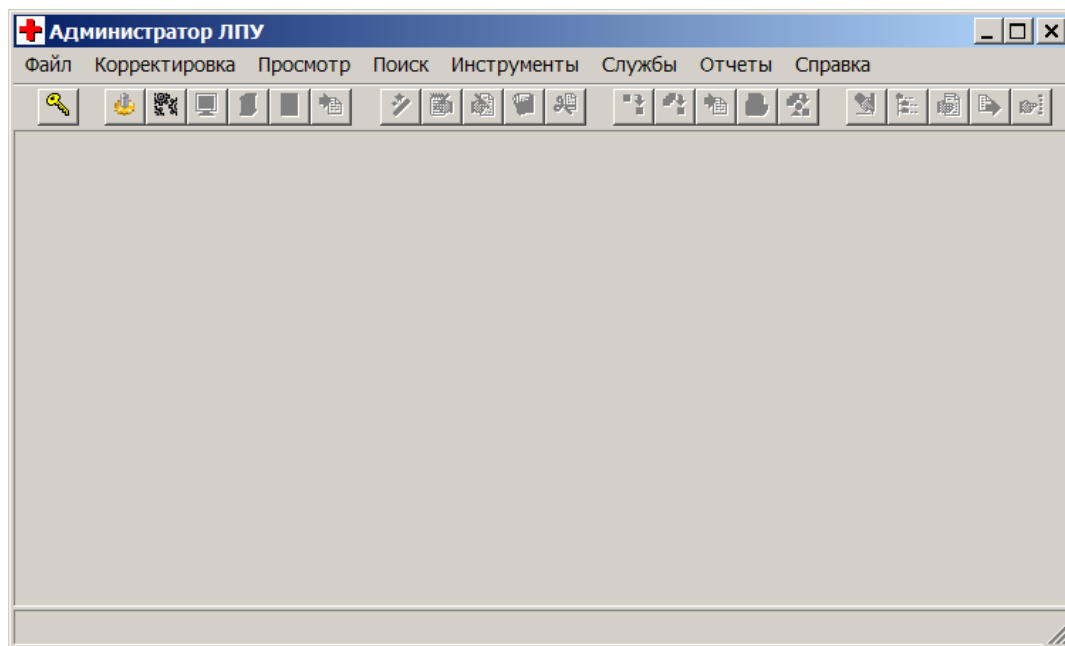


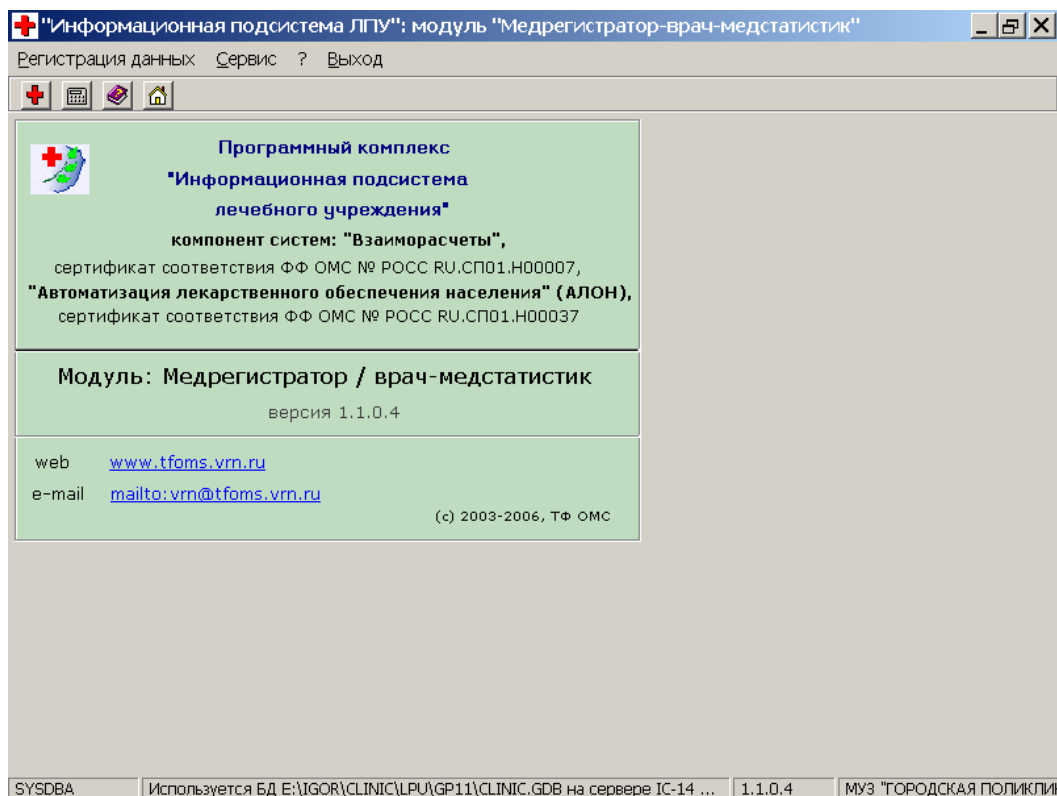
Рис. 1. Главное окно модуля «Администратор ЛПУ».

2. Модуль «Медрегистратор-Медстатистик»

«Медрегистратор-Медстатистик» предназначен для применения медрегистратором приемного отделения стационара ЛПУ, врачом приемного отделения стационара ЛПУ, медрегистратором регистратуры амбулаторной поликлиники ЛПУ, врачом-медстатистиком отделения медстатистики ЛПУ, регистратором орг.-метод.кабинета (ОМК) ЛПУ (выписка льготных рецептов лицам, имеющим право на набор социальных услуг).

Основной целью эксплуатации модуля «Медрегистратор-медстатистик» является автоматизация процессов:

- регистрации паспортных данных пациентов ЛПУ;
- регистрации данных карты выбывшего из стационара (далее КВС);
- регистрации данных талонов амбулаторного пациента (далее ТАП), в том числе регистрации данных талонов пациентов дневного стационара (далее ТДС)/стационара на дому (далее ТСД) амбулаторной поликлиники ЛПУ;
- регистрации данных талонов амбулаторного пациента для стоматологического подразделения (поликлиники) ЛПУ (далее ТС);
- регистрации данных талонов пациентов пациента консультативной поликлиники ЛПУ (далее ТС);
- регистрации учета лекарственных средств, израсходованных пациентом во время лечения в стационаре и (или) дневном стационаре ЛПУ;
- регистрации данных о выписанных с ЛПУ льготных рецептов (ЛР), лицам, имеющим право на набор социальных услуг;
- регистрации данных карты учета дополнительной диспансеризации (КДД) работающего гражданина;



Областью применения модуля «Электронный счет» программного комплекса «Информационная подсистема лечебного учреждения» являются рабочее место врача-медстатистика отделения медстатистики ЛПУ и рабочее место бухгалтера\экономиста ЛПУ.

При эксплуатации модуля «Электронный счет» возможно формирования реестров счетов за медицинские услуги, по следующим видам ЛПУ:

- круглосуточный стационар;
- амбулаторная поликлиника;
- дневной стационар амбулаторной поликлиники;
- стоматология;
- консультативная поликлиника;

- а также видам реестров счетов по реализации национального проекта в сфере здравоохранения:

- дополнительная диспансеризация работников предприятий бюджетной сферы;

Таким образом, данный модуль обеспечивает автоматизацию процесса формирования реестров счетов, которая включает в себя возможность формирования первичных и повторных (возвратных) счетов с проверкой соответствующих тарифов и возможность формирования счетов по пациентам, застрахованных вне территории Воронежской области.

«Электронный счет» формирует файл обмена, содержащий сведения о ЛР (льготных рецептах) выписанных в ЛПУ, сведения персонифицированного учета медикаментов (израсходованных пациентом во время лечения в стационаре и (или) дневном стационаре), и их электронные копии в формате (ARJ), который соответствует электронному обмену между субъектами ОМС на территории и Воронежской области.

Модуль обеспечивает автоматизацию процесса формирования и вывода на печатающее устройства счет-фактуры, сводный счет-реестр по плательщикам, реестр счетов (пофамильная ведомость).

«Электронный счет» позволяет аннулировать собранные реестры счетов за медицинские услуги за счет повторного выставления счетов.

4. Модуль «Статистическая отчетность ЛПУ»

В состав модуля входит исполняемый файл и папка, содержащая бланки форм статистической отчетности.

В модуле «Статистическая отчетность ЛПУ» предусмотрено формирование двух видов форм статистической отчетности:

- За период. Здесь формируются отчеты по дате окончания случая обслуживания.
- По счету. Здесь формируются отчеты по тем случаям обслуживания, которые были выставлены к оплате в СМО.

Чтобы сформировать отчет необходимо ввести имя пользователя и пароль, а затем нажать кнопку «Регистрация». Появится главное окно программы.

В новой версии модуля появились отчеты по пользователям, по ЛПУ.

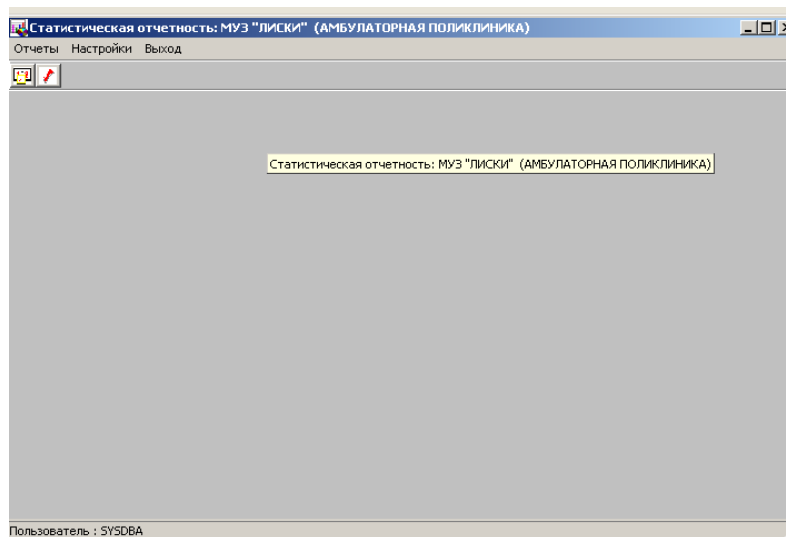


Рис. 3. Главное окно модуля «Электронный счет».

Далее необходимо произвести настройки, выбрав в главном меню пункт «Настройки» и убедиться что соответствующий ЛПУ и его тип указаны верно (для каждого ЛПУ свое имя и тип). Если ничего не указано, то задать необходимые данные.

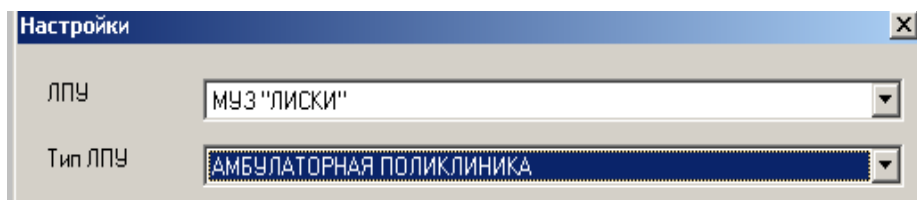


Рис. 4. Окно настроек.

Совершив выше указанные настройки программа готова к работе. Можно нажать на кнопку «отчеты» и выбрать вид отчета за месяц или за период.

Структура обучающего модуля. Выше подробно описан программный комплекс «Информационная подсистема лечебного учреждения». Его изучение позволяет составить структуру обучающего модуля, выделить основные пять частей, блоков, и составить схему взаимодействия обучающих уроков (рис. 5):

I. Установка и настройка системы

- Ввод первичных данных для начала работы ПК «ИС ЛПУ»:
 - оНастройка на ЛПУ
 - оВвод информации об ЛПУ
 - оВвод отделений ЛПУ
 - оВвод врачей ЛПУ
 - оВвод тарифов ЛПУ

oВвод рабочих наименований часто используемых значений справочников

oЗагрузка файла обмена данными по застрахованным

oЗагрузка обновлений справочников

- Работа по ДЛО

oЗагрузка регистра льготников

oЗагрузка справочников по ДЛО

oРабота по загрузке реестров отпущенных аптекой ЛЛС

oРабота по вводу информации в справочники «Терапевтический участок ЛПУ» и в «Привязка врача к терапевтическим участкам»

oРедактирование шаблонов ЛЛС

II. Модуль «Администратор ЛПУ»

- Запуск программы и подключение к базе данных

- Настройка пути к базе данных

- Загрузка файла обмена данными по страхователям

- Просмотр справочников

III. Модуль «Медрегистратор-Медстатистик»

- Загрузка модуля “Медрегистратор-Медстатистик”

- Регистрация данных КВС

- Регистрация данных ТАП

- Регистрация данных ЛР (льготного рецепта)

IV. Модуль «Электронный счет»

- Настройка путей к служебным файлам, необходимым для формирования выходных документов в DBF-формате

- Регистрация реквизитов головного ЛПУ

- Сборка реестров счетов

- Формирование финансовых документов

- Расформирование сформированных реестров счетов

V. Модуль «Статистическая отчетность ЛПУ»

- Запуск программы

- Настройки программы

- Статистические отчеты

- Финансовые отчеты

- Отчеты ДЛО

- Пользователи

- ЛПУ

Модуль работает автономно от рабочих баз данных, то есть будет представлен в виде отдельного файла. Данный принцип связан с тем, что пользователь в процессе обучения, не сможет повредить уже имеющуюся ценные данные, тем самым базы данных не будут подвергаться риску.

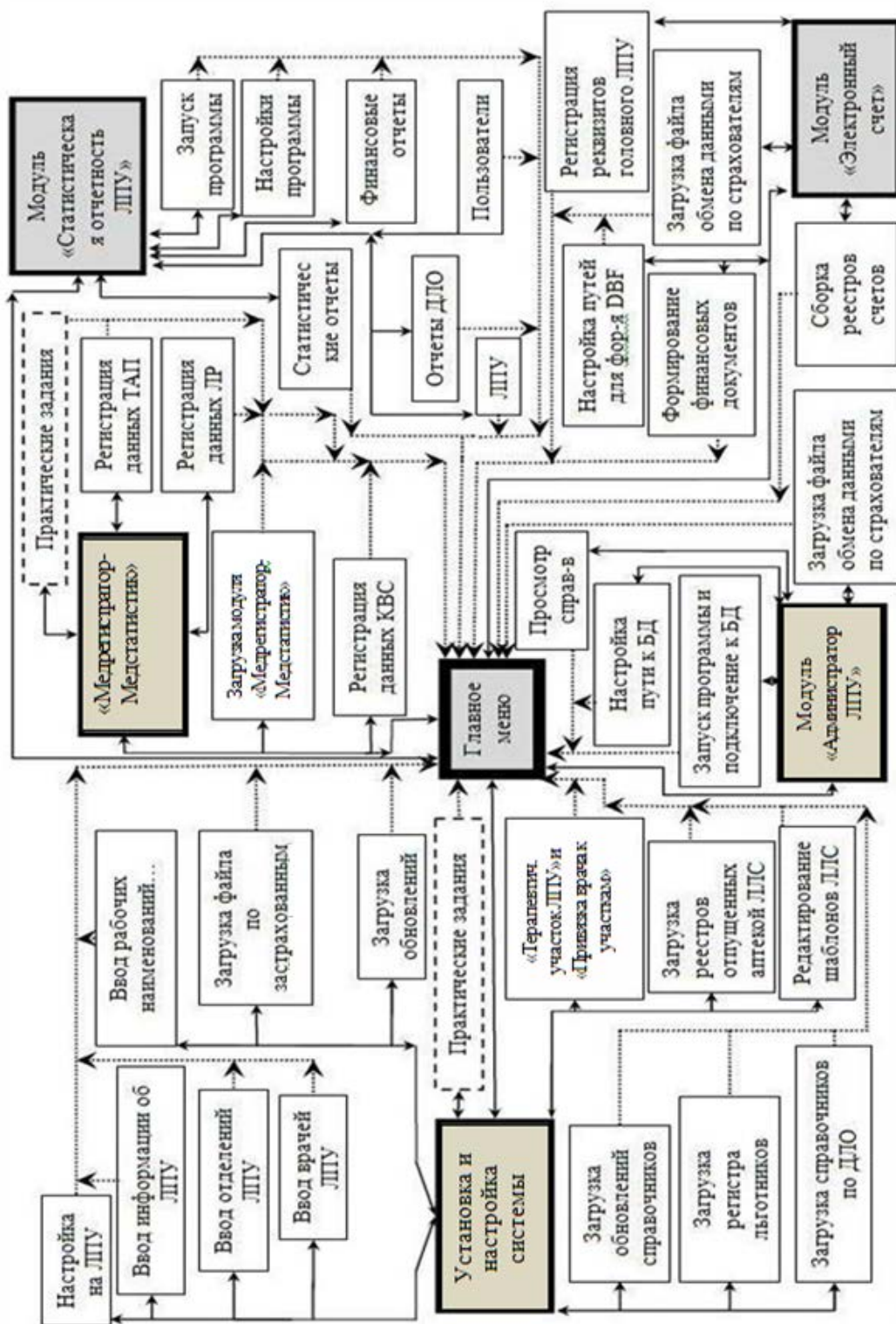


Рис. 5. Взаимодействие обучающих уроков.

Описание рабочих элементов модуля. В обучающем модуле по комплексу «ИП ЛПУ» 5 блоков – 5 меню, к которым можно обратиться через главное меню (рис. 6). В каждом меню присутствуют кнопки для запуска обучающего видео курса (рис. 7). Также присутствуют практические задания, чтобы учащийся смог повторить увиденное в процессе обучения и тем самым закрепить полученные знания. Если пользователю что-либо будет непонятно в практическом задании, то он может вернуться к просмотру обучающего видео материала нажав на кнопку «Возврат в меню».

Во время просмотра обучающего видео в правой части экрана располагаются три кнопки (рис. 8): Play/Pause, Exit, Sound. Для остановки или возобновления воспроизведения, выхода из программы и включения/отключения звуковых оповещений.

Если по какой-либо причине в начале видео урока обучаемый, пожелает выбрать другой, то он может воспользоваться кнопками «Выбор урока» или «Меню». Аналогичные кнопки располагаются в конце урока.

При нажатии на кнопку «Выбор урока» будет осуществлен возврат на окно выбора обучающего видео соответствующего пункта меню (рис. 9). Иными словами, если обучаемый находился в меню «Модуль «Статистическая отчетность ЛПУ»» и выбрал для просмотра видео урок «Финансовые отчеты», а далее нажал на кнопку «Выбор урока», то он вернется в меню «Модуль «Статистическая отчетность ЛПУ»».

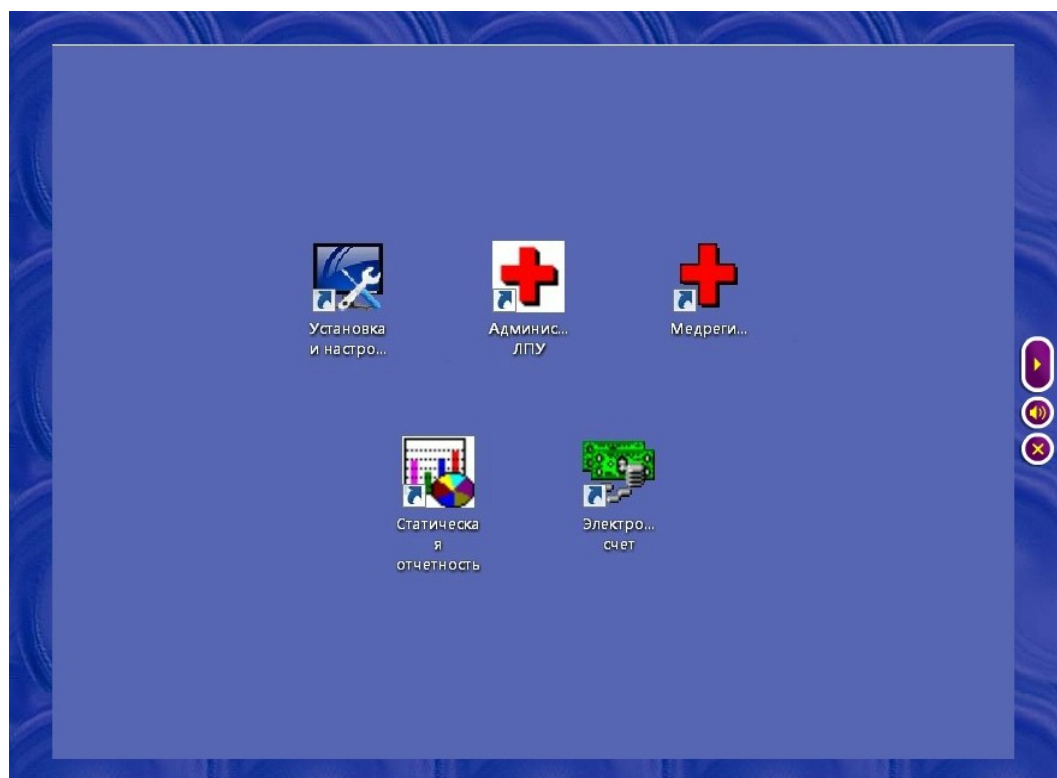


Рис. 6. Главное меню модуля.

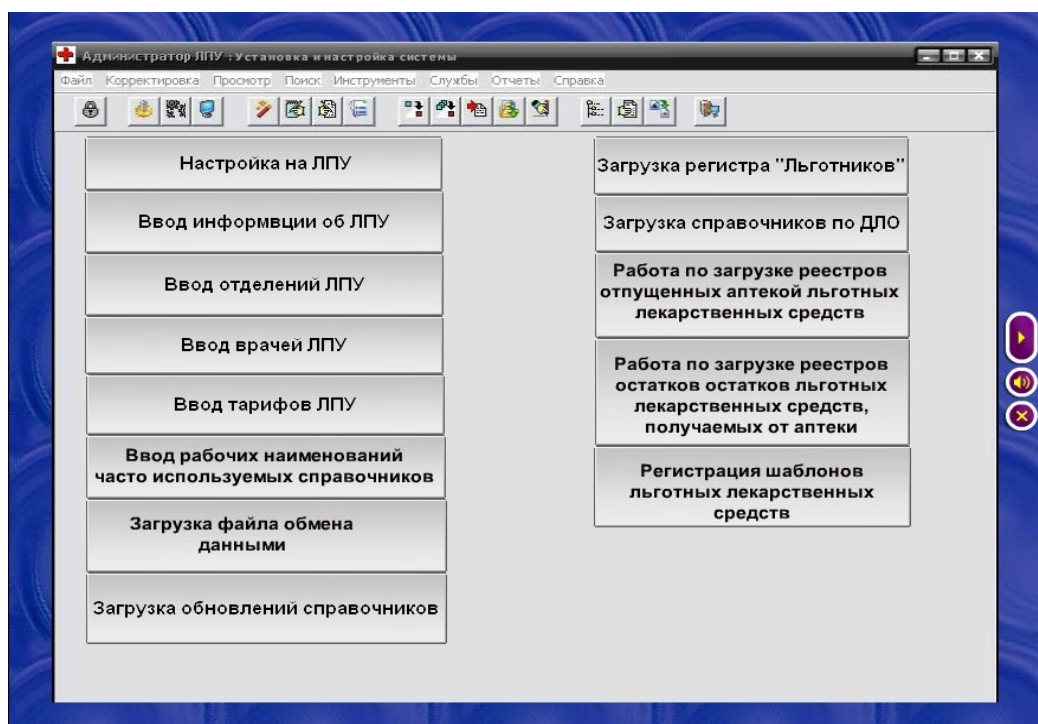


Рис. 7. Меню Установки и настройки системы.

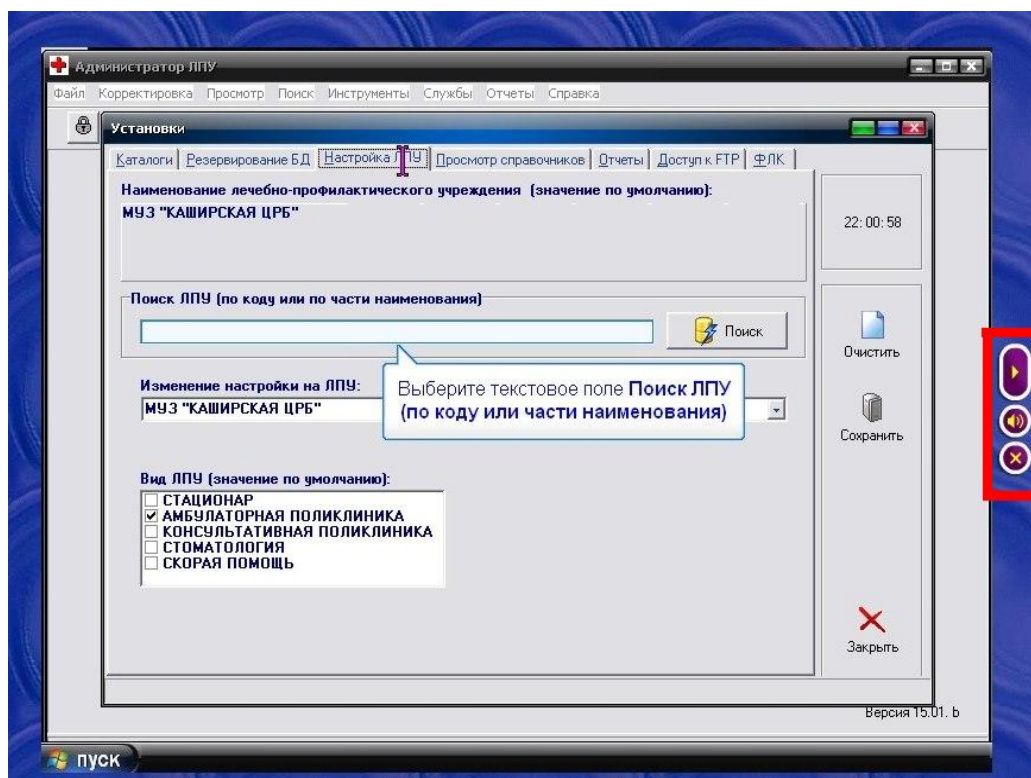


Рис. 8. Кнопки управления программой.

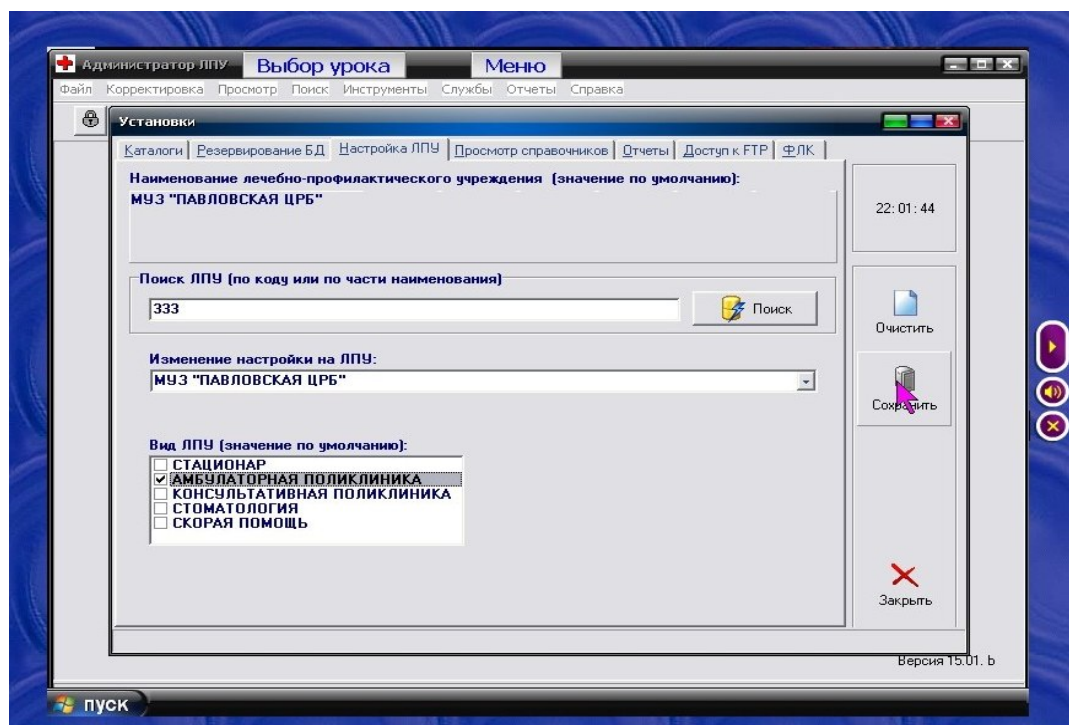


Рис. 9. Кнопки «Выбор урока» и «Меню».

При нажатии на кнопку «Меню» осуществляется возврат к главному окну, откуда можно выбрать интересующий раздел\меню.

Вывод

В работе приведено описание программного комплекса «Информационная подсистема лечебного учреждения». Разработана структура и содержание обучающего модуля на основе программы Adobe Captivate.

Использованная литература:

- [1] Чопоров О.Н. Рационализация управления региональными системами на основе использования методов системного анализа, информационных и ГИС-технологий / О.Н. Чопоров, Н.А. Гладских, С.С. Пронин, М.И. Чудинов, С.Н. Семенов, К.Л. Матюшевский // Прикладные информационные аспекты медицины. 2007. № 102. С. 15-19.
- [2] Чопоров О.Н. Оптимизационная модель выбора начального плана управляющих воздействий для медицинских информационных систем / О.Н. Чопоров, К.А. Разинкин // Системы управления и информационные технологии. 2011. Т. 46. № 4.1. С. 185-187.

- [3] Косолапов В.П. Особенности репродуктивного здоровья населения Воронежской области на фоне ЦЧР / В.П. Косолапов, П.Е. Чесноков, Г.Я. Клименко, О.Н.Чопоров // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2010. Т. 9. № 3. С. 649-655.
- [4] Ролдугин Г. Н. Оптимизация управленческого учета и ресурсоэффективности медицинского обслуживания населения лечебно-профилактическими учреждениями / Г.Н. Ролдугин, О.Н. Чопоров // монография, Воронеж, Издательство: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2003, 175 с.
- [5] Чопоров О.Н. Методы анализа значимости показателей при классификационном и прогностическом моделировании / О.Н. Чопоров, А.Н. Чупеев, С.Ю. Брегеда // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 9. С. 92-94.
- [6] Бережная Е.В. Оценка риска для здоровья населения г. Воронежа при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух / Е.В.Бережная // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2013. № 1. С. 2.
- [7] Шахнович Д.К. Разработка и построение автоматизированного рабочего места врача-невролога / Д.К. Шахнович, А.П. Преображенский // Врач-аспирант. 2006. № 4. С. 372-376.
- [8] Преображенский Ю.П. Применение имитационно-семантического моделирования и полумарковских процессов принятия решений в клинической практике / Ю.П.Преображенский, Н.С.Преображенская // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 83-89.
- [9] Преображенский Ю.П. Оценка эффективности применения системы интеллектуальной поддержки принятия решений / Ю.П.Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2009. № 5. С. 116-119.
- [10] Преображенский Ю.П. Формирование решающих правил интеллектуальной поддержки решений врача при исследовании многокритериальных клинических объектов / Ю.П.Преображенский, М.М.Шаталов // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 077-079.
- [11] Бородин В.И. Медико-экологический мониторинг и оценка комфортности проживания населения региона / В.И. Бородин, М.Л. Бочоришвили, С.Б. Гриднева, Е.Н.Коровин, А.В.Фролова // Вестник новых медицинских технологий. 2001. Т. VIII. № 1. С. 86.
- [12] Коровин Е.Н. Методология рационального управления медицинским обслуживанием населения сельского административного района с применением ГИС-технологий / Е. Н. Коровин, А. А. Панченко, О. В. Родионов // ГОУВПО «Воронежский гос. технический ун-т». Воронеж, 2007.

- [13] Львович Я.Е. Функционально-инвариантные модели обучения в общей схеме проектирования распределённых систем обучения / Я.Е.Львович, Е.Н.Королёв // Наука – производству. 2006. № 4. С. 2-6.
- [14] Кострова В.Н. Оптимизация распределения ресурсов в рамках комплекса общеобразовательных учреждений / В.Н. Кострова, Я.Е. Львович, О.Н. Мосолов / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 8. С. 174-176.
- [15] Львович И.Я. Новый анализ эпидемиологического и экономического использования антидепрессантов в психиатрических учреждениях / И.Я. Львович, В.А. Куташов // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т. XV. № 1. С. 63-66.
- [16] Львович И.Я. Программная реализация методики прогнозирования медико-демографических данных / И.Я. Львович, С.Н. Семенов, Н.А. Гладских, С.С. Пронин // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. 2007. № 27. С. 100-104.
- [17] Волобуева Е.В. К вопросу выбора критерия проверки статистических гипотез / Е.В. Волобуева, Н.В. Чернякова, М.И. Гусева // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 134-138.

.....

professor I.Y. Lvovich, D. Sc.
Pan-European University in Bratislava
office@vivt.ru

O.A. Silkin
LLC «Intellectual resource», Voronezh
nevzo@yandex.ru

A.P. Preobrazhensky, Ph.D. (physics and mathematics)
Voronezh Institute of High Technologies
komkovvivt@yandex.ru

***Working out of information subsystem
of forecasting of malignant new growths development
and health state of oncological patients upon medical
and social risk factors***

***Разработка информационной подсистемы
прогнозирования развития злокачественных
новообразований и состояния здоровья онкологических
больных по медико-социальным факторам риска***

***O.N. Choporov, A.I. Agarkov, G.Ja. Klimenko
О.Н. Чопоров, А.И. Азарков, Г.Я. Клименко***

Abstract:

The article describes the information subsystem of forecasting of malignant new growths development and health state of oncological patients upon medical and social risk factors based on complex medical and social research. In the course of questionnaire survey of 320 patients with malignant new growths and residing in the metal mining industry region, the authors carried out the analysis of interrelation and importance of medical and social risk factors of disease development. The most important factors provided the basis of forecasting models of disease development and patients' health state.

Аннотация:

Представлена информационная подсистема прогнозирования развития злокачественных новообразований и состояния здоровья онкологических

больных по медико-социальным факторам риска на основе результатов комплексного медико-социального исследования. В ходе анкетирования 320 больных со злокачественными новообразованиями, проживающих в регионе с развитой горнорудной промышленностью, проведен анализ взаимосвязи и значимости медико-социальных факторов риска развития заболевания. На основе наиболее значимых факторов построены прогностические модели развития заболевания и оценки состояния здоровья больных.

Keywords:

Medical information system, forecasting models, medical and social risk factors, oncological morbidity.

Ключевые слова:

Медицинская информационная система, прогностические модели, медико-социальные факторы риска, онкологическая заболеваемость.

Введение

В Российской Федерации, согласно данным научно-исследовательского онкологического института им. П.А. Герцена, ежегодно диагностируется более 500 тыс. новых случаев злокачественных новообразований. В 2012 году в Российской Федерации впервые в жизни выявлено 525931 случаев злокачественных новообразований. Из общего числа лет, не дожитых населением России до 70-летнего возраста, около 1/3 связаны с онкозаболеваниями. В структуре причин смерти новообразования занимают 3-е место [1].

Онкологические заболевания влекут за собой ряд неблагоприятных последствий как социального, так и медицинского порядка. Во многих случаях заболевание носит затяжной характер с частыми рецидивами, с временной и стойкой потерей трудоспособности. На конец 2012 года контингент больных со злокачественными новообразованиями, состоящих на учете в онкологических учреждениях РФ, составил 2995566 человек, то есть 2,1 % населения страны. Показатель распространенности злокачественных новообразований в массиве населения России достиг в 2012 году 2095,4 случаев на 100 000 населения, что выше уровня 2002 года (1548,5 случаев) на 37,2 % [1]. Во многих случаях заболевание носит затяжной характер с частыми рецидивами, с временной и стойкой потерей трудоспособности.

На развитие онкологических заболеваний значительное влияние оказывают медико-социальные факторы риска, однако число исследований, посвященных данному аспекту незначительно и они носят фрагментарный характер. Помимо этого, в последние десятилетия значительно возрастает

интерес к вопросам разработки математических моделей для прогнозирования развития разных патологий, оценки состояния здоровья больных и создания компьютерных программ, реализующих подобные модели, что и определило актуальность настоящего исследования.

■ **Формирование информационной базы данных**

Для решения поставленной задачи было проведено медико-социальное исследование в ходе которого собраны, обработаны, проанализированы и обобщены результаты анкетирования 320 больных злокачественными новообразованиями (основная группа) и 336 человек, у которых отсутствовала данная патология (контрольная группа). Анализировались такие показатели, как пол, возраст, рост, вес, уровень образования, социальное положение, место работы, общий трудовой стаж, режим труда, условия труда, наличие профессиональных вредностей и периодичность их влияния, семейное положение, жилищно-бытовые условия и материальное обеспечение, оценка питания, характер сна, занятия спортом и утренней гимнастикой, курение и употребление алкоголя, наличие хронических заболеваний, оценка состояния здоровья, наследственная предрасположенность, удовлетворенность медицинской помощью и др. Для женщин также регистрировались показатели репродуктивной функции. Большинство показателей оценивались больными ретроспективно на момент, предшествующий заболеванию и на момент настоящего обследования. Врачом заполнялись такие показатели, как основной диагноз, сопутствующие заболевания, длительность заболевания, число обращений за медицинской помощью и число госпитализаций, длительность нахождения на учете, наличие инвалидности. При этом в качестве рабочей гипотезы было принято положение что «на состояние здоровья онкологических больных оказывает влияние комплекс медико-социальных факторов риска, связанных с их условиями жизни и труда».

Для статистической обработки с использованием моделирования все данные должны быть представлены в численном виде. Учитывая, что анкетные данные были представлены как в количественном, так и в качественном виде, мы сочли уместным преобразовать информацию, содержащую фиксированные смысловые (лингвистические) значения к численному виду [2-4].

Алгоритм преобразования следующий.

1. Показатели, имеющие два возможных значения (типа «да», «нет» или «мужской», «женский»), преобразуются соответственно в 1 и 0.

2. Лингвистические значения показателя сортируются по возрастанию значимости (например, «удовлетворительно»-«хорошо»-«отлично»; «нет»-«затрудняюсь ответить»-«да»; «легкий»-«средний»-«тяжелый» и т.д.).

В случае затруднения или неоднозначности ситуации (например, при оценке семейного положения – «женат»-«холост»-«разведен»-«вдовец»),

предлагается использование метода априорного ранжирования, позволяющего объективно оценить субъективное мнение специалистов (экспертов).

3. В случае, если отличия между двумя смежными парами значений показателей неравнозначны, то осуществляется следующий этап преобразования, при котором m ($m > 7$) экспертам предлагается оценить по 5-балльной шкале значимость различий $\Delta_{i-1,i}^j$ ($i = \overline{2, n}$, $j = \overline{1, m}$) между «соседними» градациями показателя, отсортированными в порядке возрастания их значимости.

В случае согласия мнений участников экспертизы ($\chi_{рас}^2 > \chi_{табл}^2$), их оценки усредняются:

$$\Delta_{i-1,i} = \sum_{j=1}^m \Delta_{i-1,i}^j, \quad i = \overline{2, n}. \quad (1)$$

Численная оценка значений показателя вычисляется следующим образом:

$$z_1 = 0, \quad z_i = z_{i-1} + \Delta_{i-1,i}, \quad i = \overline{2, n}, \quad (2)$$

где n – число различных значений показателя, отсортированных в порядке возрастания их значимости.

Для удобства дальнейших расчетов предлагается использовать нормированные значения полученных в соответствии с (2) численных оценок:

$$z_i^n = \frac{z_i}{z_n}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (3)$$

В результате данной нормировки все значения показателя будут находиться в интервале $[0,1]$, при этом, наименее значимое («наихудшее») значение будет соответствовать нулю, а наиболее значимое («наилучшее») – единице.

Для анализа значимости медико-социальных факторов риска развития злокачественных новообразований проводилось сравнение основной и контрольной группы по t-критерию Стьюдента. Так как t-статистика пропорциональна степени различия показателей в сравниваемых группах, данная величина была принята в качестве оценки значимости соответствующих факторов риска [4-8].

Для оценки степени влияния медико-социальных характеристик на состояние здоровья больных со злокачественными новообразованиями производилось вычисление коэффициентов парной корреляции, характеризующих степень взаимосвязи анализируемых характеристик с самооценкой состояния здоровья больными со злокачественными новообразованиями, длительностью заболевания, числом госпитализаций. На основе полученных данных производилось ранжирование медико-социальных характеристик по степени их влияния на ведущие показатели.

Построение прогностических моделей

Для прогнозирования развития злокачественных новообразований по медико-социальным характеристикам необходимо построение соответствующих моделей [9-18]. Для получения математического описания чаще всего используются методы активного и пассивного эксперимента, основанные на регрессионном анализе [19]. Учитывая специфику нашей задачи, для моделирования применялся пассивный эксперимент на основе архивной информации.

Общая формула уравнения регрессии представляется в виде полинома [6, 20, 21]

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i,j=1}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2 \quad (4)$$

где y – моделируемая величина (зависимая переменная);

x_i, x_j – показатели, влияющие на моделируемую величину
(независимые переменные);

b_0, b_i, b_{ij} – коэффициенты уравнения регрессии;

n – количество независимых переменных.

Для прогнозируемых показателей Y , являющихся качественной переменной, определяющей одно из двух возможных состояний "0" или "1" (например, факт развития злокачественного новообразования), невозможно использовать линейную регрессионную модель, так как неясно, как интерпретировать в этом случае регрессионные значения, измеренные в непрерывной количественной шкале [6].

Поэтому в этом случае для прогнозирования строили специальные регрессионные модели, являющиеся моделями бинарного выбора – логистические модели, имеющие вид:

$$Y = \frac{e^{b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_i x_i + \dots + b_K x_K}}{1 + e^{b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_i x_i + \dots + b_K x_K}}, \quad (5)$$

Построение уравнений множественной регрессии производилось путем так называемого шагового (многошагового) анализа, в процессе которого находилось решение модели и с помощью статистико-математических критериев завершался отбор факторов и уточнялась форма связи каждого фактора с результативным признаком. Для включения в модели отбирались наиболее значимые и не связанные друг с другом показатели.

В результате были получены следующие модели.

1. Вероятность развития злокачественных новообразований (Y):

$$Y = \frac{e^{\text{reg}}}{1 + e^{\text{reg}}}$$

$$\text{reg} = -6,30127 + 0,074076 * X_1 - 2,07511 * X_2 - 1,99562 * X_3 + 4,52249 * X_4 + 0,0492517 * X_5 - 0,138805 * X_6 + 0,0544903 * X_7 + 1,05885 * X_8 + 1,45151 * X_9 + 0,858707 * X_{10}$$

где X_1 – возраст, X_2 – пол, X_3 – оценка условий труда, X_4 – материальное обеспечение, X_5 – индекс массы тела, X_6 – системность приемов пищи, X_7 – число выкуриваемых сигарет, X_8 – наличие хронических заболеваний, X_9 – наличие онкологических заболеваний у отца, X_{10} – наличие онкологических заболеваний по материнской линии.

Шкала для оценки: 0 - 0,29 – низкая вероятность развития злокачественных новообразований; 0,30 - 0,69 – средняя вероятность развития злокачественных новообразований; 0,70 - 1,00 – высокая вероятность развития злокачественных новообразований.

2. Оценка состояния здоровья больного со злокачественными новообразованиями (Y_1):

$$Y_1 = 0,415384 - 0,00627148 * X_{1_1} + 0,165945 * X_{1_2} + 0,199263 * X_{1_3} - 0,0394057 * X_{1_4} + 0,329452 * X_{1_5} - 0,0574219 * X_{1_6} + 0,124349 * X_{1_7} - 0,00393056 * X_{1_8} + 0,0353085 * X_{1_9}$$

где X_{1_1} – возраст, X_{1_2} – уровень образования, X_{1_3} – место работы, X_{1_4} – семейное положение, X_{1_5} – материальное обеспечение, X_{1_6} – питание, X_{1_7} – характер сна, X_{1_8} – число выкуриваемых сигарет в день, X_{1_9} – число переливаний крови.

Шкала для оценки: 0 - 0,20 – неудовлетворительное состояние здоровья; 0,21 - 0,50 – удовлетворительное состояние здоровья; 0,51 - 1,00 – хорошее состояние здоровья.

3. Число обращений за медицинской помощью (Y_2):

$$Y_2 = 4,14626 - 0,0247552 * X_{2_1} - 3,04021 * X_{2_2} + 4,15333 * X_{2_3} - 0,0567784 * X_{2_4} + 4,41239 * X_{2_5} + 0,045939 * X_{2_6} + 6,11346 * X_{2_7}$$

где X_{2_1} – возраст, X_{2_2} – место работы, X_{2_3} – режим работы, X_{2_4} – ИМТ, X_{2_5} – употребление алкоголя, X_{2_6} – число выкуриваемых сигарет в день, X_{2_7} – группа инвалидности.

Шкала для оценки: 0 - 0,50 – нет обращений; 0,51 - 1,50 – одно обращение; 1,51 - 2,50 – два обращения; 2,51 - 3,50 – три обращения; 3,51 и более – более 3-х обращений.

4. Группа инвалидности (Y_3):

$$Y_3 = 0,870471 + 0,00688315 * X_{3_1} - 0,355974 * X_{3_2} - 0,120115 * X_{3_3} + 0,324834 * X_{3_4} - 0,0128372 * X_{3_5} - 0,0368302 * X_{3_6} + 0,00617405 * X_{3_7} + 0,0511249 * X_{3_8} - 0,048119 * X_{3_9}$$

где X_{3_1} – возраст, X_{3_2} – место работы, X_{3_3} – физическая нагрузка, X_{3_4} – жилищно-бытовые условия, X_{3_5} – ИМТ, X_{3_6} – длительность сна, X_{3_7} – наличие хронических заболеваний, X_{3_8} – число переливаний крови, X_{3_9} – длительность заболевания.

Шкала для оценки: 0 - 0,24 – нет инвалидности; 0,25 - 0,49 – III-я группа инвалидности; 0,50 - 0,74 – II-я группа инвалидности; 0,75 - 1,00 – I-я группа инвалидности.

Апробация построенных моделей проводилась на тестовой выборке, в которую вошло 60 пациентов, у 30 из них были зарегистрированы злокачественные новообразования. Результаты верификации модели прогнозирования развития злокачественных новообразований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты верификации прогностической модели развития злокачественных новообразований

Группа обследованных	Прогнозируемая вероятность развития злокачественных новообразований	
	>50 %	≤50 %
со злокачественными новообразованиями (n=30)	28 чел. (90,0 %)	3 чел. (10,0 %)
без злокачественных новообразований (n=30)	5 чел. (16,7 %)	26 чел. (83,3 %)

Как видно из таблицы, вероятность правильного прогноза, в среднем, составляет 86,7 %, причем факт развития злокачественного новообразования не был спрогнозирован всего в трех случаях из тридцати (10,0 %), что вполне достаточно для применения в практике.

► Разработка информационной подсистемы

На основе построенных моделей была разработана информационная подсистема прогнозирования развития злокачественных новообразований и состояния здоровья онкологических больных по медико-социальным факторам риска. Данное программное средство реализует индивидуальный подход к прогнозированию развития злокачественных новообразований, а также позволяет осуществлять статистические исследования в этой области. Предоставляется возможность сбора и накопления информации о медико-социальных характеристиках.

Главное окно программы представлено на рисунке 1.

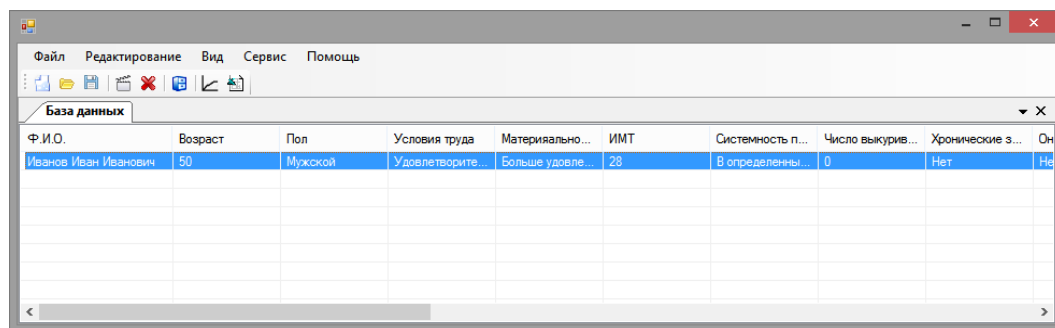


Рис. 1. Главное окно программы.

Через основное меню предоставляются следующие возможности:

- создание новой базы данных (пункт меню «Файл/Создать» или кнопка  или горячие клавиши CTRL-N);
- открытие существующей базы данных («Файл/Открыть» /  / CTRL-O);
- сохранение созданной или измененной базы данных («Файл/Сохранить» /  / CTRL-S);
- добавление полей записи о новом пациенте («Редактирование/Новая запись» /  / Ins), при этом открывается диалоговое окно, изображенное на рис. 2;
- редактирование выделенной записи (двойной щелчок мышкой по выделенной записи),
- удаление выделенной записи («Редактирование/Удалить запись» /  / Del);
- редактирование индивидуальных факторов риска («Сервис/Редактор показателей» / ), при этом открывается диалоговое окно (рис. 3); в котором предоставляется возможность редактирования списка факторов риска и их параметров, а также осуществить вызов диалогового окна для редактирования текущей модели прогнозирования (рис. 4);
- построение прогноза по разработанным математическим моделям («Сервис/Прогнозирование» / ), при этом открывается диалог с результатом прогнозирования для выбранной записи базы данных (рис. 5);
- экспорт в Excel () – передает содержимое базы данных в MS Excel.

Редактирование записи

Ф.И.О.	Иванов Иван Иванович
Возраст	50
Пол	Мужской
Условия труда	Удовлетворительн
Материальное обеспечение	Больше удовлетвор
ИМТ	28,000
Системность приемов пищи	В определенные час
Число выкуриваемых сигарет	0
Хронические заболевания	Нет
Онкологические заболевания у отца	Нет
Онкологические заболевания у матери	Нет
Уровень образования	Высшее
Место работы	Учреждение
Семейное положение	Женат (замужем)
Питание	Удовлетворительнс
Характер сна	Спокойный
Число переливаний крови	0
Режим работы	Односменный
Употребление алкоголя	Не употребляю
Группа инвалидности	Нет инвалидности
Физическая нагрузка	Средняя
Жилищно-бытовые условия	Удовлетворительн
Длительность сна	8
Длительность заболевания (лет)	5,000

OK Cancel

Рис. 2. Диалоговое окно «Редактирование записи».

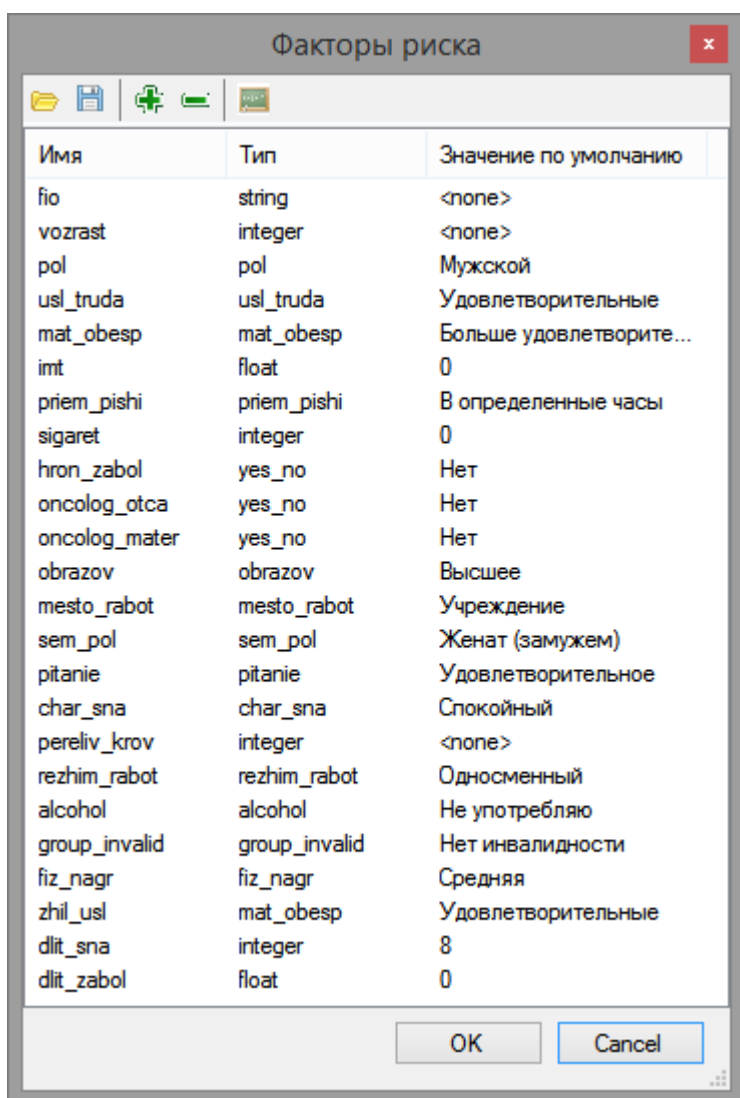


Рис. 3. Диалоговое окно «Факторы риска».

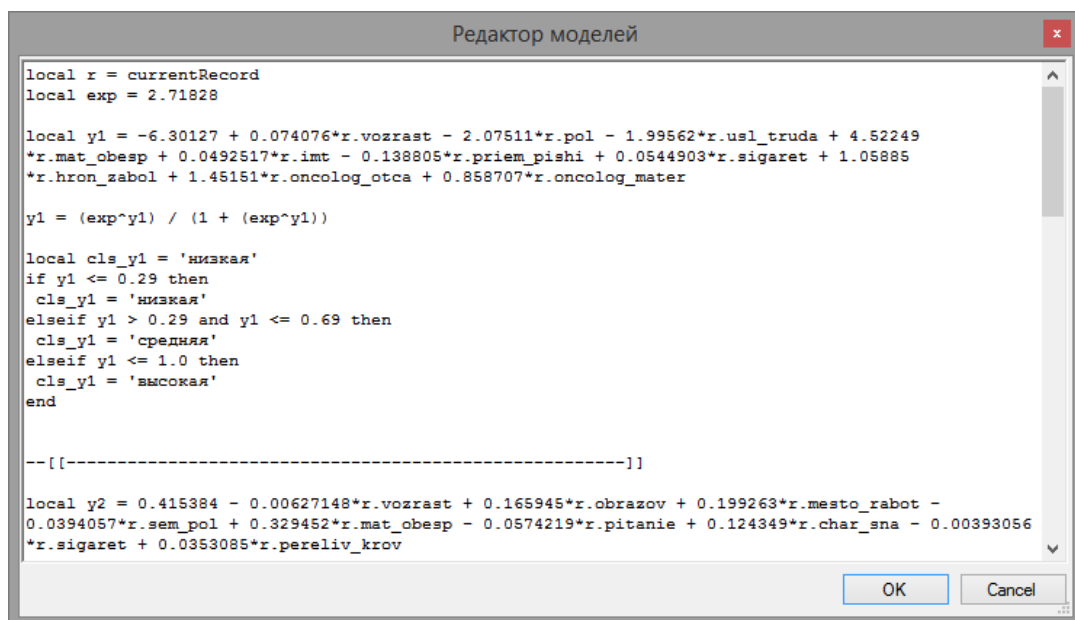


Рис. 4. Диалоговое окно «Редактор моделей».

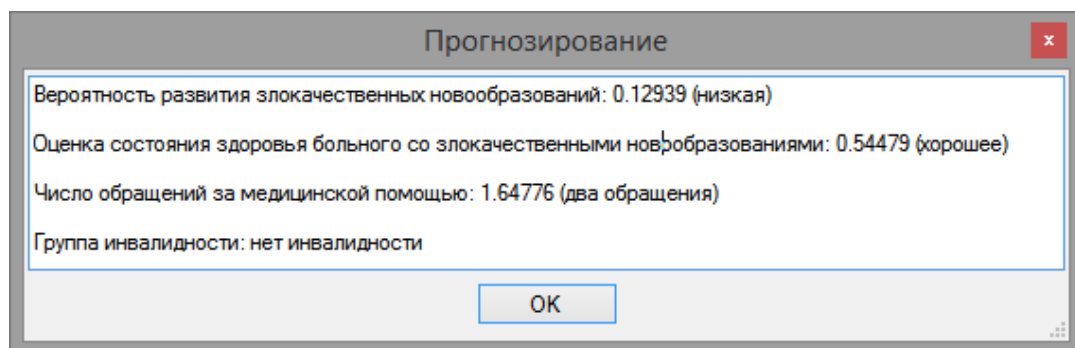


Рис. 5. Информационное окно «Прогнозирование».

Заклучение

В результате проведенного исследования сформирована информационная база данных, включающая медико-социальные характеристики онкологических больных, проведена оценка медико-социальных факторов риска развития злокачественных новообразований, построены модели для индивидуального прогнозирования развития заболевания, состояния здоровья больных, числа обращений за медицинской помощью и группы инвалидности, на основе которых разработана информационная подсистема прогнозирования развития злокачественных новообразований и состояния здоровья онкологических больных по медико-

социальным факторам риска. Результаты работы программы могут быть использованы в практическом здравоохранении для текущего и перспективного планирования медико-социальных и медико-организационных мероприятий, направленных на повышение эффективности профилактики и лечения злокачественных новообразований.

Использованная литература:

- [1] Состояние онкологической помощи населению России в 2012 го-ду / Под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. – М.: ФГУ «МНИОИ им. П.А. Герцена Росмедтехнологий», 2013. – 232 с.
Чопоров О.Н. Методика преобразования качественных
- [2] характеристик в численные оценки при обработке результатов медико-социального исследования / О.Н. Чопоров, А.И. Агарков, Л.А. Куташова, Е.Ю. Коновалова // Вестник Воронежского института высоких технологий. – Воронеж, 2012. - №9. – С. 96-98.
- [3] Чопоров О.Н. Методы предварительной обработки информации при системном анализе и моделировании медицинских систем / О.Н. Чопоров, Н.В. Наумов, Л.А. Куташова, А.И. Агарков // Врач-аспирант. – № 6.2 (55). – 2012. – С. 382-390.
- [4] Choporov O.N. Infobase formation technology for medical systems analysis and modeling / O.N. Choporov, S.V. Bolgov, L.A.Kutashova, E.Y.Konovalova // Modern informatization problems in economics and safety: Proceedings of the XVIII-th International Open Science Conference (Lorman, MS, USA, January 2013). – p. 157-162.
- [5] Choporov O.N. Development system for data analysis, modeling and integral estimation in medical research / O.N. Choporov, S.V. Bolgov, V.A. Kutashov // Modern informatization problems in economics and safety: Proceedings of the XVIII-th International Open Science Conference (Lorman, MS, USA, January 2013). – p. 365-367.
- [6] Choporov O.N. Classification and prognostic modeling in medical and social research / O.N. Choporov, N.V. Naumov, N.N. Kudinova, A.I. Agarkov // Modern informatization problems in economics and safety: Proceedings of the XVIII-th International Open Science Conference (Lorman, MS, USA, January 2013). – p. 90-93.
- [7] Калаев В.Н. Применение кластерного анализа в биологических исследованиях / В.Н.Калаев, Е.А.Калаева, В.Г.Артюхов, А.П.Преображенский // Системный анализ и управление в биомедицин-ских системах. 2007. Т. 6. № 4. С. 1008-1014.
- [8] Бережная Е.В. Оценка риска для здоровья населения г. Воронежа при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух / Е.В.Бережная // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2013. № 1. С. 2.

- [9] Львович И.Я. Логико-лингвистические модели поддержки принятия врачебного решения при хронической сердечной недостаточности / И.Я.Львович, Т.В.Бессонова, Р.А.Хохлов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2007. Т. 6. № 1. С. 188-194.
- [10] Львович И.Я. Алгоритм работы системы интеллектуальной поддержки принятия врачебных решений на основе вероятностных моделей Байеса / И.Я.Львович, Н.А.Гладских, М.В.Гладышев, В.А.Токарь // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2010. Т. 9. № 4. С. 922-929.
- [11] Брежнева Н.А. Интегрированная система управления офтальмологической помощью в регионе / Н.А.Брежнева, Я.Е.Львович, В.Н.Чуриков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2013. Т. 12. № 1. С. 324-326.
- [12] Гафанович Е.Я. Компьютерное моделирование и прогностическое оценивание региональной распространенности сердечно-сосудистых заболеваний / Е.Я.Гафанович, Е.Н.Коровин, И.Я.Львович, И.М.Соколов // Фундаментальные исследования. 2013. № 9-4. С. 606-610.
- [13] Львович И.Я. Математические основы формирования базы знаний для создания информационной системы поддержки принятия решений в лечебно-диагностическом процессе / И.Я.Львович, И.А.Малышенкова, С.А.Слинчук // Регион: системы, экономика, управление. 2008. № 1. С. 117-123.
- [14] Преображенский Ю.П. Применение имитационно-семантического моделирования и полумарковских процессов принятия решений в клинической практике / Ю.П.Преображенский, Н.С.Преображенская // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 83-89.
- [15] Преображенский Ю.П. Оценка эффективности применения системы интеллектуальной поддержки принятия решений / Ю.П.Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2009. № 5. С. 116-119.
- [16] Преображенский Ю.П. Формирование решающих правил интеллектуальной поддержки решений врача при исследовании многокритериальных клинических объектов / Ю.П.Преображенский, М.М.Шаталов // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 077-079.
- [17] Бородин В.И. Медико-экологический мониторинг и оценка комфортности проживания населения региона / В.И. Бородин, М.Л. Бочоришвили, С.Б.Гриднева, Е.Н.Коровин, А.В.Фролова // Вестник новых медицинских технологий. 2001. Т. VIII. № 1. С. 86.

- [17] Коровин Е.Н. Методология рационального управления медицинским обслуживанием населения сельского административного района с применением ГИС-технологий / Е. Н. Коровин, А. А. Панченко, О. В. Родионов // ГОУВПО "Воронежский гос. технический ун-т". Воронеж, 2007.
- [18] Калаев В.Н. Регрессионный анализ в биологических исследованиях / В.Н.Калаев, Е.А.Калаева, А.П.Преображенский, О.В.Хорсева // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2007. Т. 6. № 3. С. 755-759.
- [19] Кудинова Н.Н. Прогнозирование рецидивирования миомы матки на основе оптимизированного набора факторов риска / Н.Н. Кудинова, И.Ю. Кураносова, О.Н. Чопоров // Врач-аспирант. – № 6.3 (55). – 2012. – С. 514-518.
- [20] Волобуева Е.В. К вопросу выбора критерия проверки статистических гипотез / Е.В.Волобуева, Н.В.Чернякова, М.И.Гусева // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 134-138.

.....

professor O.N. Choporov, D. Sc.

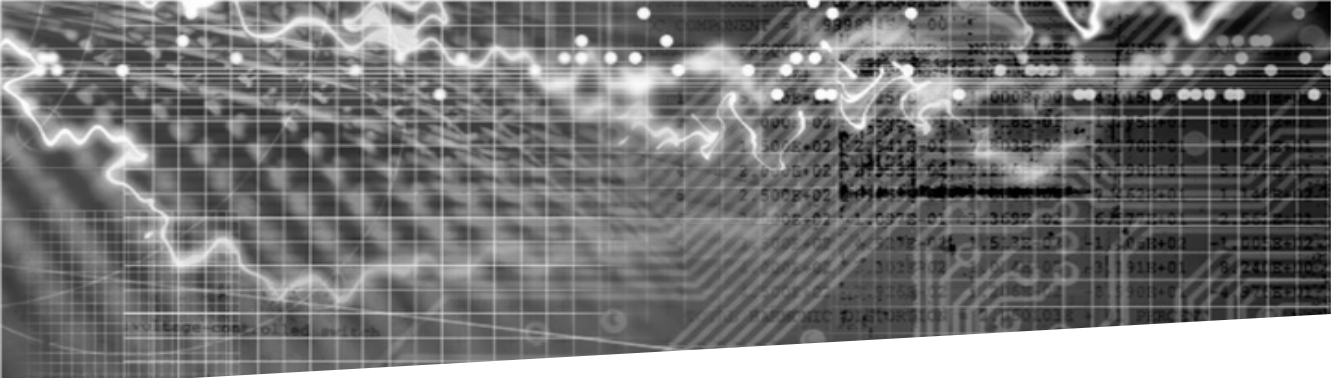
Voronezh Institute of High Technologies
choporov_oleg@mail.ru

doctoral candidate in medicine A.I. Agarkov

Voronezh N. N. Burdenko State Medical Academy
kgj38@mail.ru

professor G.Ja. Klimenko, M. D.

Voronezh N. N. Burdenko State Medical Academy
kgj38@mail.ru



Pattern recognition system in the clinical practice of decision support

Система распознавания образов в клинической практике поддержки принятия решений

***V.V. Ermolova, N.S. Preobrazhenskaya, Y.P. Preobrazhenskiy
В.В. Ермолова, Н.С. Преображенская, Ю.П. Преображенский***

Abstract:

An essential concept in contemporary studies of the research of biological substrates under various diseases is texture analysis. Texture analysis is usually carried out using a polarizing microscope, and the parameters of the textures are determined “by eye”. The task of the operator involves the identification of the texture and the measurement of its quantitative characteristics. The results of such analysis depend on the experience of the operator, which necessarily makes the analysis of a subjective element. Features associated with a wide variety of textures, hinder the formalization of the classification analysis textures, which leads to their ambiguous interpretation and increased time for operator training. Therefore, the application of the texture analysis of computer technologies a necessary condition for effective use of this method in the clinic.

Аннотация:

Неотъемлемым понятием при современных исследованиях исследования биологических субстратов при различных заболеваниях является текстурный анализ. Текстурный анализ обычно проводится с помощью поляризационного микроскопа, причем при этом параметры текстур определяются «на глаз». В задачу оператора входит идентификация текстуры и измерение ее количественных характеристик. Результаты такого анализа зависят от опыта оператора, который обязательно вносит в анализ элемент субъективизма. Особенности, связанные с большим разнообразием

текстур, затрудняют формализацию классификационного анализа текстур, что приводит к их неоднозначной трактовке и увеличивает сроки обучения оператора. Поэтому применение в текстурном анализе компьютерных технологий является необходимым условием эффективного использования этой методики в клинике.

Keywords:

Recognition, texture analysis, decision support.

Ключевые слова:

Распознавание образов, текстурный анализ, поддержка принятия решений.

Введение

Изображения, получаемые при использовании различного электронного медицинского оборудования являются многоградационными или текстурными. В таких изображениях существенная информация передается скоростью перепада зачерненности. Самая характерная особенность многоградационных (или полутонных) изображений, которая отличает их от двухградационных и заставляет разрабатывать для них специальные методы обработки, заключается в том, что промежуточные градации зачерненности несут существенную информацию об изображаемом объекте. Они играют двоякую роль при анализе: с одной стороны, дают возможность разделять изображения на участки, однородные в том или ином смысле; с другой стороны, позволяют описывать эти участки. Обычно эти участки соответствуют интересующим нас деталям изображения (объектам). В связи с этим процесс обработки многоградационных изображений расчленяется на два последовательных этапа. Первый этап – сегментация изображения, в результате которой оно разделяется на две конструкции: контурный препарат выделенных объектов (границы между ними) и граф соседства самих объектов. Второй этап – формирование пространства параметров, точками которого выступают выделенные объекты. Множество этих точек можно анализировать с помощью общих методов, описанных в литературе [1, 3].

В данной работе предлагаются алгоритмы для обработки медицинских изображений и распознавания образов.

Алгоритм автоматической классификации фрагментов

Рассмотрим алгоритм автоматической классификации однотонных фрагментов для решения задачи оконтуривания. Данный алгоритм состоит из двух последовательных этапов. На первом множество однотонных фрагментов классифицируется на достаточно большое число классов L по оси средней зачерненности $\bar{f}$ (в данном случае на 16, так как максимальное число уровней градаций зачерненности имеющихся исходных изображений не превышает 256). В результате этой классификации ось $\bar{f}$ разбивается на L интервалов, каждый из

которых характеризуется тремя числами $\{p_i, \bar{f}_i, \sigma_i(f), i=1,...,L\}$, где $p_i=N_i/N$ – доля фрагментов, попавших в i -й интервал, а $\bar{f}_i$ и $\sigma_i(f)$ – соответственно среднее значение зачерненности по элементам i -го подкласса и ее среднеквадратичное отклонение.

На втором этапе решается задача «разрежения» множества (или в терминах, употреблявшихся ранее – «бинаризации» изображения) из L построенных интервалов. Достигается это разрежение с помощью эвристической процедуры попарного сравнения двух соседних средних $\bar{f}_i$ и $\bar{f}_{i+1}$. Если результат сравнения показывает, что различие между несущественно в некотором заранее определенном смысле, то соответствующие интервалы объединяются в один. Получается новая система интервалов, которая характеризуется новым набором троек $\{p_i, \bar{f}_i, \sigma_i(f), i=1,...,L-1\}$. На этой новой системе интервалов вновь отыскивается пара соседних интервалов, у которых средние близки в заданном смысле. Найденная пара вновь склеивается в один интервал и т.д.

Этот процесс склеивания продолжается до тех пор, пока не сформируется такая система, что оставшаяся пара интервалов будет иметь существенно отличные средние. Полученное разбиение выбирается за искомое. Один из интервалов зачерненности принимается за белый цвет, другой – за черный. Далее к рассчитанным фрагментам могут применяться процедуры сегментации (выделения границы объектов).

Предлагается следующая процедура удаления «вкраплений», искажающих границы, которая строится как итеративный процесс удаления мелких связанных элементов на анализируемом двухградационном изображении.

1-й шаг. Задается некоторое достаточное малое значение площади S_0 , и из изображения удаляются все связанные элементы (как черные на белом фоне, так и белые на черном фоне), меньшие по площади, чем S_0 . Подсчитывается число $N(S_0)$ удаленных элементов. Удаление элемента заключается в преобразовании значений зачерненности его точек на противоположные, т.е. на значения зачерненности точек окружающего его фона.

(k+1)-й шаг. На изображении, полученном после k -го преобразования, подсчитывается число $N(k \times S_0)$ элементов, площадь которых меньше $k \times S_0$, и они удаляются из изображения.

Число шагов L задается заранее. Множество полученных чисел $\{N(k \times S_0), k=1,...,L\}$ позволяет построить гистограмму распределения площади встречающихся на исходном двухградационном изображении элементов, игнорируя содержащиеся в них «вкрапления».

Выделенные объекты характеризуются, во-первых, параметрами формы их границы, и, во-вторых, параметрами «поведения» функции зачерненности на площади объекта. Очевидно, что анализ расположения объектов в пространстве параметров второй группы требует разработки новых методов. Главная задача, которая при этом решается, сводится к конструированию пространства, точками которого были бы функции зачерненности на выделенных объектах [2].

Основу системы анализа многоградационных изображений составляет следующий набор признаков. Он строится на основе обычной гистограммы распределения зачерненности $P(f)$ (P – относительная площадь, или доля точек выделенного объекта, имеющих зачерненность, равную f). В качестве признаков используются суммарные площади всех участков раstra с заданным уровнем зачерненности. Сам уровень определяется порогом, варьируя который можно получать

различные характеристики для сравнения изображений. Другими словами, в качестве признаков выступают ординаты указанной гистограммы. Обычные статистические характеристики, определяемые по гистограмме, также являются признаками.

Пусть $f(p)$ – зачерненность исходного изображения в точке p , принадлежащей участку раstra выделенного объекта, а $T_i f(p)$ – зачерненность преобразованного изображения в той же точке. Преобразованные изображения получаются из исходного в результате действия операторов T_i , определяемых следующим образом:

$$T_1 f(p) = \begin{cases} 1, & \text{если } f(p) < h_1, \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

$$T_i f(p) = \begin{cases} 1, & \text{если } f(p) \in [h_{i-1}, h_i], \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

$$i = \overline{1, H},$$

причем точки, не принадлежащие объекту (фон), сохраняют на всех преобразованных изображениях нулевую зачерненность. Используемый набор из H параметров $\{h_i\}$ предполагается упорядоченным:

$$h_1 < h_2 < \dots < h_H,$$

причем в качестве h_H выбирается обычно значение максимальной зачерненности на выделенном объекте.

Обозначим через $|T_i|$ число точек на преобразованном изображении $T_i f$, зачерненность которых равна единице. Очевидно, что если h_H равно максимальному значению зачерненности на выделенном объекте, то площадь этого объекта определяется суммой $\sum_{i=1}^H |T_i|$. С учетом введенных обозначений ординаты искомой гистограммы зачерненности $P = \{P_1, \dots, P_H\}$ определяются по формуле

$$P_i = \frac{|T_i|}{\sum_{i=1}^H |T_i|}.$$

Выбор числа H осуществляется с помощью визуального анализа «усредненных» изображений, получающихся из исходных, если клеткам с зачерненностью из диапазона $h_{i-1} < f \leq h_i$ придать одинаковую зачерненность, равную $(h_{i-1} + h_i)/2$. Если искажение, вносимое этим усреднением, с содержательной точки зрения несущественно изменяет особенности анализируемых объектов, то выбранный уровень квантования считается удовлетворительным. Число H выбирается как минимально возможное, обеспечивающее удовлетворительный уровень квантования исходного изображения. Точки h_i выбираются с равным шагом друг от друга по шкале зачерненности.

Таким образом, будут получены гистограммы вида, показанного на рисунке 1.

Следует отметить, что при реализации процедуры построения гистограммы зачерненности для увеличения скорости работы системы есть возможность оказаться от необходимости строить семейства двухградационных изображений $\{T_i, i=1, \dots, N\}$, затем на каждом из них подсчитывать число $|T_i|$, после чего вычислять с помощью этих чисел компоненты искомого вектора P . Очевидным образом вектор P может быть построен однократным просмотром всех точек раstra исходного изображения и сравнением на каждом шаге значения зачерненности текущей точки с заранее заданным набором чисел $\{h_i, i=1, \dots, N\}$.

Многоградационные изображения являются столь гибким типом данных, а их источники столь разнообразны, что число возможных задач, которые может поставить специалист перед системой обработки данных, практически неограниченно.

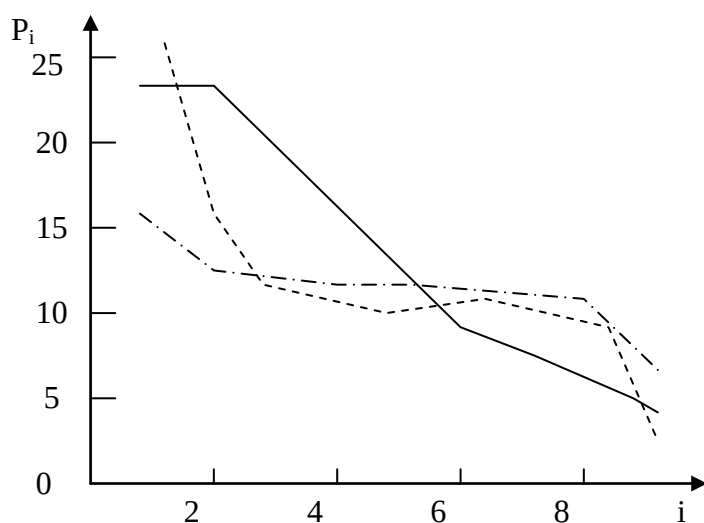


Рис. 1. Гистограммы зачерненности классов изображений.

Кроме того, часто существует необходимость изучения массива изображений, не имея конкретно сформулированной цели. Поэтому процедура обработки заданного массива изображений часто разворачивается как цепочка задач, которые возникают по мере получения новой информации, извлекаемой из обрабатываемых изображений. Именно это обстоятельство требует разработки не столько жестких схем анализа, сколько проблемно-ориентированного языка, в терминах которого легко формализовать различные схемы такого рода. Предложенная выше система генерации признаков, основанная на базовых наборах признаков и преобразований может рассматриваться как основа такого языка. Она дает организованные в единую систему средства, во-первых, для обнаружения определенных свойств и наличия определенных объектов на анализируемом множестве изображений, и, во-вторых, для отображения этого множества в различные матрицы данных, к которым применимы структурные методы обработки [2].

В то же время, чтобы легче решать задачу выбора признаков (что, как упоминалось выше, является эвристическим процессом), а также для планирования использования как априорной информации (описание классов), так и апостериорных

данных (измерения по данному неизвестному подлежащему классификации объекту) эти взаимосвязи необходимо учитывать и представлять.

► Программная реализация

Теперь рассмотрим непосредственно структурную схему системы распознавания (рис. 2).



Рис. 2. Структурная схема информационной системы распознавания.

Поступающие для классификации данные (в виде графического файла) обрабатываются блоком импорта изображения, обеспечивающего правильную работу программы с необходимым числом графических форматов файлов. После импорта данные проходят первичный анализ (расчет статистики распределения яркостных параметров анализируемого изображения, выделение границ на полутоновом изображении, бинаризация полутонового изображения). Затем вступает в действие блок классификации (происходит выделение границ на бинарном изображении и непосредственно распознавание структуры объекта). Блок

классификации работает с блоком системы управления базой данных для получения характеристик классов изображений. Для выдачи окончательно сформированного прогноза диагноза системе необходимо произвести ввод данных об анализируемом объекте (фамилию пациента, тип электронной формы фотографии, необходимые сведения медицинского характера и т.д.), вся эта информация также хранится и заносится в базу данных программного комплекса. После заполнения всех необходимых данных производится выдача окончательного прогноза диагноза как в электронной, так и в бумажной форме.

Далее рассмотрим работу с интерфейсом системы. Врач-аналитик выбирает базу данных для подключения (есть возможность ведения нескольких каталогов с данными пациентов), далее он либо приступает к вводу первичной клинической информации, либо переходит к режиму анализа для принятия решений.

Для существующего в базе пациента необходимо выбрать его персональные данные в главном окне и перейти к режиму анализа.

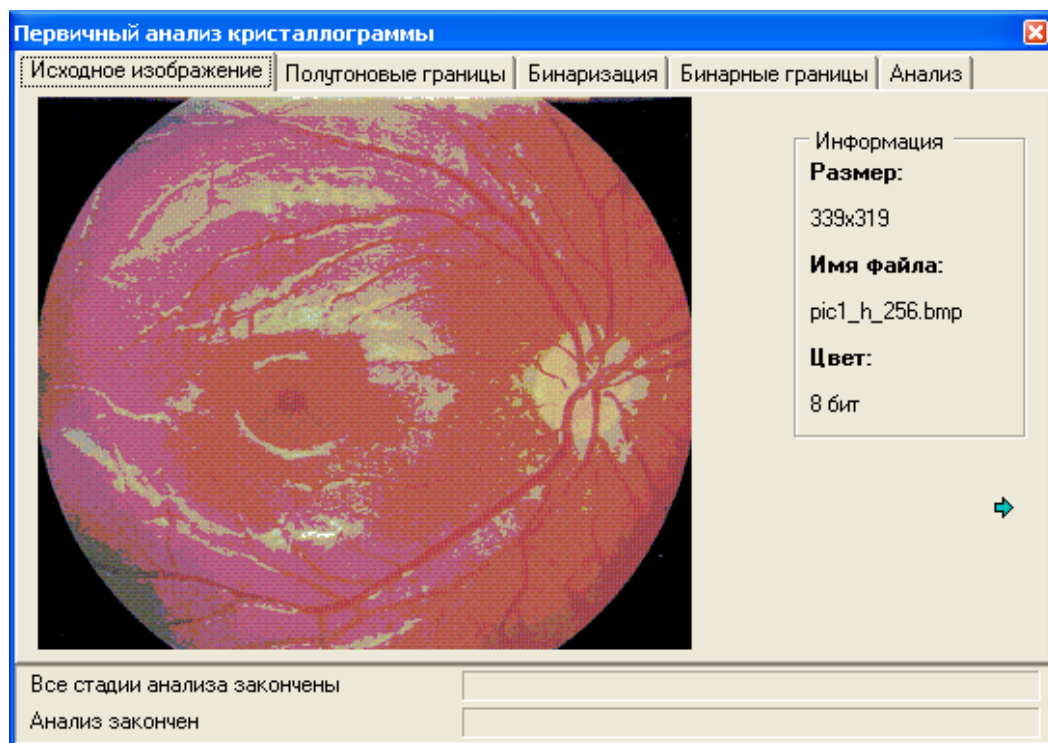


Рис. 3. Загрузка исходного изображения.

При необходимости проведения классификации требуется выбрать пункт меню «Распознавание» и подпункт «Начать распознавание». Система запросит имя рисунка, содержащего фотографию и после выбора перейдет к фазе первичного анализа. Прежде всего, система произведет загрузку рисунка и анализ его статистических характеристик – размер в пикселях, количество оттенков серого. Затем программа произведет статистическую обработку рисунка, реализует алгоритм «склеивания» интервалов одноцветности и рассчитает гистограмму зачерненности. По окончании стадии первичного анализа программа осуществит бинаризацию анализируемого

изображения и выведет статистическую матрицу распределения зачерненных участков. После этого программа произведет анализ параметров исходного изображения и выдаст результаты классификации.

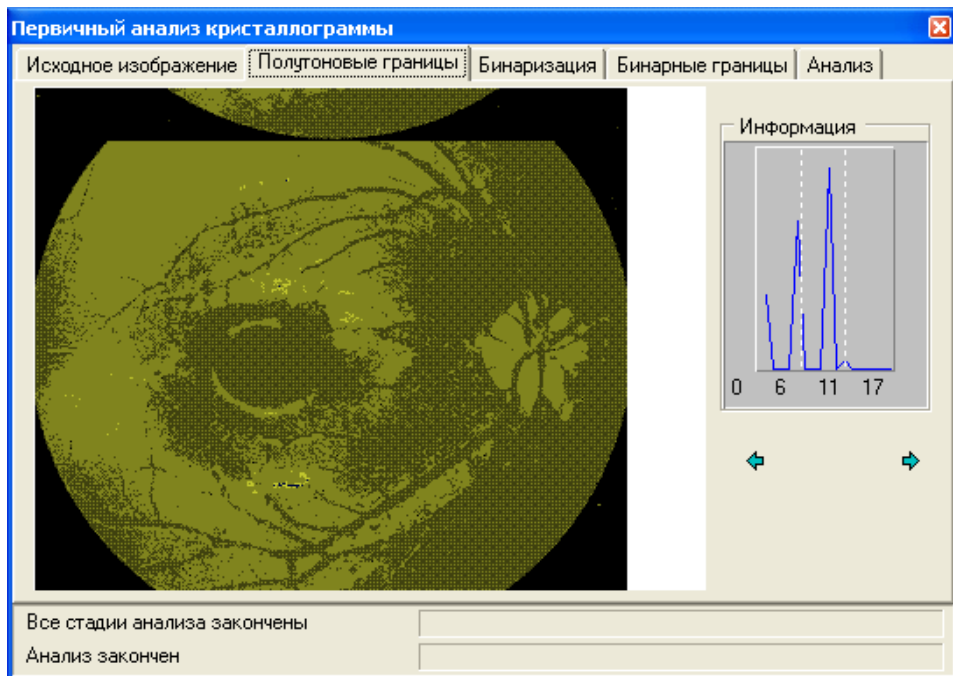


Рис. 4. Выделение полутонных границ и расчет гистограммы зачерненности.

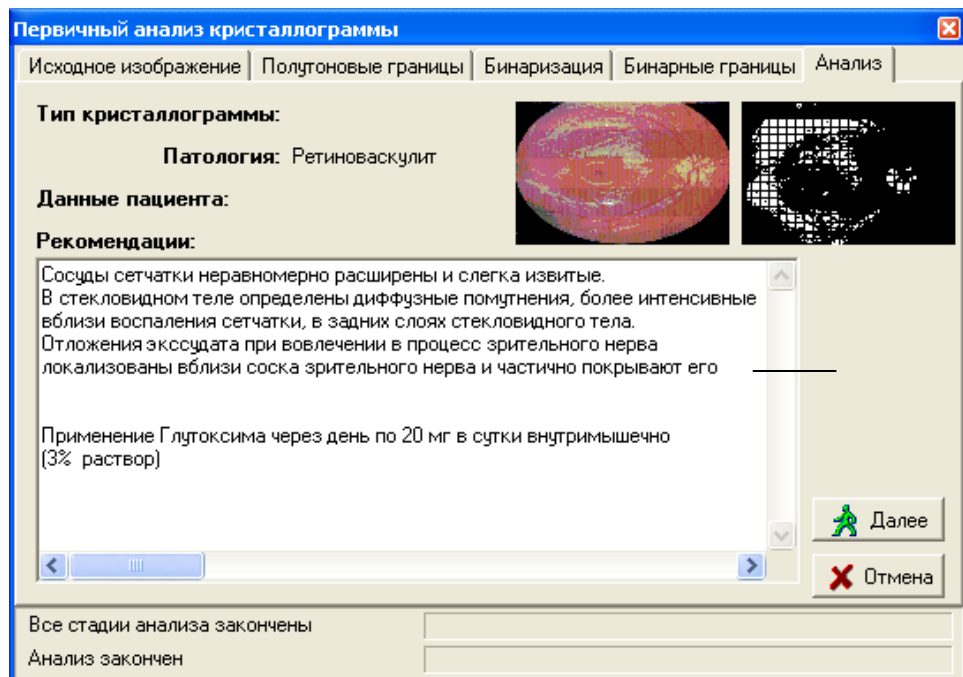


Рис. 5. Итоги анализа.

Для облегчения работы начинающих врачей система содержит модуль медицинских справочников (находятся в формате HTML), которые можно динамически подгружать и использовать для изучения существующих подходов и результатов других специалистов. Справочники могут формировать сами врачи, что служит одним из аспектов накопления общего массива медицинских знаний в лечебном учреждении.

■ Заключение

Использование новых информационных технологий, основанных на интеллектуализации и компьютеризации процесса анализа влияния показателей состояния больных на течение болезни и возникновение осложнений, позволило решить ряд острых проблем: ускорить получение оперативной информации и создать архивы данных, получить из простейших показателей сложные расчетные, в результате моделирования принять решение о физиологических механизмах патологии и о выборе средств терапии [2, 4-13].

Благодаря этому сократится время обнаружения изменений до принятия оптимального решения, улучшатся исходы лечения и сократятся его сроки. Несмотря на то, что компьютеризация терапии увеличила материальные затраты, экономически она выгодна, благодаря повышению эффективности усилий по сокращению продолжительности лечения.

■ Использованная литература

- [1] Шаталов М.М., Преображенский Ю.П. Формирование решающих правил интеллектуальной поддержки решений врача при исследовании многокритериальных клинических объектов – Вестник Воронежского института высоких технологий – Воронеж: Научная книга, 2008. – №3. – С.77-79
- [2] Преображенская Н.С. Резников К.М., Парфенова Н.М., Никитский А.С. Оценка фармакологической активности ранозаживляющих средств с помощью распознавания образов – Человек и лекарство: материалы XIX Российского национального конгресса – Москва, 2012 – С.558
- [3] Преображенский Ю.П. Аспекты применения методики классификации объектов терапии при числовых критериях – Теория конфликта и ее приложения - Тр. V-й Всерос. науч.-тех. конф. Ч.І. – Воронеж: Научная книга, 2008. – С.161-165
- [4] Choporov O.N. Infobase formation technology for medical systems analysis and modeling / O.N. Choporov, S.V. Bolgov, L.A.Kutashova, E.Y.Konovalova // Modern informatization problems in economics and safety: Proceedings of the XVIII-th International Open Science Conference (Lorman, MS, USA, January 2013). – p. 157-162.
- [5] Чопоров О.Н. Оптимизация функционирования медицинских систем на основе интегральных оценок и классификационно-прогностического моделирования: дис. ... д-ра техн. наук. – Воронеж, 2001. – 325 с.
- [6] Львович И.Я. Новый анализ эпидемиологического и экономического использования антидепрессантов в психиатрических учреждениях / И.Я.Львович, В.А.Куташов // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т. XV. № 1. С. 63-66.

[7] Львович И.Я. Программная реализация методики прогнозирования медико-демографических данных / И.Я. Львович, С.Н. Семенов, Н.А. Гладских, С.С. Пронин // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. 2007. № 27. С. 100-104.

[8] Львович Я.Е. Частота аффективных расстройств при различных соматических болезнях / Я.Е.Львович, В.А.Куташов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2007. Т. 6. № 1. С. 100-102.

[9] Львович Я.Е. Технология комплексного обследования больных с осложненным остеохондрозом позвоночника / Я.Е.Львович, И.В.Постникова, И.О.Золотинский // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2008. Т. 7. № 4. С. 840-845.

[10] Постникова И.В. Оптимизация комплексного консервативного лечения больных с грыжами межпозвонковых дисков / И.В. Постникова, Я.Е. Львович, И.О. Золотинский // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2009. Т. 8. № 1. С. 33-40.

[11] Брежнева Н.А. Интегрированная система управления офтальмологической помощью в регионе / Н.А. Брежнева, Я.Е. Львович, В.Н. Чуриков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2013. Т. 12. № 1. С. 324-326.

[12] Брежнева Н.А. Оптимизация распределения потоков пациентов с учетом ресурсов регионального и субрегионального уровней офтальмологической помощи / Н.А. Брежнева, Я.Е. Львович, С.Я. Щербаков // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 7. С. 4-6.

[13] Бережная Е.В. Оценка риска для здоровья населения г. Воронежа при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух / Е.В. Бережная // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2013. № 1. С. 2.

.....

V. Ermolova

Voronezh Institute of High Technologies
vv-ermolova@yandex.ru

N. Preobrazhenskaya Ph. D, a.p.

Voronezh State Medical Academy,
nspreo@gmail.com

Y. Preobrazhenskiy Ph. D, a.p.

Voronezh Institute of High Technologies
it_pro@vivot.ru



The choice of treatment ortodontic pathology in uncertainty calculation based on criteria for decision-making

Выбор тактики лечения ортодонтических патологий в условиях неопределенности на основе расчета критериев принятия решений

***E.G. Gordeeva, E.N. Korovin, I.Y. Lvovich
Е.Г. Гордеева, Е.Н. Коровин, И.Я. Львович***

Abstract:

This paper describes the main aspects of the uncertainty in orthodontics, including the uncertainty in the choice of the optimal strategy for treating a patient. In the article the basic concepts of the theory of decision making under uncertainty, the analysis of the main methods of selecting solutions, presents the results of the diagnostic algorithm of orthodontic abnormalities and determine the optimal strategy for the correction of anomalies of dental system based on the calculation criteria for decision making under uncertainty. Also, the results of the collection and processing of statistical information about patients with dentoalveolar anomalies.

Аннотация:

В данной работе рассмотрены основные аспекты, касающиеся неопределенности в ортодонтии, в частности неопределенность при выборе оптимальной стратегии лечения пациента. В статье рассмотрены основные понятия теории принятия решений в условиях неопределенности, проанализированы основные методики выбора

решения, представлены результаты разработки алгоритма диагностики ортодонтических патологий и определения оптимальной стратегии коррекции аномалий зубочелюстной системы на основе расчета критериев принятия решений в условиях неопределенности. Также представлены результаты сбора и обработки статистической информации о пациентах с зубочелюстными аномалиями.

Keywords:

Orthodontic pathology , the theory of decision making under uncertainty, decision-making criteria , strategy , risk, decision matrix.

Ключевые слова:

Ортодонтические патологии, теория принятия решений в условиях неопределенности, критерии принятия решений, стратегия, риск, матрица решений.

▲ Актуальность

Наиболее значимой и актуальной задачей современной ортодонтии является решение проблем диагностики зубочелюстных аномалий, как этапа планирования предстоящего ортодонтического лечения, выбор методики коррекции ортодонтических патологий и определения длительности ретенционного периода, как завершающего этапа проведенного лечения [1-6]. Так как возникновение патологий зубочелюстной системы объясняется, во-первых, множеством вызывающих их причин и факторов, во-вторых, спецификой механизма их развития и, в-третьих, индивидуальными особенностями организма, то ставится вопрос о принятии решений по коррекции аномалий зубочелюстной системы в условиях неопределенности. Принятие решений в условиях неопределенности основано на том, что вероятности различных вариантов развития событий неизвестны. В этом случае лицо принимающее решение-врач руководствуется, с одной стороны, своим рисковым предпочтением, а с другой – критерием выбора из всех альтернатив по составленной «матрице решений» [7-15]. Принятие решений в условиях риска основано на том, что каждой ситуации развития событий может быть задана вероятность его осуществления. Это позволяет взвесить каждое из значений эффективности и выбрать для реализации ситуацию с наименьшим уровнем риска. Очевидно, что для достижения этой цели необходимо использовать совокупные методы и критерии, позволяющие с большей достоверностью выбрать требуемую стратегию коррекции ортодонтических патологий [16-18].

Цель и задачи

В статье планируется изучить методики принятия решений в условиях неопределенности, разработать алгоритм принятия решений в зависимости от состояния пациента и степени выраженности ортодонтических патологий.

Материал и методы

Проанализировав современные научные труды по проблемам принятия решений в ортодонтии при условиях неопределенности, был разработан представленный на рисунке 1 алгоритм принятия решений по выбору тактики коррекции аномалий зубочелюстной системы, включающий в себя следующие этапы:



Рис. 1. Алгоритм принятия решений по выбору тактики коррекции аномалий зубочелюстной системы в условиях неопределенности.

Таким образом, в данной работе в качестве объекта принятия решения рассматривается оптимальная тактика лечения ортодонтических патологий. Показателем, характеризующим эффективность выбранного решения, является выраженная в процентном соотношении степень соответствия ортодонтических показателей, на которые оказывалось коррекционное воздействие, к значениям показателей нормы. Математическое выражение показателя эффективности имеет следующий вид:

$$\Xi = \frac{\Pi_i}{\Pi_n} \cdot 100\% . \quad (1)$$

Соответственно показателем, характеризующим степень возможного риска, является обратная эффективности величина.

Альтернативой принятия решения является выбор одной из трех наиболее подходящих тактик лечения рассматриваемой ортодонтической

патологии. Точнее, рассматривается выбор между использованием съемочных пластиночных аппаратов, стандартных брекет-систем и самолигирующих брекет-систем Damon 3MX.

В данной научной статье представлены результаты анализа применения различных ортодонтических стратегий в зависимости от исходных показателей аномалий зубных рядов, как наиболее распространенной аномалии среди исследуемой группы пациентов.

Показатели, характеризующие окклюзии зубных рядов пациентов представлены в таблице 1.

Где, X - сумма поперечных размеров 4 верхних резцов (мм), Y_1 – расстояние между премолярами до лечения (мм), Y_2 – расстояние между молярами до лечения (мм).

Таблица 1. Показатели окклюзии зубных рядов пациентов.

№	Показатели до лечения											
	X	Y ₁	Y ₂		X	Y ₁	Y ₂		X	Y ₁	Y ₂	
1	32,5	32	43,8	13	33,5	33,1	45,4	25	33,5	17,2	17	
2	32	33,2	45,1	14	31,5	31	42	26	29	15,1	13	
3	34	34	46,1	15	30,5	32,1	43,8	27	30	14,8	15,5	
4	30	33,5	45,8	16	30	14	14	28	31	14,5	15,5	
5	33,5	33,8	44,8	17	31	15,8	15	29	31,5	15,5	15	
6	30	30,5	43,1	18	32,5	17	14,5	30	32,5	16	15	
7	31,5	34,1	46	19	31,5	14,5	15	31	32,5	21	17,8	
8	32,5	32	45,3	20	32	16,1	14,3	32	33	20,5	17	
9	33	34	46,7	21	30,5	14,3	14,2	33	33,5	22	18,5	
10	32	35,1	46,6	22	31	15,2	16	34	34	23	18	
11	32,5	32	42,4	23	32	15,6	15	36	35	21,5	19,5	
12	32	33,3	45,4	24	32,5	16	15,8	37	32,5	20,7	17,5	

Показатели, характеризующие изменение размеров зубных рядов пациентов в результате применения ортодонтических аппаратов представлены в таблице 2.

Для принятия управленческих решений, направленных на выбор оптимальной стратегии коррекции зубных рядов, проводился анализ и расчет показателей по основным критериям принятия решений. В результате были в качестве критериев выбора тактики были выбраны максиминный критерий Вальда и критерий Гурвица, так как рассматриваемые критерии предполагают наименьшие риски при выборе альтернативы, что коайне важно в условиях ортодонтии. В частности, максиминный критерий Вальда, предполагает случай, когда лицо принимающее решение при выборе решения абсолютно не приемлет риска (абсолютно не склонен к риску), то

оно всегда предпочитает ориентироваться на самые неблагоприятные значения состояний s природы.

В этом случае гарантированный результат определяется функцией $\min f(i, j)$. Наилучшей стратегией будет та, которая обеспечивает наибольший из гарантированных результатов для всех возможных стратегий (рис. 2).

$$Z_{MM} = \max_i (\min_j f_{ij}).$$

Рис. 2. Функция максиминного критерия Вальда.

Выбор максиминного критерия Вальда в качестве показателя определения оптимальной стратегии обусловлен тем, что он исключает риск. Так как неверно выбранная тактика лечения аномалий зубочелюстной системы может привести к стойким деформациям челюстно-лицевых костей и оказать негативное воздействия на функциональную функцию зубочелюстного аппарата.

Также был использован критерий Гурвица, известный также как критерий «оптимизма-пессимизма» или «альфа-критерий», который позволяет руководствоваться при выборе рискованного решения в условиях неопределенности некоторым средним результатом эффективности, находящимся в поле между значениями по критериям «максимакса» и «максимина» (поле между этими значениями связано посредством выпуклой линейной функции). Оптимальная альтернатива решения по критерию Гурвица определяется на основе следующей формулы:

$$A_i = \alpha \cdot \mathcal{E}_{\max i} + (1 - \alpha) \cdot \mathcal{E}_{\min i}, \quad (2)$$

где A_j -средневзвешенная эффективность по критерию Гурвица для конкретной альтернативы;

α -альфа-коэффициент, принимаемый с учетом рискованного предпочтения в поле от 0 до 1 (значения, приближающиеся к нулю, характерны для субъекта, не склонного к риску; а значение равное 0,5, характерно для субъекта, нейтрального к риску; значения, приближающиеся к единице, характерны для субъекта, склонного к риску).

$\mathcal{E}_{\max i}$ -максимальное значение эффективности по конкретной альтернативе;

$\mathcal{E}_{\min i}$ -минимальное значение эффективности по конкретной альтернативе;

Критерий Гурвица используют при выборе рискованных решений в условиях неопределенности те субъекты, которые хотят максимально точно идентифицировать степень своих конкретных рискованных предпочтений путем задания значения альфа-коэффициента.

Результаты и обсуждения

В ходе исследования было спрогнозировано влияние различных видов лечения (стратегий): использование съемочных пластиночных аппаратов, стандартных брекет-систем и самолигирующих брекет-систем Damon 3MX для различных аномалий зубного ряда (сужение, укорочение и удлинение), т.е. для исходных состояний пациента. Т.е. была рассчитана эффективность применения той или иной стратегии коррекции ортодонтических патологий. Сводные данные по оценке эффективности лечения аномалий зубного ряда с использованием различных аппаратов представлены в таблице 2.

Где, $Y_{1п}$ – расстояние между премолярами до лечения (мм), $Y_{2п}$ – расстояние между молярами до лечения (мм).

Таблица 2 – Показатели эффективности лечения аномалий зубного ряда

№	Стратегия лечения	X	$Y_{1п}$	$Y_{2п}$	$Y_{1н}$	$Y_{2н}$	Эффективность Y_1	Эффективность Y_2
1	A1S1	32,5	38,5	51	38,5	51,1	100,00	99,80
2	A1S1	32	37,6	50,3	37,5	50,1	99,73	99,60
3	A1S1	34	39,7	52,4	39,5	52,2	99,49	99,62
4	A1S1	30	36,8	49	36,8	49,3	100,00	99,39
5	A1S1	33,5	39,5	51,8	39,2	51,8	99,23	100,00
6	A2S1	30	36	47,6	36,8	49,3	97,83	96,55
7	A2S1	31,5	37,5	49,5	37,8	50,4	99,21	98,21
8	A2S1	32,5	37,8	50,5	38,5	51,1	98,18	98,83
9	A2S1	33	38,5	50	38,8	51,5	99,23	97,09
10	A2S1	32	38,3	50,5	38,2	50,8	99,74	99,41
11	A3S1	32,5	38,5	51	38,5	51,1	100,00	99,80
12	A3S1	32	38,1	51,1	38,2	50,8	99,74	99,41
13	A3S1	33,5	39,5	51,7	39,2	51,8	99,23	99,81
14	A3S1	31,5	38	50,5	37,8	50,4	99,47	99,80
15	A3S1	30,5	37	49,8	37,2	49,7	99,46	99,80
16	A1S2	30	17,5	15,6	17,6	15,6	99,43	100,00
17	A1S2	31	17,9	16,1	18	16	99,44	99,38
18	A1S2	32,5	18,5	16,4	18,6	16,6	99,46	98,80
19	A1S2	31,5	18,3	16,2	18,2	16,2	99,45	100,00
20	A1S2	32	18,5	16,5	18,4	16,4	99,46	99,39
21	A2S2	30,5	17,8	15,8	17,8	15,8	100	100
22	A2S2	31	18,2	16	18	16	98,89	100,00
23	A2S2	32	18,5	16,5	18,4	16,4	99,46	99,39
24	A2S2	32,5	19	16,8	18,6	16,6	97,85	98,80
25	A2S2	33,5	19	16,8	19	17	100,00	98,82
26	A3S2	29	17,2	15,2	17,2	15,2	100,00	100,00
27	A3S2	30	17,5	15,5	17,6	15,6	99,43	99,36
28	A3S2	31	18	16	18	16	100,00	100,00

Продолжение таблицы 2

29	A3S2	31,5	18,4	16,3	18,2	16,2	98,90	99,38
30	A3S2	32,5	18,5	16,5	18,6	16,6	99,46	99,40
31	A1S3	32,5	18,5	16,5	18,6	16,6	99,46	99,40
32	A1S3	33	19	17	18,8	16,8	98,94	98,81
33	A1S3	33,5	19	17	19	17	100,00	100,00
34	A1S3	34	19,5	17,2	19,2	17,2	98,44	100,00
35	A1S3	35	19,6	17,6	19,6	17,6	100,00	100,00
36	A2S3	32,5	19	17	18,6	16,6	97,85	97,59
37	A2S3	33	18,1	17,1	18,8	16,8	96,28	98,21
38	A2S3	33,5	19	17	19	17	100,00	100,00
39	A2S3	34	19,5	17,5	19,2	17,2	98,44	98,26
40	A2S3	35	19,9	17,9	19,6	17,6	98,47	98,30
41	A3S3	32,5	18,7	16,6	18,6	16,6	99,46	100,00
42	A3S3	33	18,8	16,8	18,8	16,8	100,00	100,00
43	A3S3	33,5	19,2	17,1	19	17	98,95	99,41
44	A3S3	34	19,2	17,5	19,2	17,2	100,00	98,26
45	A3S3	35	19,6	17,6	19,6	17,6	100,00	100,00

Таким образом, проанализировав полученные данные, мы пришли к выводу, что при состоянии S1-сужение зубного ряда, оптимальной будет стратегия A3, при состоянии S2- укорочение зубного ряда, оптимальный будет стратегия A2, при состоянии S3-удлинение зубного ряда, оптимальный будет Стратегия A1.

▼ Выводы

В результате проведенного исследования сформирована информационная база данных, включающая медико-социальные характеристики онкологических больных, проведена оценка медико-социальных факторов риска развития злокачественных новообразований, построены модели для индивидуального прогнозирования развития заболевания, состояния здоровья больных, числа обращений за медицинской помощью и группы инвалидности, на основе которых разработана информационная подсистема прогнозирования развития злокачественных новообразований и состояния здоровья онкологических больных по медико-социальным факторам риска. Результаты работы программы могут быть использованы в практическом здравоохранении для текущего и перспективного планирования медико-социальных и медико-организационных мероприятий, направленных на повышение эффективности профилактики и лечения злокачественных новообразований.

Использованная литература:

- [1] Маннанова Ф.Ф. Диагностика и планирование лечения детей при тесном положении зубов верхней челюсти / Ф.Ф. Маннанова, М.В. Галиуллина // Сборник статей научно-практической конференции стоматологов РБ. – Уфа, 2005.
Чернявский Т.А. Биометрические изменения зубных рядов у пациентов с трансверзальными аномалиями окклюзии / Т.А. Чернявский, П.В. Ишмурзин // Пермский медицинский журнал, приложение «Актуальные вопросы медицины». – Пермь, 2006. – Т.23.
- [2] Данилова М.А. Планирование лечения аномалий зубных рядов на основании структурно-функциональных характеристик твердых тканей зубов и пародонта – Пермь, 2007.
- [3] Аболмосов Н.Г., Аболмосов Н.Н. Ортодонтия. - МЕДпресс-информ, 2008- 426 с.
- [4] Персин Л. С. Ортодонтия. Лечение зубочелюстных аномалий. - Москва: Медицина, 2007. – 297 с.
- [5] Уильям Р. Профит Современная ортодонтия. Перевод с английского под редакцией члена-корреспондента РАМН, профессора Л.С.Персина. Москва «МЕДпресс-информ» .2006.
- [6] Anthony D. Viazis-Atlas of advanced orthodontics: a guide to clinical efficiency Атлас передовой ортодонтии: руководство по клинической эффективности. Издательство: W.B. Saunders Company, 2003.- 254 с.
- [7] Львович Я.Е. Частота аффективных расстройств при различных соматических болезнях / Я.Е.Львович, В.А.Куташов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2007. Т. 6. № 1. С. 100-102.
- [8] Львович Я.Е. Технология комплексного обследования больных с осложненным остеохондрозом позвоночника / Я.Е.Львович, И.В.Постникова, И.О.Золотинский // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2008. Т. 7. № 4. С. 840-845.
- [9] Постникова И.В. Оптимизация комплексного консервативного лечения больных с грыжами межпозвонковых дисков / И.В.Постникова, Я.Е.Львович, И.О.Золотинский // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2009. Т. 8. № 1. С. 33-40.
- [10] Брежнева Н.А. Интегрированная система управления офтальмологической помощью в регионе / Н.А.Брежнева, Я.Е.Львович, В.Н.Чуриков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2013. Т. 12. № 1. С. 324-326.
- [11] Брежнева Н.А. Оптимизация распределения потоков пациентов с учетом ресурсов регионального и субрегионального уровней офтальмологической помощи / Н.А.Брежнева, Я.Е.Львович, С.Я.Щербаков // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 7. С. 4-6.

- [13] Преображенский Ю.П. Применение имитационно-семантического моделирования и полумарковских процессов принятия решений в клинической практике / Ю.П.Преображенский, Н.С.Преображенская // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 83-89.
- [14] Преображенский Ю.П. Оценка эффективности применения системы интеллектуальной поддержки принятия решений / Ю.П.Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2009. № 5. С. 116-119.
- [15] Преображенский Ю.П. Формирование решающих правил интеллектуальной поддержки решений врача при исследовании многокритериальных клинических объектов / Ю.П.Преображенский, М.М.Шаталов // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 077-079.
- [16] Чопоров О.Н. Оптимизационная модель выбора начального плана управляющих воздействий для медицинских информационных систем / О.Н. Чопоров, К.А. Разинкин // Системы управления и информационные технологии. – 2011. – Т. 46. № 4.1. – С. 185-187.
- [17] Чопоров О.Н. Оптимизация функционирования медицинских систем на основе интегральных оценок и классификационно-прогностического моделирования: дис. ... д-ра техн. наук. – Воронеж, 2001. – 325 с.
- [18] Коровин Е.Н. Анализ заболеваемости в регионе на основе медицинского мониторинга / Е.Н.Коровин, О.В.Родионов, Н.Г.Сапожникова // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2002. Т.1. № 4. С. 357.
- [19] Калаев В.Н. Регрессионный анализ в биологических исследованиях / В.Н. Калаев, Е.А. Калаева, А.П.Преображенский, О.В. Хорсева // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2007. Т. 6. № 3. С. 755-759.

.....

E.G. Gordeeva

Voronezh State Technical University
korovin@saums.vorstu.ru

professor E.N. Korovin, D. Sc.

Voronezh State Technical University
korovin@saums.vorstu.ru

professor I.Y. Lvovich, D. Sc.

Pan-European University in Bratislava
office@vivt.ru

***Classification of territorial units of region on the level
of disease of the adult female population the myoma
of the uterus and the endometriosis on the basis
of geoinformation technologies***

***Классификация территориальных единиц региона
по уровню заболеваемости взрослого женского
населения миомой матки и эндометриозом
на основе геоинформационных технологий***

***E.N. Korovin, N.N. Kudinova, M.V.Frolov, O.N.Choporov
Е.Н. Коровин, Н.Н. Кудинова, М.В. Фролов, О.Н. Чопоров***

Abstract:

In article results of classification of areas of the Voronezh area on a level of disease of the adult female population by a myoma of a uterus and an endometriosis for the period with 2006 for 2012 on the basis of the geoinformation analysis are presented. During the analysis following medical parameters have been analysed: the general disease of an endometriosis, primary disease of an endometriosis, prophylactic medical examination on an endometriosis, number of cases of hospitalization in a hospital in occasion of a myoma of a uterus, number of references in a polyclinic with a myoma of a uterus.

Аннотация:

Рассматривается вопрос построения оптимизационных моделей выбора начального плана лечения больных атеросклерозом различной локализации с учетом эффективности, стоимости и совместимости отдельных лечебных воздействий. Представлены элементы интерфейса и описание информационной подсистемы, в которой реализованы построенные модели.

Keywords:

A myoma of a uterus, an endometriosis, region, geoinformation systems.

Ключевые слова:

Миома матки, эндометриоз, регион, геоинформационные системы.

► **Актуальность**

Использование мониторинговых подходов при анализе заболеваемости населения, как одного из аспектов медико-экологической ситуации, в последнее время приобрело особую актуальность [1-6].

Проводимые исследования как на областном, городском уровнях, так и в отдельно взятом районе показали необходимость изучения и анализа временных рядов, отражающих динамику, а также возможность получения краткосрочного прогноза уровня заболеваемости по различным нозологическим формам, использование результатов которых позволяет более эффективно управлять лечебно-профилактической и организационной деятельностью медицинских учреждений в целом [1-6].

► **Цель и задачи**

В ходе исследования необходимо провести статистический и геоинформационный анализ заболеваемости эндометриозом и миомой матки среди взрослого женского населения по районам Воронежской области на основе мониторинговой информации, которая используется для информационной поддержки принятия управленческих решений и оценки развития медицинской ситуации в регионе

► **Материал и методы**

В ходе исследования был проведен анализ следующих показателей: общая заболеваемость эндометриозом, первичная заболеваемость эндометриозом, диспансерный учет по эндометриозу, число случаев госпитализации в стационар по поводу миомы матки, число обращений в поликлинику с миомой матки. Показатели рассматривались по административным территориям Воронежской области за период с 2006 по 2012 гг. для взрослого женского населения.

Результаты и обсуждения

Анализ соотношения рассматриваемых показателей по заболеваемости эндометриозом и миомой матки для районов Воронежской области показал, что по общей и первичной заболеваемости эндометриозом высокий уровень наблюдается в Богучарском районе; по диспансерному учету с эндометриозом – в Богучарском и Ольховатском районах; по числу случаев госпитализации в стационар с миомой матки – в Богучарском, Каменском и Петропавловском районах.

При изучении заболеваемости населения в целом, наряду со статистическими методами исследования, целесообразным является применение медико-географических методов. Это обусловлено тем, что одни статистические выводы, без учета картографического анализа, не всегда раскрывают роль факторов внешней среды в распространении болезней, особенно применительно к конкретным территориям [7-14].

Применение метода картографического анализа не только позволяет показать пространственное положение тех или иных явлений, но и помогает раскрывать смысл и значение этих явлений в их взаимосвязях, исходя из целей медицинского исследования. Важную роль в изучении пространственно-распределенной информации по заболеваемости имеет картографический анализ. Специальная карта дает возможность видеть взаимосвязи между распространением заболевания и определенными географическими факторами данной местности.

Специальная медико-географическая карта обеспечивает с одной стороны - необходимую объективность и глубину анализа имеющихся взаимосвязей, а с другой – синтез рассматриваемых явлений применительно к конкретной территории. Использование метода картографического анализа в медицинских исследованиях позволяет предвидеть на строго научной основе многие явления, которые могут оказываться неблагоприятными для здоровья населения в пределах конкретной местности, и тем самым обеспечить заблаговременное проведение необходимых профилактических мероприятий.

Взаимодействие статистического моделирования с картографическим анализом предлагается решать с использованием геоинформационных систем. ГИС являются современными средствами интеграции статистического анализа и математического моделирования со средствами управления базами данных для исследования пространственно-организационных данных.

Использование ГИС позволяет установить новые зависимости между сборами медицинских и географических данных, их пространственного анализа, и представляет пользователю возможность оптимизировать процесс выбора стратегий в составлении плана лечебно-профилактических мероприятий. Геоинформационное моделирование проводилось с использованием пакета ArcView 3.0. Применение ГИС-вьюера ArcView 3.0

позволило более наглядно представить ситуацию по заболеваемости эндометриозом и миомой матки по районам Воронежской области. На рис. 1 в качестве примера представлена картограмма, отражающая классификацию районов по общей заболеваемости эндометриозом.

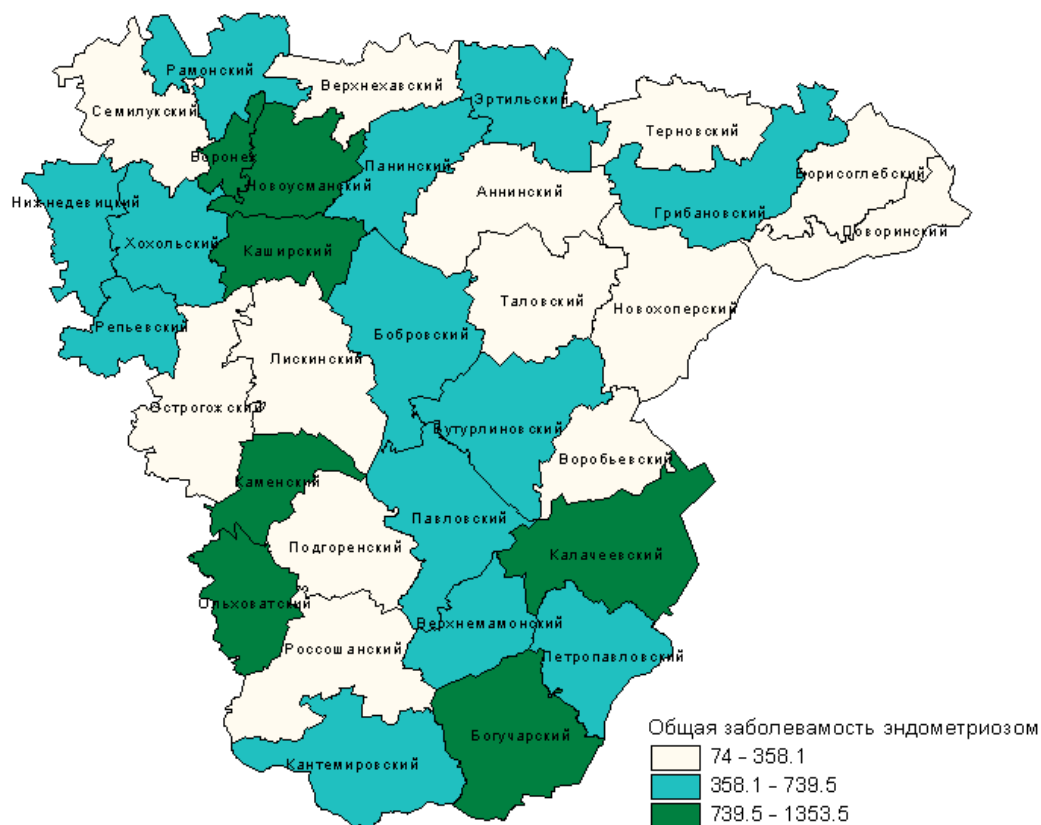


Рис. 1. Классификация районов Воронежской области по общей заболеваемости эндометриозом, в среднем за 2006-2012 гг. (на 100 тыс.взр.жен.нас.)

Результаты геоинформационного анализа показали, что по общей заболеваемости эндометриозом неблагоприятными районами с высоким уровнем патологии, в среднем за 2006-2012 годы, являются Богучарский, Калачеевский, Каменский, Каширский, Новоусманский и Ольховатский районы; по первичной заболеваемости эндометриозом – Богучарский район; по диспансерному учету с эндометриозом – Богучарский, Калачеевский, Каменский, Каширский, Ольховатский и Петропавловский районы; по числу случаев госпитализации в стационар по поводу миомы матки – Богучарский, Калачеевский, Каменский, Нижнедевицкий, Петропавловский, Раменский и Таловский районы; по числу обращений в поликлинику с миомой матки – Богучарский, Каменский, и Петропавловский районы. Общий результат классификации районов Воронежской области на основе ГИС-технологий по заболеваемости эндометриозом и миомой матки приведен на рис. 2 и в табл. 1.

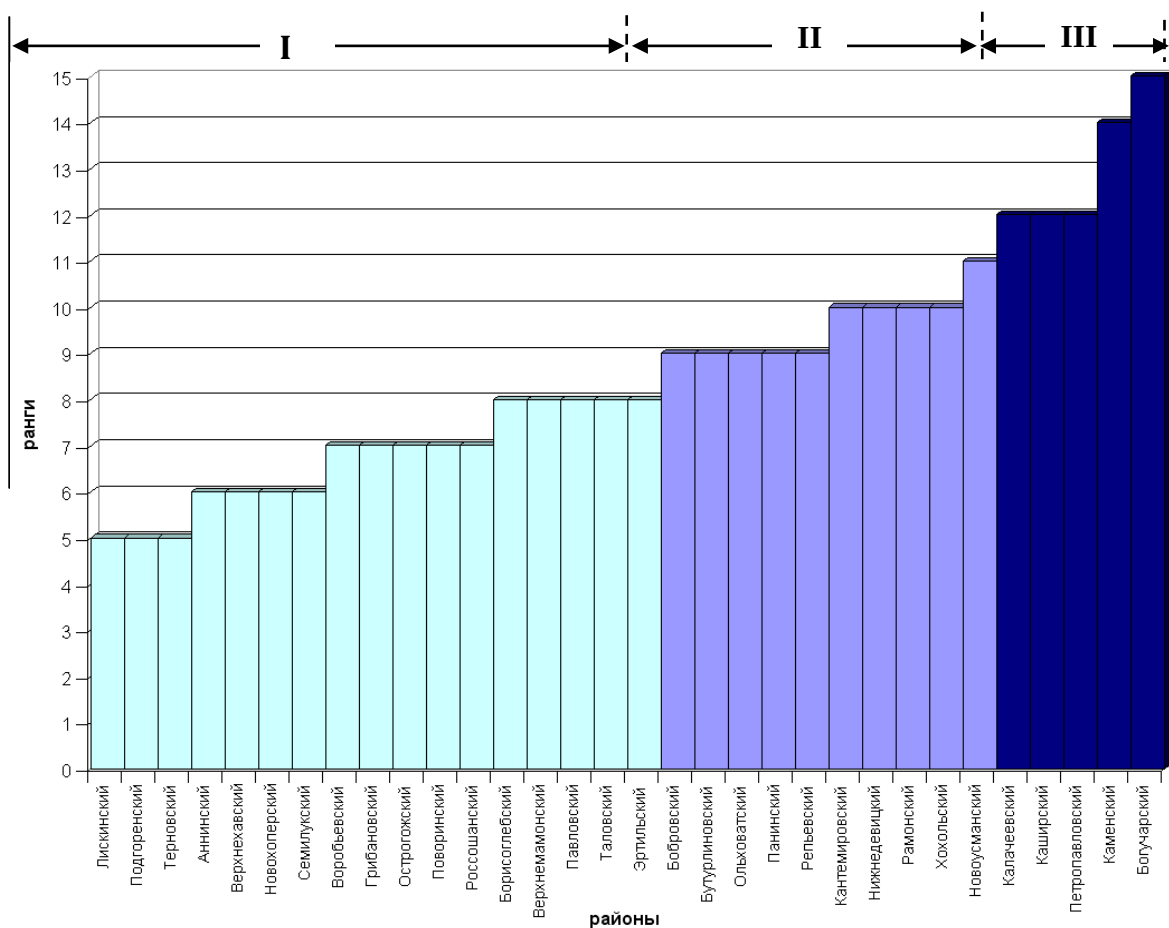


Рис. 2. Ранги районов Воронежской области по заболеваемости эндометриозом и миомой матки (I – группа районов с низким уровнем гинекологических заболеваний; II – группа районов со средним уровнем; III – группа районов с высоким уровнем)

Таблица – Результат ранжирования районов Воронежской области по основным гинекологическим заболеваниям основе математико-картографического моделирования

Наименование районов	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	Σ R _i
Аннинский	1	2	1	1	1	6
Бобровский	2	2	2	2	1	9
Богучарский	3	3	3	3	3	15
Борисоглебский	1	1	2	2	2	8
Бутурлиновский	2	2	2	2	1	9
Верхнемамонский	2	1	2	1	2	8
Верхнехавский	1	1	1	2	1	6
Воробьевский	1	1	1	2	2	7

Грибановский	2	1	2	1	1	7
Калачеевский	3	1	3	3	2	12
Каменский	3	2	3	3	3	14
Кантемировский	2	2	2	2	2	10
Каширский	3	2	3	2	2	12
Лискинский	1	1	1	1	1	5
Нижедевицкий	2	2	2	3	1	10
Новоусманский	3	2	2	2	2	11
Новохоперский	1	2	1	1	1	6
Ольховатский	3	1	3	1	1	9
Острогожский	1	1	1	2	2	7
Павловский	2	1	2	2	1	8
Панинский	2	2	2	2	1	9
Петропаловский	2	1	3	3	3	12
Поворинский	1	1	1	2	2	7
Подгоренский	1	1	1	1	1	5
Рамонский	2	2	1	3	2	10
Репьевский	2	2	2	2	1	9
Россошанский	1	1	1	2	2	7
Семилукский	1	1	1	2	1	6
Таловский	1	1	1	3	2	8
Терновский	1	1	1	1	1	5
Хохольский	2	2	2	2	2	10
Эртильский	2	1	2	2	1	8

где: 1 – низкий показатель; 2 – средний показатель; 3 – высокий показатель; R_1 – общая заболеваемость эндометриозом; R_2 – первичная заболеваемость эндометриозом; R_3 – диспансерный учет по эндометриозу; R_4 – число случаев госпитализации в стационар по поводу миомы матки; R_5 – число обращений в поликлинику с миомой матки.

▼ **Выводы**

Как показывает результат ранжирования наиболее неблагоприятным по рассматриваемым гинекологическим заболеваниям является Богучарский район, а Лискинский, Подгоренский и Терновский – районы с низким уровнем основных гинекологических заболеваний.

Использованная литература:

- [1] Интеллектуальные системы управления в медицине и здравоохранении / Е.Н. Коровин, О.В. Родионов, Е.Д. Федорков, М.В. Фролов, А.В. Фролова. Воронеж: ВГТУ, 2005. 10,7 п.л.
- [2] Коровин Е.Н., Родионов О.В. Геоинформационные системы. Воронеж: ВГТУ, 2003. 203 с.
- [3] Коровин Е.Н., Родионов О.В., Сапожникова Н.Г. Анализ заболеваемости в регионе на основе медицинского мониторинга // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2002. Т.1. № 4. С. 357.
- [4] Чопоров О.Н. Оптимизация функционирования медицинских систем на основе интегральных оценок и классификационно-прогностического моделирования: дис. ... д-ра техн. наук. – Воронеж, 2001. – 325 с.
- [5] Чопоров О.Н. Рационализация управления региональными системами на основе использования методов системного анализа, информационных и ГИС-технологий / О.Н. Чопоров, Н.А. Гладских, С.С. Пронин [и др.] // Прикладные информационные аспекты медицины. 2007. № 102. С. 15-19.
- [6] Choporov O.N. Classification and prognostic modeling in medical and social research / O.N. Choporov, N.V. Naumov, N.N. Kudinova, A.I. Agarkov // Modern informatization problems in economics and safety: Proceedings of the XVIII-th International Open Science Conference (Lorman, MS, USA, January 2013). – p. 90-93.
- [7] Львович Я.Е. Частота аффективных расстройств при различных соматических болезнях / Я.Е.Львович, В.А.Куташов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2007. Т. 6. № 1. С. 100-102.
- [8] Львович Я.Е. Технология комплексного обследования больных с осложненным остеохондрозом позвоночника / Я.Е.Львович, И.В.Постникова, И.О.Золотинский // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2008. Т. 7. № 4. С. 840-845.
- [9] Постникова И.В. Оптимизация комплексного консервативного лечения больных с грыжами межпозвонковых дисков / И.В.Постникова, Я.Е.Львович, И.О.Золотинский // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2009. Т. 8. № 1. С. 33-40.
- [10] Брежнева Н.А. Интегрированная система управления офтальмологической помощью в регионе / Н.А.Брежнева, Я.Е.Львович, В.Н.Чуриков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2013. Т. 12. № 1. С. 324-326.
- [11] Брежнева Н.А. Оптимизация распределения потоков пациентов с учетом ресурсов регионального и субрегионального уровней офтальмологической помощи / Н.А.Брежнева, Я.Е.Львович, С.Я.Щербаков // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 7. С. 4-6.
- [12] Бережная Е.В. Оценка риска для здоровья населения г. Воронежа при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух / Е.В.Бережная // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2013. № 1. С. 2.

- [13] Преображенский Ю.П. Применение имитационно-семантического моделирования и полумарковских процессов принятия решений в клинической практике / Ю.П.Преображенский, Н.С.Преображенская // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 83-89.
- [14] Преображенский Ю.П. Оценка эффективности применения системы интеллектуальной поддержки принятия решений / Ю.П.Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2009. № 5. С. 116-119.
- [15] Преображенский Ю.П. Формирование решающих правил интеллектуальной поддержки решений врача при исследовании многокритериальных клинических объектов / Ю.П.Преображенский, М.М.Шаталов // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 077-079.

.....

professor E.N. Korovin, D. Sc.

Voronezh State Technical University
korovin@saums.vorstu.ru

N.N. Kudinova, doctor

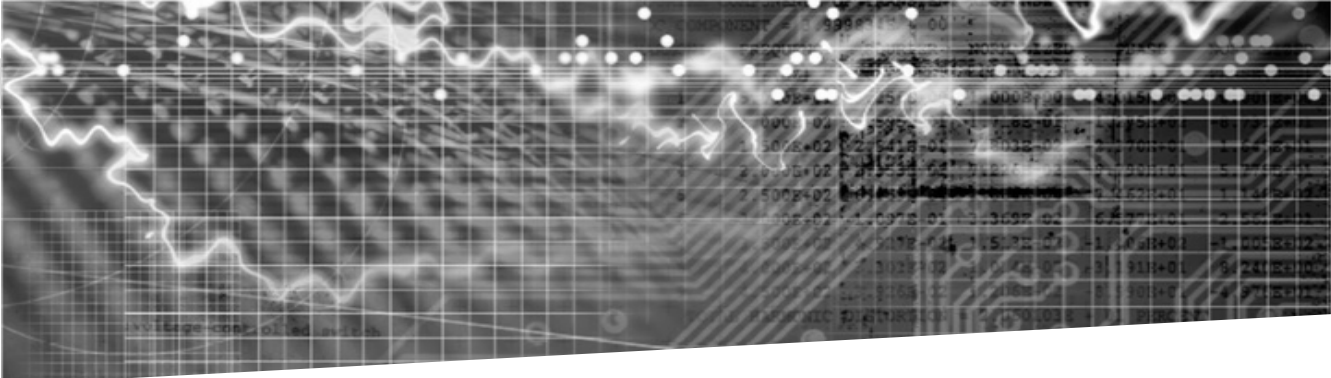
Lipetskoy regional perinatal center

professor M.V. Frolov, M.D.

Voronezh N. N. Burdenko State Medical Academy
frolovmv@inbox.ru

professor O.N. Choporov, D. Sc.

Voronezh Institute of High Technologies
choporov_oleg@mail.ru



Methods of stochastic programming at the choice of the initial plan and management of treatment

Методы стохастического программирования при выборе начального плана и управления лечением

***K.A. Razinkin, Y.Y. Lvovich, O.N. Choporov, E. Ruzicky
К.А. Разинкин, Я.Е. Львович, О.Н. Чопоров, Е. Ружицки***

Abstract:

In article possibility of use of methods of stochastic programming is considered at a choice of the initial plan and management of treatment, as to the most adequate problems arising at planning of treatment-and-prophylactic actions which in comparison with the determined approach allow to consider additional requirements to conducting the patient, defined by random factors and replicate more thin features of individual characteristics of patients.

Аннотация:

В статье рассматривается возможность использования методов стохастического программирования при выборе начального плана и управления лечением, как наиболее адекватным задачам, возникающим при планировании лечебно-профилактических мероприятий, которые по сравнению с детерминированным подходом позволяют учесть дополнительные требования к ведению пациента, определяемые случайными факторами и отражают более тонкие особенности индивидуальных характеристик пациентов.

Keywords:

Stochastic programming, Markov process, the treatment plan.

Ключевые слова: *Стохастическое программирование, марковский процесс, план лечения.*

Введение

Неопределенность связей между признаками, симптомами и заболеваниями придает задачам диагностики и лечения стохастический характер. Опыт и знания, накопленные в различных областях медицины, дают основание для постановки и решения многих задач диагностики, планирования лечения и организации здравоохранения как задач выбора решения в условиях риска. Естественно, что в медицине больше, чем в других областях человеческой деятельности, на результаты анализа формальных моделей можно интерпретировать как интеллектуальную поддержку врача и носить рекомендательный характер [1-7].

Теоретическая часть

Допустим вначале, что комплекс заболеваний пациента однозначно определен. Различные методы лечения могут быть охарактеризованы вектором $x = (x_1, \dots, x_n)$, компоненты которого определяют дозы лекарственных препаратов и параметры схем их применения, продолжительность физиотерапевтических процедур, облучения и т. д. Состояние больного при каждом заболевании описывается набором показателей f_i (температура тела, давление крови, пульс, частота дыхания, параметры различных анализов). Обработка статистических материалов, относящихся к исследуемому заболеванию, и понимание механизма воздействия различных средств на организм позволяют определить зависимость математического ожидания объективных показателей, состояния больного от параметров x_j метода лечения $f_1 = f_1(x_1, \dots, x_n)$. Пусть допустимый диапазон изменения f_i для здорового человека $[\underline{a_i}, \bar{a_i}]$. Аналогичным образом должны быть установлены зависимости токсичности, показателей побочных эффектов и других вредных воздействий φ_s на больного от параметров x_j метода лечения $\varphi_s = \varphi_s(x_1, \dots, x_n)$.

Пусть допустимое значение нежелательного фактора s -го типа ограничено сверху величиной b_s . Предполагается, кроме того, что опыт подсказывает рациональный диапазон $[\underline{x_j}, \bar{x_j}]$ изменения параметров медикаментозного и физиотерапевтического лечения. С каждым набором лекарств и процедур связывается критерий качества лечения $\psi = \psi(x_1, \dots, x_n)$, характеризующий продолжительность, стоимость, дискомфорт и другие показатели лечения. Это может быть, например, совместная вероятность того, что время излечения и различного рода затраты на лечение не превысят заданных допустимых значений. Детерминированный эквивалент задачи выбора

метода лечения при фиксированном диагнозе представляет собой, таким образом, экстремальную задачу вида

$$\psi(x_1, \dots, x_n) \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$\underline{a}_i \leq f_i(x_1, \dots, x_n) \leq \bar{a}_i, i = 1, \dots, m; \quad (2)$$

$$\varphi_s(x_1, \dots, x_n) \leq b_s, s = 1, \dots, r; \quad (3)$$

$$\underline{x}_j \leq x_j \leq \bar{x}_j, j = 1, \dots, n. \quad (4)$$

Можно предполагать, что если диапазон $[\underline{x}_j, \bar{x}_j]$ изменения параметров x_j метода лечения заранее рационально ограничен опытными специалистами, то зависимости, входящие в условия задачи, можно считать линейными.

Пусть теперь лечение производится в условиях риска, когда установленные симптомы заставляют предполагать наличие у пациента одной из нескольких болезней. Примем также, что имеющийся опыт и результаты обследования пациента позволяют указать вероятности альтернативных диагнозов.

Модель выбора плана лечения можно в этом случае получить из модели (3.1)-(3.4) для фиксированного диагноза усреднением функционалов, определяющих критерий эффективности лечения и ограничения задачи по распределению вероятностей альтернативных диагнозов. Обозначим через p_k вероятность того, что верен k -й диагноз, $k = 1, \dots, l$, через $\psi_k(x) = \psi_k(x_1, \dots, x_n)$ – критерий эффективности метода x лечения при k -ом заболевании. Через

$$f_{ik}(x) = f_{ik}(x_1, \dots, x_n) \quad \text{и}$$

$\varphi_{sk}(x) = \varphi_{sk}(x_1, \dots, x_n)$ – соответственно показатели состояния больного и характеристики вредных воздействий, отвечающие использованию метода x лечения k -го заболевания.

Ясно, что вид этих зависимостей, вообще говоря, различен при разных заболеваниях. Выбор метода лечения, в условиях неточно установленного диагноза сводится, таким образом, к решению следующей задачи стохастического программирования

$$M\psi = \sum_{k=1}^l p_k \psi_k(x_1, \dots, x_n) \rightarrow \min; \quad (5)$$

$$\underline{a}_i \leq Mf_i = \sum_{k=1}^l p_k f_{ik}(x_1, \dots, x_n) \leq \bar{a}_i, i = 1, \dots, m; \quad (6)$$

$$M\varphi_s = \sum_{k=1}^l p_k \varphi_{sk}(x_1, \dots, x_n) \leq b_s, s = 1, \dots, r; \quad (7)$$

$$\underline{x}_j \leq x_j \leq \bar{x}_j, \quad j = 1, \dots, n. \quad (8)$$

Очевидно, что многоэтапные модели стохастического программирования более адекватны процессу лечения, чем рассмотренные выше одноэтапные модели. Первые показатели воздействия на больного принятых мер лечения дают дополнительную информацию, позволяющую уточнить диагноз и оперативно корректировать план лечения.

Во многих случаях действенным методом составления динамического плана лечения оказывается частная схема многоэтапной стохастической задачи – марковское программирование. Допустим, что метод лечения рассчитан на t этапов. Статистические материалы и содержательные соображения о механизмах течения

болезни позволяют во многих случаях описать множества состояний, в которых может оказаться пациент при том или ином плане лечения. При надлежащем определении понятия «состояние больного» траектории процесса лечения часто можно рассматривать как марковские процессы. К очередному этапу пациент переходит в новое состояние, определяемое только принятым лечением и состоянием, в котором он находился на предыдущем этапе. В [8] указывается, что, например, при пневмонии предыстория не играет существенной роли в описании течения болезни, если расчленить состояние «пневмония» на состояния «пневмония при сердечной недостаточности», «пневмония после ателектаза» и др.

Пусть течение болезни характеризуется n состояниями. Обозначим через $W^{(k)} = \|\omega_{ij}^{(k)}\|$ матрицу переходных вероятностей процесса течения болезни, отвечающую k -му методу лечения, $\omega_{ij}^{(k)}$ – вероятность того, что больной, находившийся в начале этапа в состоянии i , окажется под воздействием k -го метода лечения к началу следующего этапа в состоянии j . Очевидно, что $0 \leq \omega_{ij}^{(k)} \leq 1$ и $\sum_{j=1}^n \omega_{ij}^{(k)} = 1 \quad \forall_{i,k}$.

Вероятности $p_i^{(k)}(t+1)$ и $p_j^{(k)}(t)$ различных состояний больного на последовательных этапах лечения связаны следующей формулой

$$p_i^{(k)}(t+1) = \sum_{j=1}^n p_j^{(k)}(t) \omega_{ij}^{(k)}.$$

В стационарном режиме вероятности $\tilde{p}_i^{(k)}$ связаны соотношением

$$\tilde{p}_i^{(k)} = \sum_{j=1}^n \tilde{p}_j^{(k)} \omega_{ij}^{(k)}.$$

В ряде случаев есть основание считать течение болезни однородным марковским процессом, когда элементы матрицы $W^{(k)}$ не зависят от номера t этапа.

Матрица переходов определяется на основе изучения случайного механизма, порождающего изменение состояний системы. Если такой информации нет, но имеются основания считать, что течение болезни может быть описано как однородный марковский процесс, можно найти приближенные значения элементов матрицы $W^{(k)}$ по результатам обработки историй болезни пациентов, проходивших при исследуемом заболевании k – й курс лечения [5, 9, 10].

Пусть в результате изучения N историй болезни оказалось, что в $N_i(t)$ случаях эволюция болезни привела на t –м этапе лечения к i –му состоянию. Указанные выше свойства матрицы переходных вероятностей позволяют тогда построить следующую простую задачу квадратичного программирования для вычисления элементов матрицы $W^{(k)}$:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n \left[\frac{N_j(t)}{N} - \sum_{i=1}^n \frac{N_i(t-1)}{N} \omega_{ij}^{(k)} \right]^2 \rightarrow \min; \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^n \omega_{ij}^{(k)} = 1, \quad i = 1, \dots, n, \quad (10)$$

$$0 \leq \omega_{ij}^{(k)} \leq 1, \quad i, j = 1, \dots, n. \quad (11)$$

Пусть полезность перехода из одного состояния в другое при k –ом методе лечения характеризуется матрицей $R^{(k)} = \|r_{ij}^{(k)}\|$. Каждой траектории болезни соответствует последовательность полезностей. Полезность того или иного метода лечения представляет собой, таким образом, случайную величину с распределением вероятностей, управляемым матрицей переходов $W^{(k)}$ [11].

Математическое ожидание $v_i^{(k)}$ полезности t по k –му i , удовлетворяет рекуррентному соотношению

$$v_i^{(k)}(t) = \sum_{j=1}^n \omega_{ij}^{(k)} [r_{ij}^{(k)} + v_j^{(k)}(t-1)]$$

где $\sum_{j=1}^n \omega_{ij}^{(k)} r_{ij}^{(k)}$ – математическое ожидание полезности k –го метода лечения

на первом этапе, исходящем из состояния i ; $\sum_{j=1}^n \omega_{ij}^{(k)} v_j^{(k)}(t-1)$ – средняя полезность последующих $(t-1)$ этапов лечения. Для оптимального метода лечения на t –этапной траектории, из состояния i , математическое ожидание полезности удовлетворяет соотношению

$$v_i^*(t) = \max_R \sum_{j=1}^n \omega_{ij}^{(k)} [r_{ij}^{(k)} + v_j^*(t-1)] \quad (12)$$

Уравнение (12) представляет собой принцип оптимальности Беллмана для марковского программирования. В [12] рассмотрены два крайних случая уравнения (12), отвечающие максимизации вероятности достижения наиболее благоприятного результата и минимизации вероятности наступления наихудшего исхода.

Естественно считать $v_i(0) = 0$. Из рекуррентного соотношения (12) вычисляем последовательно $v_i^*(1), v_i^*(2)$ и т. д.:

$$v_i^*(1) = \max_k \sum_{j=1}^n \omega_{ij}^{(k)} r_{ij}^{(k)} = \sum_{j=1}^n \omega_{ij}^{(k_i^1)} r_{ij}^{(k_i^1)}, \quad i = 1, \dots, n;$$

$$v_i^*(2) = \max_k \sum_{j=1}^n \omega_{ij}^{(k)} [r_{ij}^{(k)} + v_j^*(1)] = \sum_{j=1}^n \omega_{ij}^{(k_i^2)} [r_{ij}^{(k_i^2)} + v_j^*(1)], \quad i = 1, \dots, n, \text{ и т.д.}$$

Оптимальная стратегия лечения определяется последовательностью $\{k_i^l\}$, $i = 1, \dots, n$; $l = 1, \dots, t$.

■ Заключение

Некоторую модификацию рассмотренной схемы, оптимизирующей среднее приращение полезности на стационарном участке траектории, можно использовать для разработки реабилитационных схем пациента и для оптимизации профилактики практически здорового человека.

■ Используемая литература:

- [1] Юдин Д.Б. Задачи и методы стохастического программирования / Д.Б. Юдин. – Изд.2-е. – М.: КРАСАНД, 2010. – 392 с.
- [2] Чопоров О.Н. Оптимизационная модель выбора начального плана управляющих воздействий для медицинских информационных систем / О.Н. Чопоров, К.А. Разинкин // Системы управления и информационные технологии. – М.: 2011. т. 46. № 4.1. с. 185-187.
- [3] Калаев В.Н. Регрессионный анализ в биологических исследованиях / В.Н. Калаев, Е.А. Калаева, А.П. Преображенский, О.В. Хорсева // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2007. Т. 6. № 3. С. 755-759.
- [4] Болгов С.В. Рационализация управления многопрофильной стоматологической поликлиникой на основе моделирования обращаемости населения за специализированной помощью / С.В. Болгов, О.В. Хорсева, О.Н. Чопоров // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2009. № 4. С. 115-117.

- [5] Преображенский Ю.П. Применение имитационно-семантического моделирования и полумарковских процессов принятия решений в клинической практике / Ю.П.Преображенский, Н.С.Преображенская // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 83-89.
 - [6] Преображенский Ю.П. Оценка эффективности применения системы интеллектуальной поддержки принятия решений / Ю.П.Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2009. № 5. С. 116-119.
 - [7] Преображенский Ю.П. Формирование решающих правил интеллектуальной поддержки решений врача при исследовании многокритериальных клинических объектов / Ю.П. Преображенский, М.М. Шаталов // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 077-079.
 - [8] Быховский М.Л. Кибернетические системы в медицине / М.Л. Быховский, А.А. Вишневский. – М.: Наука, 1971.
 - [9] Гафанович Е.Я. Компьютерное моделирование и прогностическое оценивание региональной распространенности сердечно-сосудистых заболеваний / Е.Я. Гафанович, Е.Н. Коровин, И.Я. Львович, И.М. Соколов // Фундаментальные исследования. 2013. № 9-4. С. 606-610.
 - [10] Львович И.Я. Математические основы формирования базы знаний для создания информационной системы поддержки принятия решений в лечебно-диагностическом процессе / И.Я. Львович, И.А. Малышленкова, С.А. Слинчук // Регион: системы, экономика, управление. 2008. № 1. С. 117-123.
 - [11] Волобуева Е.В. К вопросу выбора критерия проверки статистических гипотез / Е.В. Волобуева, Н.В. Чернякова, М.И. Гусева // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 134-138.
 - [12] Юдин Д.Б. Стохастическое квадратическое программирование / Д.Б. Юдин.- Изв. АН СССР // Техническая кибернетика, 1969, №3.
-

professor K.A. Razinkin, D. Sc.

Voronezh Institute of High Technologies

kostyr@mail.ru

professor Y.Y. Lvovich, D. Sc.

the honored scientist of the Russian Academy of Natural Sciences

President of Voronezh Institute of High Technologies

office@vivt.ru

professor O.N. Choporov, D. Sc.

Voronezh Institute of High Technologies

choporov_oleg@mail.ru

Doctor RNDr. Eugen Ruzicky

Paneuropean University, Bratislava, Slovakia



Medical information system on alternative technologies will

Медицинская информационная система по нетрадиционным здоровьесберегающим технологиям

***N.G. Novikova, N.V. Chernjakova
Н.Г. Новикова, Н.В. Чернякова***

Abstract:

The health care system is aimed at improving public health, quality of life, prevention of diseases. To solve these problems using an arsenal of tools: equipment, medicines, techniques and technology screening, treatment, prevention of disease and restore health. However, not all traditional methods are effective to justify its use. And then comes to help alternative medicine. Folk medicine does not exclude but supplement traditional. One of the most effective is the oriental medicine. Our work is devoted to the development of an information system for the use of non-traditional oriental techniques restore health through the finger gymnastics.

Аннотация:

Система здравоохранения направлена на улучшение здоровья населения, повышения качества жизни, предупреждение развития заболеваний. Для решения этих задач используется целый арсенал средств: оборудование, лекарственные препараты, методики и технологии обследования, лечения, предупреждения заболеваний и восстановления здоровья людей. Однако не всегда традиционные методы оказываются эффективны, оправдывают свое применение.

И тогда на помощь приходит нетрадиционная медицина. Методы народной медицины не исключают, а дополняют традиционные. Одной из наиболее действенных является восточная медицина. Наша работа посвящена разработке информационной системы по применению нетрадиционных восточных методик восстановления здоровья на основе пальчиковой гимнастики.

Keywords:

Health, medical information systems, alternative medicine.

Ключевые слова:

Охрана здоровья, медицинские информационные системы, нетрадиционная медицина.

Введение

Одним из важнейших звеньев охраны здоровья детей и взрослых является раннее выявление и устранение отклонений в состоянии их здоровья, своевременной и эффективной организации лечебно-оздоровительных мероприятий.

Не секрет, что учебные или психические перегрузки могут нанести серьезный ущерб состоянию здоровья подрастающего поколения, а в случае имеющихся нарушений (например, при наличии инвалидности или хронических заболеваний) и серьезно подорвать его.

Таким образом, на первый план выходит проблема устранения возможных последствий учебных перегрузок, повышения сопротивляемости и выносливости организма, улучшения качества жизни.

Основная часть

В статье планируется изучить методики принятия решений в условиях неопределенности, разработать алгоритм принятия решений в зависимости от состояния пациента и степени выраженности ортодонтических патологий.

На современном этапе развития медицины пути разрешения указанной проблемы давно определены, разработаны восстановительные лекарственные методики, комплексы физических упражнений, санитарно-эпидемиологические нормы и правила, рекомендации и инструкции.

Однако, несмотря на весь арсенал современных средств защиты здоровья, мы наблюдаем постоянный рост заболеваемости среди учащихся любых возрастов. Растет количество не только инфекционных заболеваний, что свидетельствует об угнетенном состоянии иммунной системы школьников

и студентов, но и количество нарушений в работе сердечно-сосудистой и нервной систем, опорно-двигательного аппарата, других заболеваний внутренних органов.

Следовательно, не всегда применяемые здоровьесберегающие методики достигают поставленной цели. Причин тому множество: и нежелание и неумение молодых людей следить за своим здоровьем и следовать инструкциям и рекомендациям врачей, и слишком большой объем перерабатываемой информации, и невозможность по состоянию здоровья принимать различные дополнительные лекарственные препараты или выполнять физические упражнения.

В таком случае на помощь приходят нетрадиционные здоровьесберегающие методики, основанные на народных методах, методах восточной медицины и т.д. Эти методики хотя и имеют тысячелетнюю историю успешного практического применения, но по различным причинам пока не используются официальной медициной. Одной из подобных здоровьесберегающих технологий является «йога пальцев» - широко известная в Европе древнеиндийская пальцевая гимнастика. Именно эта методика и легла в основу разработанного программного модуля.

Технологически электронная обучающая программа использованию здоровьесберегающих нетрадиционных методик выполнена в виде Internet-приложения. Internet-приложение – клиент-серверное приложение, в котором клиентом выступает браузер, а сервером – веб-сервер. Логика веб-приложения распределена между сервером и клиентом, хранение данных осуществляется, преимущественно, на сервере, обмен информацией происходит по сети. Одним из преимуществ такого подхода является тот факт, что клиенты не зависят от конкретной операционной системы пользователя, поэтому Web-приложения являются межплатформенными сервисами.

Существенное преимущество построения Web-приложений для поддержки стандартных функций браузера заключается в том, что функции должны выполняться независимо от операционной системы данного клиента, то есть пользователь может запускать данную программу на любой операционной системе, которая у него установлена. Internet-приложение разработано таким образом, что в роли программы для обучения выступает браузер.

К недостаткам Web-приложений относится возможность пользователя настраивать многие параметры браузера (например, размер шрифта, цвета, отключение поддержки сценариев), что может препятствовать корректной работе приложения.

Разработанное программное средство представляет собой приложение, позволяющее ознакомиться с содержанием нетрадиционной восточной здоровьесберегающей методики, просматривать иллюстрирующее видео, ознакомиться с техникой и описанием пальцевых упражнений.

Работа с электронной обучающей программой начинается с открытия файла index.htm, представляющего собой интернет – страничку для просмотра в

браузере. С этой страницы доступны следующие компоненты обучающей программы (рис. 1):

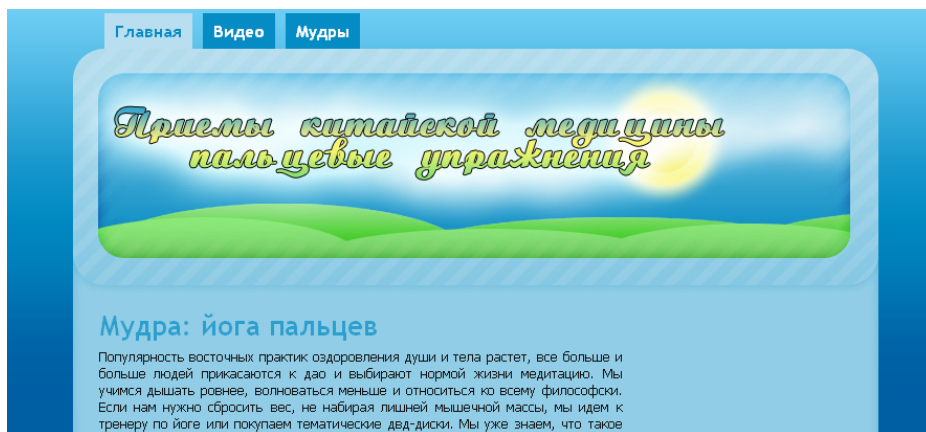


Рис. 1

Главная страница – блок, позволяющий ознакомиться с содержанием методики, историей ее возникновения и использования. С этой страницы осуществляется навигация по программе.

Видео – страница, позволяющая просматривать отснятый видеоматериал, иллюстрирующий основные разделы методики (рис. 2). Созданный видеоряд содержит фильмы с пальцевыми упражнениями, упражнениями для снятия усталости глаз, упражнениями для студентов, для устранения нервной усталости и психической напряженности (рис. 3).

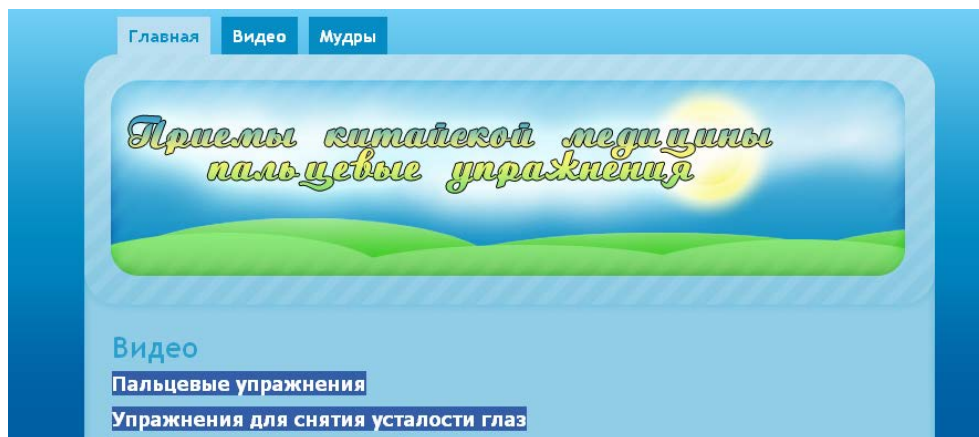


Рис. 2

Мудры – на данной вкладке можно ознакомиться с текстом мудр, а также их графической иллюстрацией. Навигация по странице осуществляется на основе гиперссылок (рис. 4).

Мудры – это особые положения пальцев рук. Для йогов они символизируют создание энергетической конфигурации, оказывающей влияние на душу и тело. Мудры снимают стресс, выводят токсины,

избавляют от болей и напряжения, улучшают работу разных органов, повышают общий тонус. Они благотворно влияют на защитные силы организма и помогают обрести единство с собой и окружающим миром.

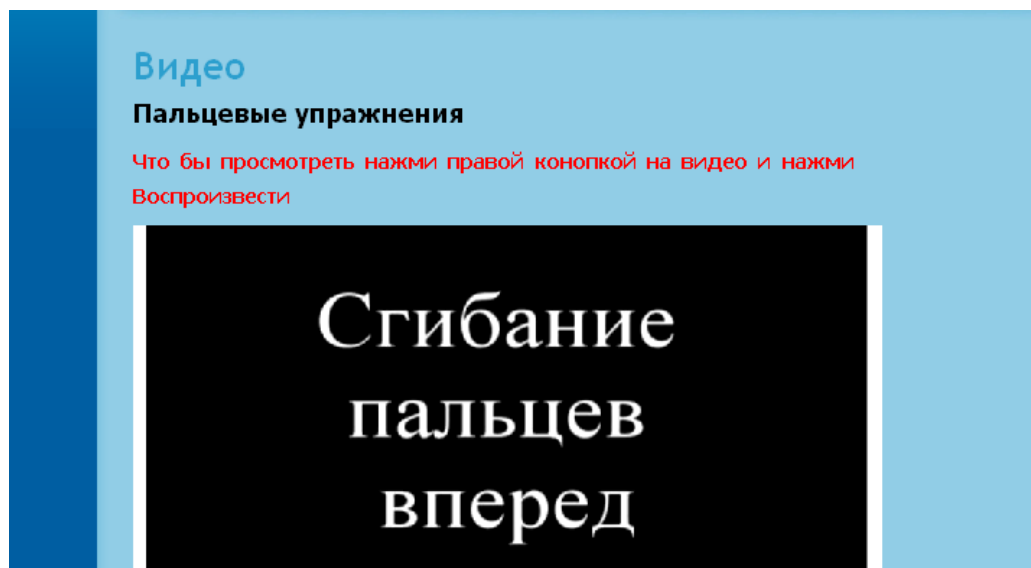


Рис. 3



Рис. 4

■ Заключение

Программа предназначена для использования в коллективах или индивидуально, в процессе реабилитации или профилактики заболеваний, охраны здоровья. Реализованная в программном продукте методика основана на идее взаимосвязи и единстве физической и психической составляющей

человека и имеет тысячелетнюю историю. Использование программы позволяет приобрести практические навыки немедленного улучшения самочувствия и качества жизни в социальных группах повышенного риска, например в группах инвалидов. Применение данного программного средства обеспечит возможность внедрения нетрадиционных здоровьесберегающих технологий в широкую практику.

Использованная литература:

- [1] Маннанова Ф.Ф. Диагностика и планирование лечения детей при тесном положении зубов верхней челюсти / Ф.Ф. Маннанова, М.В. Галиуллина // Сборник статей научно-практической конференции стоматологов РБ. – Уфа, 2005.
- [2] Чернявский Т.А. Биометрические изменения зубных рядов у пациентов с трансверзальными аномалиями окклюзии / Т.А. Чернявский, П.В. Ишмурзин // Пермский медицинский журнал, приложение «Актуальные вопросы медицины». – Пермь, 2006. – Т.23.
- [3] Данилова М.А. Планирование лечения аномалий зубных рядов на основании структурно-функциональных характеристик твердых тканей зубов и пародонта – Пермь, 2007.
- [4] Аболмосов Н.Г., Аболмосов Н.Н. Ортодонтия. - МЕДпресс-информ, 2008- 426 с.
- [5] Персин Л. С. Ортодонтия. Лечение зубочелюстных аномалий. - Москва: Медицина, 2007. – 297 с.
- [6] Уильям Р. Профит Современная ортодонтия. Перевод с английского под редакцией члена-корреспондента РАМН, профессора Л.С.Персина. Москва «МЕДпресс-информ». 2006.
- [7] Anthony D. Viazis-Atlas of advanced orthodontics: a guide to clinical efficiency Атлас передовой ортодонтии: руководство по клинической эффективности. Издательство: W.B. Saunders Company, 2003.- 254 с.
- [8] Львович Я.Е. Частота аффективных расстройств при различных соматических болезнях / Я.Е.Львович, В.А. Куташов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2007. Т. 6. № 1. С. 100-102.
- [9] Львович Я.Е. Технология комплексного обследования больных с осложненным остеохондрозом позвоночника / Я.Е.Львович, И.В.Постникова, И.О. Золотинский // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2008. Т. 7. № 4. С. 840-845.
- [10] Постникова И.В. Оптимизация комплексного консервативного лечения больных с грыжами межпозвонковых дисков / И.В.Постникова, Я.Е.Львович, И.О. Золотинский // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2009. Т. 8. № 1. С. 33-40.

- [11] Брежнева Н.А. Интегрированная система управления офтальмологической помощью в регионе / Н.А.Брежнева, Я.Е.Львович, В.Н.Чуриков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2013. Т. 12. № 1. С. 324-326.
- [12] Брежнева Н.А. Оптимизация распределения потоков пациентов с учетом ресурсов регионального и субрегионального уровней офтальмологической помощи / Н.А.Брежнева, Я.Е.Львович, С.Я.Щербаков // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 7. С. 4-6.
- [13] Преображенский Ю.П. Применение имитационно-семантического моделирования и полумарковских процессов принятия решений в клинической практике / Ю.П.Преображенский, Н.С.Преображенская // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 83-89.
- [14] Преображенский Ю.П. Оценка эффективности применения системы интеллектуальной поддержки принятия решений / Ю.П.Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2009. № 5. С. 116-119.
- [15] Преображенский Ю.П. Формирование решающих правил интеллектуальной поддержки решений врача при исследовании многокритериальных клинических объектов / Ю.П.Преображенский, М.М.Шаталов // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 077-079.
- [16] Чопоров О.Н. Оптимизационная модель выбора начального плана управляющих воздействий для медицинских информационных систем / О.Н. Чопоров, К.А. Разинкин // Системы управления и информационные технологии. – 2011. – Т. 46. № 4.1. – С. 185-187.
- [17] Чопоров О.Н. Оптимизация функционирования медицинских систем на основе интегральных оценок и классификационно-прогностического моделирования: дис. ... д-ра техн. наук. – Воронеж, 2001. – 325 с.

.....

N. Chernjakova, Ph.D. (candidate of pedagogical sciences)

Voronezh Institute of High Technologies
wlana_1@rambler.ru

N. Novikova, Ph.D. (candidate of pedagogical sciences)

Voronezh Institute of High Technologies
nnov2003@bk.ruVoronezh



Linguistic means of intellectual medical decision support based on the simulation and semantic modeling in the clinical practice

Разработка лингвистических средств интеллектуальной поддержки принятия медицинских решений в клинической практике на основе имитационно-семантического моделирования

Ю.П. Преображенский, Н.С. Преображенская, В.В. Ермолова
Y.P. Preobrazhenskiy, N.S. Preobrazhenskaya, V.V. Ermolova

Abstract:

To implement the tasks incomplete processing of medical information, better understanding of the decision-making context, raising the level of abstraction for the search of an optimal strategy based on iteration methods for the criteria and iteration on strategies proposed language for modeling dynamic decision-making (DDML) to support decision-making under uncertainty. The structure of the language is determined by a set of specific requirements for the simulation of dynamic decision-making, as well as some basic principles of modern computer technologies. There is a separation of presentation-tier approaches to formulation of the problem, the solution and its analysis.

Аннотация:

Для реализации задач обработки неполной медицинской информации, лучшего понимания контекста принятия решения, повышения уровня абстракции для поиска оптимальной стратегии на основе методов итерации по критерию и итерации по стратегиям, предлагается язык моделирования динамического принятия решений (DDML) для

поддержки принятия решений в условиях неопределенности. Структура языка определяется набором специфических требований для моделирования динамического принятия решений, а также некоторыми основными принципами современных компьютерных технологий. Существует разделение на уровне представления подходов к постановке задачи, решению и его анализу.

Keywords:

Decision support, modeling, semantics.

Ключевые слова:

Поддержка принятия решений, моделирование, семантика/

Введение

В принятии врачебного решения определение оптимального курса диагностических тестов и лечебных мероприятий являются задачами оптимизации, тогда как сравнение эффектов этих тестов и методик лечения являются задачами выбора.

В данном исследовании в качестве объекта управления выбран курс медикаментозного лечения ишемической болезни сердца (ИБС). Задача управления состоит в определении сравнительной эффективности различных фармакологических форм лечения стабильной стенокардии, как наиболее частой манифестации ИБС.

Описываемый в статье язык DDML интегрирует выразительность и ясность языков интеллектуального планирования, графические возможности моделей динамического принятия решений, свойства и некоторые решения на основе полумарковских процессов. Он также включает основную идею проектирования классического языка программирования: трансляцию языка моделирования высокого уровня в объектный язык для исполнения. Основываясь на общей структурной модели принятия решений, данный язык имеет четыре основных компонента: грамматику принятия решений, графическую нотацию, формальное математическое представление и соглашения по трансляции. Грамматика принятия решений поддерживает постановку задачи с несколькими универсальными интерфейсами. Графическая нотация как и в традиционных графических моделях принятия решений отвечает за визуализацию на нескольких уровнях представления. Математическое представление обеспечивает краткую формулировку задачи принятия решений; также оно допускает несколько методов решения в зависимости от различных свойств формальной модели.

Вводные требования к языку моделирования

Эффективный язык для моделирования динамического принятия решения в условиях неопределенности должен обеспечивать разделение поддержки представления и вывода данных для моделирования и для задач вычисления или принятия решений, а также сохранять баланс между наглядностью модели и эффективностью принятия решений. Он также должен обладать выразительной онтологией принятия решений и формальным базисом, он должен поддерживать несколько уровней абстракции, несколько перспектив визуализации, а также являться расширяемым, адаптируемым и практичным.

Парадигма языка должна включать факторы решений и ограничения, свойственные всем существующим структурам моделей принятия решений.

Словарь должен облегчать постановку задачи; иными словами, выразительность, краткость и ясность являются наиболее важными качествами языка. Эти качества определяются не только типами и множествами онтологических компонентов, но и их представлением и организацией.

Язык должен иметь математическое обоснование для поддержки принятия решения и анализа задачи. Его теоретическая структура должна отражать выразительность онтологии принятия решений, а также иметь простые и строгие синтаксис и семантику. Эти качества облегчают исследование и анализ формальных свойств задачи и ее решений.

В процессе постановки задачи пользователь должен иметь возможность работать с соответствующими структурными моделями, вместе специальных математических определений, что формулирует требования гибкости и интуитивности онтологии принятия решений. Следовательно, язык должен поддерживать логические конструкции на различных уровнях абстракции.

В новом языке должны быть сохранены графические свойства моделей динамического принятия решений. Эти свойства облегчают моделирование и анализ; они должны быть расширяемы для визуализации факторов и ограничений решений на нескольких уровнях представления с учетом абстракции.

Визуализация на множестве перспектив соотносится с обычным шаблоном в принятии решения человеком. Например, на одной стадии постановки задачи, может быть необходимо рассмотрение лишь возможных переходов между состояниями, на другой – анализ неопределенных эффектов от происходящих во время перехода событий. Соответствия между различными графическими объектами должны быть установлены на различных уровнях представления.

Язык должен иметь возможность постепенного расширения. Сюда включаются дополнительные языковые конструкции для новых типов параметров решений и их ограничений. Расширяемыми также должны быть

и онтология принятия решений высокого уровня, и теоретическая структура. Модульность языка должна сохраняться при трансляции на нескольких уровнях абстракции и представления.

При выразительной и стабильной теоретической структуре большинство расширений должны быть на высоком уровне онтологии принятия решений, причем математические свойства должны сохраняться или напрямую обобщаться при использовании дополнений теоретической структуры.

Язык должен быть системно адаптируемым. Адаптация включает изменения в организации конструкций языка, причем это необязательно должно влиять на его выразительность. И модель принятия решений высокого уровня, и теоретическая структура также должны быть адаптируемыми, а модульность должна сохраняться при трансляции на нескольких уровнях абстракции и при нескольких уровнях представления, как было упомянуто выше.

Язык должен быть предназначен для реализации практических задач. Язык моделирования динамического принятия решений должен являться модульным, универсальным и задаваемым явным образом; также должна существовать возможность отдельной реализации компонентов модульного языка при их дальнейшей непосредственной интеграции. Реализация такого принципа более проста и менее подвержена ошибкам. Все это облегчает отладку модели и поддерживает ее инструментальную разработку.

■ **Конструирование языка моделирования динамического принятия решений**

Разработанный в рамках исследования язык DDML удовлетворяет вышеизложенные требования, интегрируя выразительность и ясность языков интеллектуального планирования, графические возможности моделей динамического принятия решений, свойства и некоторые решения на основе ПМП. Он также включает основную идею проектирования классического языка программирования: трансляцию языка моделирования высокого уровня в объектный язык для исполнения.

Основываясь на общей структурной модели принятия решений, данный язык имеет четыре основных компонента: грамматику принятия решений, графическую нотацию, формальное математическое представление и соглашения по трансляции. Грамматика принятия решений поддерживает постановку задачи с несколькими универсальными интерфейсами. Графическая нотация как и в традиционных графических моделях принятия решений отвечает за визуализацию на нескольких уровнях представления. Математическое представление обеспечивает краткую формулировку задачи принятия решений; также оно допускает несколько методов решения в зависимости от различных свойств формальной модели.

Модель динамического принятия решений на языке DDML имеет следующие части:

- диапазон времени, обозначающий временные границы для принятия решения;
- множество оценочных функций, обозначающих критерии оценки задачи принятия решения;
- множество состояний, влияющих на оценочные функции;
- множество действий, отражающих альтернативы в каждом состоянии;
- множество событий, происходящих в среде принятия решения, которые могут влиять на оценку состояний;
- множество параметров переходов, отражающих вероятностные и временные характеристики, в зависимости от действий и состояний;
- множество параметров влияния, отражающих вероятностные и временные характеристики действий, событий и состояний;
- множество декларативных ограничений, таких, как допустимые логические отношения между состояниями, событиями, параметрами переходов и параметрами влияния;
- множество стратегических ограничений, таких, как допустимые продолжительности определенных действий, их релевантное количество, порядок и временные интервалы между последовательными действиями.

Разработанный вариант языка DDML состоит из общего множества компонентов модели с минимальным набором ограничений. Структура расширяема путем постепенного подключения специальных трансляторов или написанием новых правил соответствия.

Синтаксис языка определяется грамматикой динамического принятия решений и графическими обозначениями. Семантика определяется математическим представлением ПМП и трансляцией, соединяющей грамматику, условные обозначения и математическое представление факторов решений и их ограничений.

Опишем ниже интеграцию модели принятия решений и особенностей компонентов языка. В DDML структурная модель ситуации принятия решений включает релевантные параметры решения и их внутренние взаимоотношения. Формально, она состоит из предметной области, множества базисных функций и множества базисных отношений. Предметная область – это множество параметров решения, относительно которых высказываются суждения и формируются знания. Различные функции и отношения могут определяться с использованием этих параметров. Множество базисных функций – это множество релевантных функций предметной области. Множество базисных отношений – это множество релевантных отношений предметной области. Множество базисных функций включает заданные вероятностные и оценочные функции. Множество базисных отношений включает вероятностные и временные зависимости.



Рис. 1. Структурная имитационно-семантическая модель

Основываясь на структурной модели, мы определяем выражения в DDML в терминах следующих компонентов: элементарные понятия, переменные понятия, функции, отношения и ограничения. Эти принципы аналогичны символьным константам, переменным, функциям, отношениям и утверждениям или формулам в исчислении предикатов первого порядка. Многие понятия DDML имеют вероятностные интерпретации, например, переменные соответствуют случайным величинам в теории вероятностей. Кроме того, сюда относятся детерминированные и вероятностные зависимости.

Элементарные понятия являются описаниями в пределах предметной области в единичный момент времени. Существуют три типа элементарных понятий: события, действия и состояния.

Событие – это частичное описание явления в единичный момент времени, оно соответствует высказыванию или атомарному предложению в исчислении предикатов первого порядка. В частности, оно описывает возникновение (или отсутствие) явления. При принятии решения в клинических условиях событие представляет собой появление или отсутствие физического или физиологического состояния одного или нескольких пациента.

Действие – это специальный тип события, который включает действующего субъекта (ДС). ДС может быть лицом, принимающим

решение (ЛПР), который непосредственно управляет действием, ДС может быть неизвестен, а действие – случайно, в случае «суб-действия». При принятии решения в клинических условиях релевантные действия подразумевают различные тесты и виды терапевтических мероприятий, а также их комбинации. Эффекты действий выражаются в терминах событий.

Состояние – полное описание явления в единичный момент времени. Описание состояния включает множество событий или высказываний, как было определено выше. Каждое состояние имеет связанное с ним значение, показывающее предпочтительность нахождения в этом состоянии.

Переменные понятия соответствуют случайным величинам (переменным) в теории вероятностей. Они представляют собой неопределенность в задаче, описанной в основных понятиях в единичный момент времени. В данном исследовании мы рассматривали только дискретные величины.

Случайная переменная соответствует вероятностному узлу в модели принятия решения. Она имеет несколько возможных результатов или значений, результатами могут быть случайные события или состояния. Существуют три типа случайных переменных: событийная переменная, переменная атрибутов состояния и переменная состояния.

Значением событийной переменной, описывающей возможные последствия действия, соответственно являются события. В частности, она может охватывать наблюдаемое или ненаблюдаемое явление, которое прямо или косвенно описывает состояния.

Переменная атрибутов состояния является специальным видом событийных переменных, она описывает характеристику или свойство, напрямую относящуюся к описанию состояний. Значением переменной атрибутов состояния также являются события. С учетом множества этих переменных, состояние обычно описывается в терминах декартова произведения их результатов. В нашей работе все используемые событийные переменные: «статус», «Заболевание – 1» и «Заболевание – 2 », являются переменными атрибутов состояния. Переменная атрибутов состояния «статус» имеет значение «жив» или «мертв», « Z_1 » - «наличие Z_1 » или «отсутствие Z_1 », и т.п.

Переменная состояния представляет собой неопределенность в описании реального состояния в единичный момент времени. Она относится к пространству состояния в ПМП и узлу переменной состояния на динамической диаграмме влияния в конкретный момент времени t или на данном этапе принятия решения n . Значениями переменных состояния являются сами состояния.

Переменная действия обозначает решение или точку выбора в единичный момент времени. Она относится к части или ко всему пространству действий в ПМП или решающему узлу на динамической диаграмме влияния в конкретный момент времени t или на данном этапе принятия решения n . Переменная действия имеет в качестве значений

возможные альтернативы, являющиеся действиями, которые могут быть напрямую выбраны в результате принятия решения.

Переменная функции обозначает оценочную функцию или структуру оценки желательности в единичный момент времени. Она соответствует оценочному узлу на динамической диаграмме влияния в конкретный момент времени t или на данном этапе принятия решения n . Значением переменной функции является число, таблица или функция, отражающая величину желательности состояния в зависимости от действия. Другими словами, результат такой переменной определяется как значение декартова произведения или другой комбинации результатов переменной состояния и данной переменной действия.

Основными отношениями между понятиями являются вероятностные и временные зависимости. Отношение вероятностной зависимости между двумя понятиями соответствует понятию условной зависимости в теории вероятностей. Направление отношения вероятностной зависимости отражает определение основной условной зависимости, оно не несет никакой информации о временных характеристиках связи. Специальные вероятностные зависимости между состояниями называются переходами. Отношение временной зависимости между понятиями говорит о том, что одно предшествует другому во времени возникновения, и не несет причинно-следственной нагрузки.

Базовые функции определяются через понятия и отношения вероятностных функций и оценочных функций. К первым относятся распределения вероятностей и функции распределения вероятностей. Оценочные функции измеряют желательность того или иного состояния, причем применительно к нашей работе могут существовать различные метрики: коэффициент продолжительности жизни, стоимость лечения, что обычно определяется характером действий [1].

Ограничения являются описательными или предписывающими условиями, налагаемыми на понятия, функции и отношения, перечисленные выше. Они относятся к логическим предложениям и процедурам квантификации из теории исчисления предикатов первого порядка. Например, для заданного пространства состояний S , следующее ограничение указывает, что действие «Схема лечения 1» применимо во всех состояниях:

$$\forall s \in S, \text{Применимо}(CL_1, s)$$

Отношение *Применимо*, разумеется, будет верно интерпретировано конструктором модели и решающим алгоритмом в качестве ограничения.

Вышеуказанная грамматика для языка DDML является абстрактной. Следуя основным соглашениям, она содержит следующие компоненты:

- конечное множество имен конструкций;
 - конечное множество продукций, ассоциированных с конструкциями;
- Опишем продукцию, которая определяет конструкцию «модель»:

Модель $\rightarrow$ Имя: идентификатор;
 Контекст: список контекста;
 Определения: список определений;
 Ограничения: список ограничений;
 Решение: оптимальная стратегия

Каждая конструкция описывает структуру множества объектов, называемых экземплярами конструкции. Конструкция является типом своих экземпляров. Принят стандартный набор элементарных конструкций/типов, например, «Строка», «Функция распределения вероятности» и т.п. Существует несколько способов спецификации структуры конструкции.

Вышеприведенная продукция является «составной», т. е. конструкция имеет экземпляры, включающие определенное число компонентов. Другие типы продукций включают:

«Альтернативные» продукции, например, длительность временных границ решения может быть конечной и бесконечной:

Длительность $\rightarrow \mathbb{Z}^+ \cup \{0\} \mid \infty$

«Перечислимые» продукции, например, пространство состояний задачи принятия решения состоит из одного и более состояний:

Пространство_состояний $\rightarrow$ Состояние⁺

Построение имитационно-семантической модели терапевтических мероприятий

Постановка задачи на DDML включает построение модели динамического принятия решений и ее трансляцию в математическое представление. Модель ДПР является формальной или полной, когда она соответствует формально правильному ПМП с критерием оптимальности. Некоторые модельные конструкции напрямую соответствуют математическим описаниям, для других необходима трансляция. Критерием оптимальности при конечном диапазоне решений по умолчанию является дисконтированный полный ожидаемый эффект.

Моделью динамического принятия решений M является набор из восьми параметров и критерия оптимальности:

T – множество моментов времени или диапазон решений;

A – пространство действий;

S – пространство состояний;

E – пространство событийных переменных;

Ω_E – множество событий или результатов событийных переменных;

Ξ – множество переходов;

Ψ – множество влияний;

ζ – множество оценочных функций;

K – множество ограничений;

G – множество трансляторов.

Построение модели включает следующие задачи:

1. Спецификация типа задачи динамического принятия решения, продолжительность ее рассмотрения, оптимальность и критерий оценки;
2. Определение различных действий и состояний;
3. В зависимости от каждого действия определение возможных переходов между состояниями и значения, достигаемые в этих состояниях;
4. При затруднении прямого определения переходов или значений, определение возможных событийных переменных и их отношений, которые определяют переходы;
5. Наложение релевантных ограничений на соответствующие факторы решения.

Спецификации и определения могут изменяться в процессе моделирования. Для поддержки таких изменений в DDML используются грамматика ДПП, графические нотации и их соответствующие интерфейсы.

Основные характеристики задачи динамического принятия решения определяются типом задачи, диапазоном принятия решения и критерием оценки [1,2].

В DDML используются два типа задач принятия решений: оптимизации и выбора с учетом соответствующего целевого или оценочного критерия. Оптимизационная задача решается построением оптимальной стратегии $\pi^* = \{\mu_0^*, \mu_1^*, \mu_2^*, \mu_3^*, \dots\}$ где $\mu_t^*: S \rightarrow A$; $t \in T$ – оптимизирующая функция из пространства состояний S в пространство действий A в момент времени t из множества T .

Задача оптимизации состоит в сравнении независимых эффектов действий для выбора наилучшей альтернативы на каждом этапе принятия решения.

Задача выбора решается определением оптимальной стратегии $\pi^* = \pi^{a^*}$ из предопределенного множества стационарных стратегий $\{\pi^a\}$ из одного действия, т. е. стратегий $\pi^{a^*} = \{\mu_0^{a^*}, \mu_1^{a^*}, \mu_2^{a^*}, \mu_3^{a^*}, \dots\}$ где $\mu_t^{a^*}: S \rightarrow a^*$; $a^* \in A$ – функция из пространства состояний S к оптимизируемому действию a^* .

В принятии врачебного решения определение оптимального курса диагностических тестов и лечебных мероприятий являются задачами оптимизации, тогда как сравнение эффектов этих тестов и методик лечения являются задачами выбора.

В данном исследовании в качестве объекта управления выбран курс медикаментозного лечения ишемической болезни сердца (ИБС). Задача управления состоит в определении сравнительной эффективности различных фармакологических форм лечения стабильной стенокардии, как наиболее частой манифестации ИБС.

Во-первых, необходимо определить результирующий эффект антиаритмического агента хинидина для пациентов, с уже назначенным антикоагулянтом варфарином. Назначение хинидина является

контролируемым действием, применение варфарина – суб-действием. Необходим выбор из четырех стратегий:

Стратегия «Нет»: лечение начинается без применения медикаментозных средств, при необходимости в любой момент может быть назначен или отменен варфарин.

Стратегия «Варфарин»: лечение начинается с применения варфарина, который может быть в любой момент отменен.

Стратегия «Хинидин»: лечение начинается с применения хинидина, при необходимости в любой момент может быть назначен или отменен варфарин.

Стратегия «Оба»: лечение начинается с применением и хинидина, и варфарина, с отменой последнего при необходимости в любой момент.

Второй задачей является необходимость определения оптимального начального курса терапевтических мероприятий.

Диапазон принятия решения $T = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$ может быть как конечным, так и бесконечным. Модель с конечным диапазоном, большой продолжительностью и малыми единицами времени может быть аппроксимирована как модель с бесконечным диапазоном. В нашем исследовании мы будем рассматривать модели с конечным диапазоном решений, поскольку ожидаемая продолжительность жизни пациента есть величина конечная.

Критерий оценки может измерять любую необходимую величину: ожидаемую продолжительность жизни, стоимость лечения и соотношение цена/эффективность; он определяется множеством оценочных функций.

Пространство действий $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ содержит множество действий, рассматриваемых в контексте задачи динамического принятия решений. DDML поддерживает статичное пространство действий, т.е. оно остается неизменным в течение всего диапазона принятия решений.

Пространство состояний модели с оптимизационной задачей состоит из отдельных действий, тогда как для задачи выбора – из контролируемых действий релевантных стратегий. В задаче исследования пространство действий состоит из двух контролируемых действий для рассматриваемых выше стратегий: $A = \{\text{«Нет»}, \text{«Хинидин»}\}$. Эффекты от суб-действия «Варфарин» с применением или отсутствием хинидина выражаются в описании состояний, как будет показано ниже.

Пространство состояний $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ содержит множество состояний, которые определяются в терминах множества переменных атрибутов состояний. Введем три типа переменных атрибутов состояний. Первый из них определяет значение оценочных функций; второй показывает допустимость того или иного действия; третий тип отражает статус одного или нескольких суб-действий. Состояния определяются как декартово произведение значений переменных атрибутов состояний.

Релевантные переменные атрибутов состояний и их возможные результаты показана в таблице 1.

Таблица 1. Возможные значения переменных атрибутов состояний

Переменная атрибутов состояний	Значения
Статус	Пациент жив (Alive) Летальный исход (Dead)
Синусовый ритм	Нормальный синусовый ритм (NSR) Фибрилляция предсердий (AF)
Допустимость варфарина	Возможно (War-OK) Невозможно (War-No)
Статус варфарина	Назначен (War-On) Не назначен (War-Off) Запрещен к применению (War-NE)
Состояние сосудов мозга	Норма (None) Преходящий приступ ишемии (TIA) Ишемический инсульт (Stroke)

В динамических диаграммах влияния переменные атрибутов состояния представляются как вероятностные узлы, оказывающие прямое влияние на оценочные узлы. В марковских циклических и стохастических деревьях переменные атрибутов состояний не включаются в связи, определения пространства состояний в этих структурах обычно используют их логические комбинации.

В зависимости от каждого контролируемого действия множество возможных переходов $\Xi = \{\xi(a, i, j, t) \mid i, j \in S, a \in A, t \in T\}$ определяется с помощью состояний. Состояние перехода $\xi \subseteq A \times S \times S \times T$ между любыми двумя состояниями $i, j \in S$ с учетом действия a в момент времени $t \in T$ означает достижимость j из i с учетом a и t . Характер достижимости определяется ступенчатой переходной функцией с РВ $q_{ij}^{(a)}(\cdot)$ и ФРВ $Q_{ij}^{(a)}(\cdot)$.

В случае, когда затруднительно непосредственно описать функции перехода или эффект действий в DDML существует возможность промоделировать их как событийные переменные с соответствующими отношениями между состояниями. Для каждого контролируемого действия $a \in A$ его пространство событийных переменных $E_a = \{e_1, e_2, \dots, e_{|E_a|}\}$ обозначает множество событийных переменных, которые определяют эффекты. Пространство событийных переменных $E = \cup_{a \in A} E_a$ обозначает множество всех событийных переменных для всех действий. Каждая событийная переменная e имеет ассоциированное пространство событий или результатов $\Omega_e = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k\}; k \geq 1$, которое обозначает множество возможных значений для e . Зависящее от действий пространство событий Ω_{E_a} и общее пространство событий Ω_E определяются аналогично.

В DDML зависящие от действий пространства событий могут различаться; однако в настоящем исследовании можно принять это пространство статичным. Событийные переменные, связанные с различными действиями, могут различаться, но их множество остается постоянным [3].

Событийная переменная соответствует случайной величине в теории вероятностей, а также вероятностному узлу в графических моделях динамического принятия решений. Пространство состояний S в каждый момент времени t или на каждой стадии принятия решений n может быть представлено как специальная событийная переменная s_t или s_n .

В зависимости от каждого контролируемого действия множество вероятностных влияний $\Psi = \{\psi(a, x, y, t) \mid a \in A, y \in E_a, t \in T\}$ определяется с помощью событийных переменных.

Отношение вероятностного влияния $\psi \subseteq A \times E_a \times E_a \times T$ между любыми двумя событийными переменными $x, y \in E_a$ при действии $a \in A$ в момент времени $t \in T$ отражает вероятностные зависимости, обусловленные эффектами действий среди результатов двух событийных переменных в момент t . Отсутствие прямого вероятностного влияния между двумя событийными переменными означает, что они условно независимы в момент времени t .

Условное распределение значения y , зависящее от действия a и момента времени t определяется для всех возможных комбинаций ее вероятностных предшествующих элементов, включая x . Если u и w являются другими двумя событийными переменными, влияющими на y через $\psi(a, u, y, t)$ и $\psi(a, w, y, t)$, то условное распределение значений y_k , зависящее от значений x_p, u_q, w_r , а также действия a и времени t , запишется как $P\{y_k | x_p, u_q, w_r, a, t\}$.

Условное распределение между двумя переменными состояния s_n и s_{n-1} представляет множество всех переходных функций с учетом действия a на стадии принятия решения n .

В зависимости от каждого контролируемого действия, а также критерия оценки, для состояний определяется множество оценочных функций $\varsigma = \{v_i^{(a)}(m) \mid i \in S; a \in A, m=0, 1, 2, \dots\}$.

Оценочная функция $v: A \times S \times \aleph \rightarrow \mathcal{R}$ определяет целевое значение, достижимое в состоянии $i \in S$ через промежуток времени $m \in \aleph$, в зависимости от действия $a \in A$. Она определяется в терминах ассоциированных переходных оценочных функций $v_{ij}^{(a)}(m)$ для каждого возможного перехода $\xi(a, i, j, \cdot)$ из состояния i в состояние j после пребывания в состоянии i в течение времени n , в зависимости от действия a .

Оценочная переходная функция $v_\xi: A \times S \times S \times \aleph \rightarrow \mathcal{R}$ определяет целевое значение, достигаемое при переходе из состояния $i \in S$ в состояние $j \in S$ за время $m \in \aleph$ в зависимости от действия $a \in A$. Она имеет два компонента: коэффициент выхода $u_i^{(a)}(l)$ и бонус $b_{ij}^{(a)}$. Коэффициент выхода

определяет значение, достижимое в момент времени l после входа в состояние i через интервал времени $(l, l+1)$; бонус – однократно достижимое значение в начале перехода из состояния i . Предполагается независимость оценочных функций от абсолютного времени t .

Запишем выражение для оценочной функции:

$$v_i^{(a)}(m) = \sum_j q_{ij}^{(a)}(\cdot) v_j^{(a)}(m) = \sum_j q_{ij}^{(a)}(\cdot) \left(\left[\sum_{l=0}^{n-1} y_i^{(a)}(l) \right] + b_{ij}^{(a)} \right); a \in A, i, j \in S, l, m \geq 0; (1)$$

В нашем исследовании мы используем специальный вид оценочной функции: коэффициенты выхода и бонусы постоянны для всех состояний и переходов, а также для всех действий.

$$v_i^{(a)}(m) = v_{ij}(m) = m y_i + b_{ij}; a \in A, i, j \in S, l, m \geq 0;$$

Коэффициенты определены для отдельных состояний, для поглощающих состояний они равны нулю. Бонусы в данном случае отрицательны, указывая на кратковременные заболевания, они ассоциированы только с теми переходами, на которых могут происходить неблагоприятные события: ишемический инсульт, геморрагический инсульт и желудочно-кишечные кровоизлияния.

Определения всех вышеуказанных компонент модели динамического принятия решений на DDML могут быть подвергнуты общим или проблемно-зависимым ограничениям $K = \{k | k \in K_D \text{ или } k \in K_S\}$, где K_D – множество декларативных ограничений, а K_S – множество стратегических ограничений.

Множество декларативных ограничений K_D относится к определению состояний, событийных переменных и их ассоциативным отношениям. Декларативное ограничение – это отношение $k_D \subseteq \{S \cup \Omega_E \cup \Xi \cup \Psi \cup \zeta\}^n$; $n \geq 2$, где S – это пространство состояний, Ω_E – это пространство событий, представляющее множество всех значений событийных переменных в пространстве событийных переменных E , n – арность.

Эти ограничения присущи определениям, поддерживаемым языком DDML. Учитывая действие $a \in A$, поглощающее состояние $i \in S$ имеет нулевую оценочную функцию и не имеет исходящих переходов в другие состояния $j \in S$:

$$\forall a \forall i \text{ abs}(a, i) \Rightarrow (v_i^{(a)}(\cdot) = 0) \wedge \forall j (i \neq j) \wedge [\xi(a, i, j, \cdot) \notin \Xi]$$

Эти ограничения накладываются в процессе построения модели, причем их эффекты в явной форме кодируются определениями структурных и численных параметров модели динамического принятия решения. Определение поглощающего состояния на языке Common Lisp приведено ниже:

```
(MAKE-STATE "DEAD :ABSORBING-P T :VALUE-FUNCTION 0.0)
(MAKE-TRANSITION NODRUG DEAD DEAD :TRANS-FUNCTION 1.0)
(MAKE-TRANSITION QUINIDINE DEAD DEAD :TRANS-FUNCTION 1.0)
```


Существуют ограничения, чьи эффекты должны быть явно определены во время трансляции между уровнями или перспективами. В DDML это дизъюнктивное определение или «неполное ИЛИ» для комбинаций событий. Канонические модели используются в том случае, когда невозможно детализированное описание отношений между переменными.

Использование операции «неполное ИЛИ» предлагается для облегчения описания условных распределений событийных переменных. Рассмотрим частичное множество событийных переменных на диаграмме влияний для действия «Хинидин» (рис. 2). Переменная “Die” указывает на летальный исход от причин, связанных с полом, возрастом и т.п., “Die-TE” указывает на летальный исход от тромбоземболии, “Die-Cerehem” указывает на летальный исход от геморрагического инсульта, “Die-GIB” – летальный исход от желудочно-кишечного кровотечения.

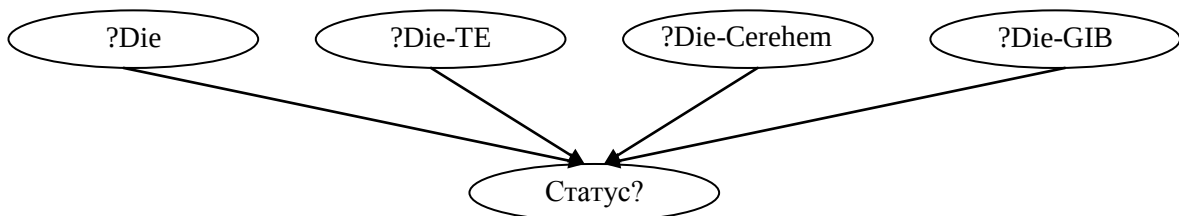


Рис. 2. Частичная диаграмма влияния

Распределение вероятности значений переменной атрибутов состояния «Статус» обусловлено декартовым или прямым произведением значений ее вероятностных предшествующих элементов (табл. 2).

В таблице условных распределений каждый элемент транслируется как «вероятность “индекс столбца” в зависимости от “индекс ряда”». Суффиксы “-A” для индексов колонок таблицы показывают, что они являются значениями переменной атрибутов состояния. Индексы являются конъюнкциями событий.

Таблица 2. Распределение вероятности значений переменной атрибутов состояния «Статус» на языке Common Lisp.

```

> (distribution status?/nodrug)
#<Distribution-Table #:G725
Type: DISCRETE
Matrix: #:G725
"Pr{c|r}"
DEAD-A
(DIE DIE-GIB DIE-CHM DIE-TE)
1.00000
(DIE DIE-GIB DIE-CHM NOT-DIE-TE)
1.00000
ALIVE-A
0.00000
0.00000
  
```

(DIE DIE-GIB NOT-DIE-CHM DIE-TE)	0.00000
1.00000	
(DIE DIE-GIB NOT-DIE-CHM NOT-DIE-TE)	0.00000
1.00000	
(DIE NOT-DIE-GIB DIE-CHM DIE-TE)	0.00000
1.00000	
(DIE NOT-DIE-GIB DIE-CHM NOT-DIE-TE)	0.00000
1.00000	
(DIE NOT-DIE-GIB NOT-DIE-CHM DIE-TE)	0.00000
1.00000	
(DIE NOT-DIE-GIB NOT-DIE-CHM NOT-DIE-TE)	0.00000
1.00000	
(NOT-DIE DIE-GIB DIE-CHM DIE-TE)	0.00000
1.00000	
(NOT-DIE DIE-GIB DIE-CHM NOT-DIE-TE)	0.00000
1.00000	
(NOT-DIE DIE-GIB NOT-DIE-CHM DIE-TE)	0.00000
1.00000	
(NOT-DIE DIE-GIB NOT-DIE-CHM NOT-DIE-TE)	0.00000
1.00000	
(NOT-DIE NOT-DIE-GIB DIE-CHM DIE-TE)	0.00000
1.00000	
(NOT-DIE NOT-DIE-GIB DIE-CHM NOT-DIE-TE)	0.00000
1.00000	
(NOT-DIE NOT-DIE-GIB NOT-DIE-CHM DIE-TE)	0.00000
1.00000	
(NOT-DIE NOT-DIE-GIB NOT-DIE-CHM NOT-DIE-TE)	1.00000
0.00000	

Используя операцию «неполное ИЛИ», можно описать таблицу 2 условных распределений для переменной атрибутов состояния «Статус», обозначив дизъюнкцию квадратными скобками следующим образом:

Таблица 3. Дизъюнктивная запись таблицы распределений для переменной атрибутов состояния “Статус” на языке Common Lisp.

```

> (distribution status?/nodrug)
#<Distribution-Table #:G725
Type: DISCRETE
Matrix: #:G725
“Pr{c|r}”
ALIVE-A
DEAD-A
[DIE DIE-GIB DIE-CHM DIE-TE] 0.00000
1.00000
(NOT-DIE NOT-DIE-GIB NOT-DIE-CHM NOT-DIE-TE) 1.00000
0.00000

```

Стратегическое ограничение K_S – это отношение $k_S \subseteq \{S \cup \Omega_E \cup E \cup \Psi \cup \zeta\}^n$; $n \geq 2$, где S – это пространство состояний, Ω_E – это пространство событий, представляющее множество всех значений событийных переменных в пространстве событийных переменных E , n – количество аргументов.

Эти ограничения присущи определениям, поддерживаемым языком DDML. Все контролируемые действия $a \in A$, рассматриваются как применимые для всех состояний $s \in S$ в любой момент $t \in T$:

$$\forall a \forall s \forall t \text{ применимо } (a, s, t)$$

Расширение, охватывающее зависимое от состояний и времени пространство действий, эквивалентно указанию состояний, для которых действие неприменимо, т.е. поглощающих состояний с нулевыми оценочными функциями.

В нашем исследовании все контролируемые действия рассматриваются как применимые во всех состояниях [4-14]. Поскольку терапия варфарином моделируется как суб-действие, его эффект не учитывается в расчете состояний, для которых эта терапия неприменима.

■ Заключение

Таким образом, обоснована эффективность предлагаемого языка моделирования динамического принятия решений, обеспечивающаяся разделением поддержки представления и вывода данных для моделирования и для задач вычисления и принятия решений, что также сохраняет оптимальное сочетание наглядности модели и эффективностью принимаемых решений. Семантика языка является гибкой и расширяемой за счет постепенного подключения специальных трансляторов или написания новых правил соответствия. Описана имитационно-семантическая модель терапевтических мероприятий при лечении ИБС, которая отличается более полным описанием вероятностных и временных зависимостей между параметрами принятия решений по сравнению с анализируемыми в работе моделями.

■ Используемая литература:

- [1] Настаушева Т.Л., Стахурлова Л.И., Преображенский Ю.П. Применение управляемых марковских моделей для оптимизации процессов терапии заболевания – Системный анализ и управление в биологических системах – М., 2004.– Том 2–№1. –С. 125
- [2] Шаталов М.М., Преображенский Ю.П. Формирование решающих правил интеллектуальной поддержки решений врача при исследовании многокритериальных клинических объектов – Вестник Воронежского института высоких технологий – Воронеж: Научная

- книга, 2008. – №3. – С. 77
- [3] Преображенский Ю.П., Преображенская Н.С. Применение имитационно-семантического моделирования и полумарковских процессов принятия решений в клинической практике – Вестник Воронежского института высоких технологий – Воронеж: Научная книга, 2009. – №6. – С.83-89 .
- [4] Чопоров О.Н. Оптимизация функционирования медицинских систем на основе интегральных оценок и классификационно-прогностического моделирования: дис. ... д-ра техн. наук. – Воронеж, 2001. – 325 с.
- [5] Клименко Г.Я. Методика и результаты преобразования лингвистических характеристик в численные оценки факторов риска / Г.Я. Клименко, В.П.Косолапов, О.Н. Чопоров // Журн. «Консилиум». – Воронеж, 2001, №4. С. 25-28.
- [6] Choporov O.N. Infobase formation technology for medical systems analysis and modeling / O.N. Choporov, S.V. Bolgov, L.A.Kutashova, E.Y.Konovalova// Modern informatization problems in economics and safety: Proceedings of the XVIII-th International Open Science Conference (Lorman, MS, USA, January 2013). – p. 157-162.
- [7] Львович И.Я. Новый анализ эпидемиологического и экономического использования антидепрессантов в психиатрических учреждениях / И.Я.Львович, В.А.Куташов // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т. XV. № 1. С. 63-66.
- [8] Львович И.Я. Программная реализация методики прогнозирования медико-демографических данных / И.Я.Львович, С.Н.Семенов, Н.А.Гладских, С.С.Пронин // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. 2007. № 27. С. 100-104.
- [9] Львович Я.Е. Частота аффективных расстройств при различных соматических болезнях / Я.Е.Львович, В.А.Куташов// Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2007. Т. 6. № 1. С. 100-102.
- [10] Львович Я.Е. Технология комплексного обследования больных с осложненным остеохондрозом позвоночника / Я.Е.Львович, И.В.Постникова, И.О.Золотинский // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2008. Т. 7. № 4. С. 840-845.
- [11] Постникова И.В. Оптимизация комплексного консервативного лечения больных с грыжами межпозвонковых дисков / И.В.Постникова, Я.Е.Львович, И.О.Золотинский // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2009. Т. 8. № 1. С. 33-40.
- [12] Брежнева Н.А. Интегрированная система управления офтальмологической помощью в регионе / Н.А.Брежнева, Я.Е.Львович, В.Н.Чуриков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2013. Т. 12. № 1. С. 324-326.

- [13] Брежнева Н.А. Оптимизация распределения потоков пациентов с учетом ресурсов регионального и субрегионального уровней офтальмологической помощи / Н.А.Брежнева, Я.Е.Львович, С.Я.Щербаков//Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 7. С. 4-6.
- [14] Бережная Е.В. Оценка риска для здоровья населения г. Воронежа при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух / Е.В.Бережная // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2013. № 1. С. 2.

.....

Y. Preobrazhenskiy, Ph.D, a.p.

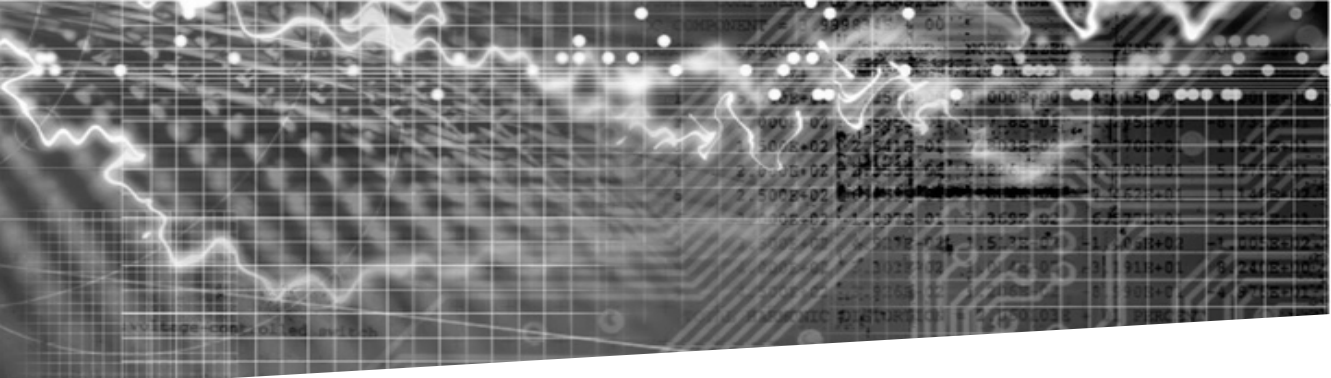
Voronezh Institute of High Technologies
it_pro@vivt.ru

N. Preobrazhenskaya, Ph.D, a.p.

Voronezh State Medical Academy
nspreo@gmail.com

V. Ermolova

Voronezh Institute of High Technologies
vv-ermolova@yandex.ru



Discriminant analysis of the assessment of severity by gynoid lipodystrophy

Дискриминантный анализ оценки степени тяжести гинеоидной липодистрофии

***K.A. Razinkin, G.Ya. Klimenko, L.A. Yakovenko
К.А. Разинкин, Г.Я. Клименко, Л.А. Яковенко***

Abstract:

In article possibility of use of a method of classification with training – discriminant analysis for identification of a status of women of reproductive age subject a cellulitis on medico-social factors of risk is considered.

Аннотация:

В статье рассматривается возможность использования метода классификации с обучением – дискриминантного анализа для идентификации состояния женщин репродуктивного возраста подверженных гинеоидной липодистрофией по медико-социальным факторам риска.

Keywords:

Discriminant analysis, severity, gynoid lipodystrophy, risk factors.

Ключевые слова:

Дискриминантный анализ, степень тяжести, гинеоидная липодистрофия, факторы риска.

Введение

По литературным данным гиноидная липодистрофия (ГЛ), которая сегодня доминирует и структуре обращаемости за медицинской помощью к врачу-дерматокосметологу [1].

Известно, что в формировании ГЛ ключевую роль играет гипоксия тканей, гипертрофия гиподермы, нарушения кровотока, метаболизма жиров и обмена соединительной ткани. Однако сегодня определение стадий ГЛ проводится только на основании клинических признаков и полностью зависит от практического опыта врача. Научное обоснование клинических, инструментальных и лабораторных критериев оценки стадий ГЛ является актуальной задачей современной дерматологии, решение которой позволит рационально и эффективно использовать различные лечебные факторы в коррекции ГЛ.

Более предпочтительным по объему расчетов является решение диагностической задачи по каноническим линейным дискриминантным функциям.

В задачах построения объяснительных моделей часто встает вопрос о нахождении критерия, по которому можно было бы классифицировать данные (построение дискриминирующей функции) и определить переменные, которые различают две или более возникающие совокупности (группы) [2-9].

Теоретическая часть

Пусть имеется n наблюдений, разбитых на k групп (классов).

Каждое наблюдение характеризуется набором из m значений (независимые переменные). Также для каждого наблюдения известно, к какой из k групп оно принадлежит. Принадлежность объектов к разным классам выражается в том, что для объектов данного класса имеет распределение F_j , $j = 1, \dots, k$.

Задача состоит в том, чтобы для нового наблюдения определить группу (класс), к которой оно принадлежит.

Дискриминантный анализ предполагает, что F_j являются m -мерными нормальными распределениями $N(\mu_j, \Sigma_j)$, $j = 1, \dots, k$ и имеющими плотности:

$$p_j(x) = (2\pi)^{-m/2} (\det \Sigma_j)^{-1/2} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (x - \mu_j)^T \Sigma_j^{-1} (x - \mu_j) \right\}, j = 1, \dots, k \quad (1)$$

Здесь μ_j – m -мерный вектор средних значений, а Σ_j – невырожденная ковариационная матрица ($m \times m$).

В таком случае, исходя из принципа максимального правдоподобия, будем считать областью притяжения закона $N(\mu_j, \Sigma_j)$ множество таких наблюдений $x \in R^m$, где плотность распределения $N(\mu_j, \Sigma_j)$ больше других (рис. 1).

В данном примере, где графики плотности пересекаются только в одной точке, получается, что вся прямая разбивается на 2 области притяжения.

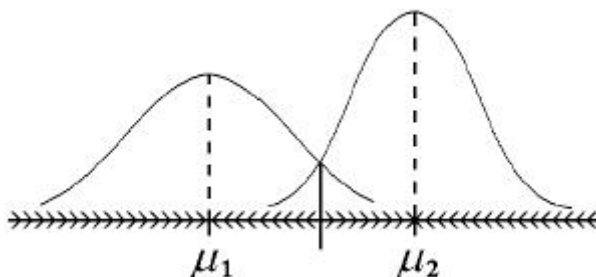


Рис. 1. Области притяжения для $k=2, m=1$

Это равносильно тому, что линейно связанная с логарифмом плотности величина:

$$h_j(x) = \ln \det \Sigma_j + (x - \mu_j)^T \Sigma_j^{-1} (x - \mu_j), j = 1, \dots, k \quad (2)$$

имеет наименьшее значение среди $h_1, \dots, h_k$. Таким образом, $n+1$ наблюдение будет отнесено к i -группе, если $h_i(x)$ имеет наименьшее значение. Для оценки качества дискриминации рассмотрим модель Фишера, которая является частным случаем нормальной дискриминантной модели при $\Sigma_1 = \Sigma_2 = \dots = \Sigma$.

При $k=2$ нетрудно проверить, что поверхность, задаваемая условием $h_1 = h_2$, разделяет два класса уравнением:

$$a^T (x - (\mu_1 + \mu_2)/2) = 0, \text{ где } a = \Sigma^{-1}(\mu_1 - \mu_2).$$

Линейную функцию $\varphi(x) = a^T x$ часто называют дискриминантной функцией, как функцию, описывающую гиперплоскость, по которой разделяются две группы. Мы же будем под дискриминантной функцией понимать линейную часть функции $h_i(x)$.

Обозначим через $d^2 = (\mu_1 - \mu_2)^T \Sigma^{-1} (\mu_1 - \mu_2)$ расстояние Махаланобиса между μ_1 и μ_2 . Чем более далекими в метрике Махаланобиса являются μ_1 и μ_2 , тем меньше вероятность ошибочной классификации.

В общем случае, $d^2(x, y) = (x - y)^T \Sigma^{-1} (x - y)$. Расстояние Махаланобиса является мерой расстояния между двумя точками x и y в пространстве, определяемым двумя или более коррелированными

переменными. Можно заметить, что в случае, когда переменные не коррелированы ($\Sigma^{-1} = 1$), расстояние Махаланобиса совпадет с евклидовым.

При $k > 2$ с помощью гиперплоскостей $h_i = h_j$ m -мерное пространство разбивается на k частей. В каждой из них содержится только одна точка из μ_j – та, к которой все точки данной части находятся ближе, чем к остальным в смысле расстояния Махаланобиса (рис. 2).

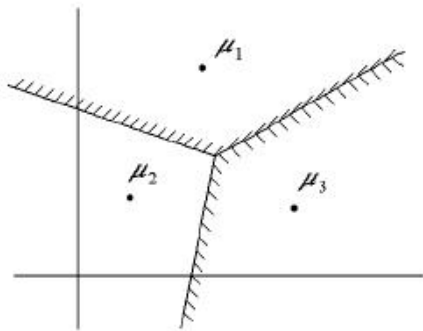


Рис. 2. Области притяжения для $k=3, m=2$

Для проверки гипотезы H_0 о равенстве средних $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ в качестве статистик критерия используют статистики Уилкса (лямбда Уилкса):

$$L = \frac{\det E}{\det T} \quad (3)$$

Здесь $T = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(x_i - \bar{x})^T$ – общая матрица рассеяния, матрица

внутриклассового разброса: $E = \sum_{j=1}^k E_j$, где $E_j = \sum_{x_i \in S_j} (x_i - \bar{x}_j)(x_i - \bar{x}_j)^T$ –

матрица рассеяния j -го класса.

Очевидно, что ее значение меняется от 1.0 (нет дискриминации) до 0.0 (полная дискриминация).

Оказывается, что верно матричное тождество:

$$T = E + R,$$

где $R = \sum_{j=1}^k n_j (\bar{x}_j - \bar{x})(\bar{x}_j - \bar{x})^T$ – матрица разброса между элементами

класса, n_j – число элементов в j -м классе.

При выполнении гипотезы H_0 :

$$\frac{n-k-1}{m} \frac{1-\sqrt{L}}{\sqrt{L}} \sim F_{2m, 2(n-k-1)} \quad (4)$$

имеет распределение Фишера.

H_0 отклоняется (т.е. дискриминация значима), если

$F > F_{\alpha}(2m, 2(n-k-1))$, где F_{α} - квантиль уровня $1-\alpha$.

Методика и экспериментальная часть

В ходе нашего исследования мы руководствовались одной из первых и наиболее чётких классификаций – классификацией Нюрнбергера [10]. Она выглядит следующим образом:

- 0 стадия: отсутствие явлений ГЛД.
- I стадия: картина апельсиновой корки появляется только при взятии кожи в складку;
- II стадия: кожа имеет вид апельсиновой корки только в положении пациентки стоя;
- III стадия: кожа имеет вид апельсиновой корки в положении и стоя, и лёжа.

Предварительно был проведен корреляционный анализ, выживший наиболее значимые корреляции с оцифрованными значениями степеней тяжести медико-социальных факторов риска.

В соответствии с общепринятой клинической классификацией больные были распределены по ФК ГЛД. Данное распределение больных и было представлено при реализации дискриминантного анализа в качестве группирующей переменной (шкала тяжести). На рисунке 1 представлена машинограмма с итогами анализа дискриминантных функций [11].

Информационная часть таблицы сообщает, что: число переменных в модели равно 40; значение *лямбды Уилкса* равно 0,03971; $F(120, 1984)$ (значение F -статистики, с числом степеней свободы 120 и 1984) равно 32,004, p (уровень значимости F -критерия) меньше 0,0000.

В первом столбце таблицы приведены значения *лямбды Уилкса* для всей модели, являющиеся результатом исключения соответствующей переменной. Чем больше значение λ , тем более желательно присутствие этой переменной в процедуре дискриминации, т. е. переменные желательны в модели в следующем порядке – область подверженная ГЛД, отмечаете у себя наличие целлюлита или апельсиновой корки, вес, сколько было родов, болезненность при захвате кожи за складку и др.

F -исключить – это значения F -критерия, связанные с соответствующей частной *лямбдой Уилкса*. Значения *p-уров.* – это уровни значимости критерия Фишера (F). Чем больше значение F -исключить и меньше значение *p-уров.*, тем больше вклад переменной в процедуру дискриминации. Переменные, для которых *p-уров* значительно превосходит выбранный уровень значимости

(0,05), из модели можно исключить, т. е. из модели можно исключить такие переменные как возраст, уровень образования, профессия и т.д.

		Discriminant Function Analysis Summary (Лист1 в Основная и кс No. of vars in model: 40; Grouping: Диагноз на основе шкалы стер Wilks' Lambda: ,03971 approx. F (120,1984)=32,004 p<0,0000				
N=705	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (3,662)	p-value	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)
Возраст	0,040036	0,991773	1,8304	0,140289	0,393269	0,606731
Вес	0,0478	0,8307	44,9861	0,0000	0,8249	0,1751
Имела ли место резкая потеря массы тела	0,0406	0,9782	4,9097	0,0022	0,8526	0,1474
Если да, то на сколько килограмм	0,040058	0,991241	1,9499	0,120269	0,926931	0,073069
Имел ли место резкий набор массы тела	0,0403	0,9849	3,3729	0,0181	0,8379	0,1621
Если да, то в каком возрасте	0,0407	0,9760	5,4291	0,0011	0,8163	0,1837
Уровень образования	0,039894	0,995302	1,0416	0,373500	0,757436	0,242564
Профессия	0,039759	0,998694	0,2885	0,833729	0,809658	0,190342
Общий трудовой стаж	0,0403	0,9849	3,3722	0,0182	0,4929	0,5071
Длительность настоящего брака	0,0409	0,9704	6,7235	0,0002	0,6574	0,3426
Предпочтение овощной пищи	0,039835	0,996770	0,7150	0,543243	0,804840	0,195160
Предпочтение хлебобулочных изделий	0,040171	0,988442	2,5802	0,052601	0,852839	0,147161
Смешанная пища	0,0405	0,9814	4,1731	0,0061	0,8349	0,1651
Предпочитаете ли овощи и фрукты	0,039855	0,996291	0,8214	0,482284	0,825875	0,174124
Количество жидкости потребляемой вами в сутки	0,040135	0,989325	2,3810	0,068473	0,918419	0,081581
Сколько было беременностей всего	0,0412	0,9627	8,5496	0,0000	0,3346	0,6654
из них родов	0,0444	0,8941	26,1472	0,0000	0,6711	0,3289
из них аборт	0,0411	0,9670	7,5336	0,0001	0,5309	0,4691
из них выкидышей	0,0402	0,9869	2,9345	0,0328	0,6363	0,3637
Принимали ли гормональные контрацептивы	0,0407	0,9762	5,3694	0,0012	0,6783	0,3217
Длительность приема гормональных контрацептивов (лет)	0,040114	0,989854	2,2618	0,080094	0,764938	0,235062
Принимаете ли контрацептивы сейчас	0,039978	0,993223	1,5058	0,211810	0,639616	0,360384
Периодичность занятий спортом в течении жизни	0,0410	0,9683	7,2175	0,0001	0,8958	0,1042
Если да, то регулярно	0,039799	0,997669	0,5156	0,671630	0,872739	0,127261
Если вы бросили курить, то какой стаж курения был	0,0404	0,9840	3,5831	0,0136	0,8688	0,1312
Употребляете ли вы алкоголь	0,0404	0,9834	3,7296	0,0112	0,8355	0,1645
Носите ли обувь на высоких каблуках сейчас	0,039881	0,995625	0,9698	0,406494	0,858312	0,141688
Как вы оцениваете уровень стресса в жизни	0,039839	0,996679	0,7353	0,531171	0,851743	0,148257
Отмечаете ли склонность к отёчности	0,0403	0,9843	3,5142	0,0150	0,8801	0,1199
Характер сна	0,039868	0,995958	0,8955	0,443100	0,870334	0,129666
Как часто бываете на свежем воздухе	0,039931	0,994393	1,2444	0,292675	0,899154	0,100846
Отмечаете у себя наличие целлюлита или апельсиновой корки	0,0521	0,7624	68,7694	0,0000	0,6596	0,3404
Приносит ли это вам дискомфорт	0,040068	0,990990	2,0064	0,111783	0,716580	0,283420
Принимали ли меры по борьбе с ним	0,0406	0,9789	4,7566	0,0027	0,6230	0,3770
Если да то	0,0432	0,9202	19,1359	0,0000	0,8830	0,1170
Отмечалось ли подобное по женской линии в семье	0,040064	0,991088	1,9843	0,115035	0,821379	0,178621
Область подверженная гинеоидной липодистрофии	0,0952	0,4171	308,4113	0,0000	0,9185	0,0815
Болезненность при захвате кожи в складку	0,0435	0,9125	21,1723	0,0000	0,8553	0,1447
Тонус кожи	0,0419	0,9470	12,3556	0,0000	0,8933	0,1067
Телеангиозктазии	0,0422	0,9418	13,6450	0,0000	0,8559	0,1441

Рис. 1. Итоги анализа дискриминантных функций

Толерантность определяется как $1 - R^2$, где R^2 – это коэффициент множественной корреляции данной переменной со всеми другими переменными в модели. Толерантность является мерой избыточности переменной в модели, например, значение толерантности 0,1 означает, что эта переменная на 90 % избыточна по отношению к другим переменным в модели. Из таблицы следует, что показатель возраст на 60,6% избыточен, остальные показатели вес, резкая потеря массы тела, если да, то, на сколько килограмм, уровень образования, профессия и т.д. избыточны соответственно на 17,51, 14,74 и 7,3%, 24,25%, 19,03% и т.д. Таким образом, уровень образования и профессия по отношению к такой характеристике, как

избыточность, в модели – не самые худшие показатели. Поэтому из модели эти показатели не были удалены, несмотря на то, что уровень значимости (p -уров.) больше 0,05. Удаление этих показателей привело бы к увеличению значения лямбды Уилкса, что означает ухудшение процедуры дискриминации. При этом возрастет число ошибочных классификаций. Проанализируем структуру взаимосвязи между группами и роль переменных на классификацию наблюдений. По данным таблицы квадратов расстояний Махаланобиса (рис. 2) можно судить о качестве классификации наблюдений и степени различия (неоднородности) групп

Диагноз на основе шкалы степени тяжести	Squared Mahalanobis Distances (Лист1 in Oc			
	G_1:0	G_2:1	G_3:2	G_4:3
G_1:0	0,00000	9,55313	21,25819	39,87960
G_2:1	9,55313	0,00000	20,53121	32,27609
G_3:2	21,25819	20,53121	0,00000	8,63935
G_4:3	39,87960	32,27609	8,63935	0,00000

Рис. 2. Расчёт квадратов расстояний Махаланобиса

Чем больше расстояние, тем качественнее прошла дискриминация объектов и более различны (неоднородны) группы. Из таблицы следует, что центры групп расположены в n -мерном пространстве последовательно в соответствии с номером группы, как это и следует из процедуры присвоения имен классам по результатам тестирования пациентов по шкале тяжести. Так, например, расстояния между классом 0 и классами 1, 2, 3 последовательно возрастают, а расстояния между классами со смежными номерами примерно одинаковыми. К примеру, расстояния между классами 0 и 1 равно 9,55, между классами 1 и 2 – 21,25, между классами 2 и 3 – 20,53.

Из рис. 3 и 4. следует, что квадраты расстояний статистически значимо отличаются от 0 ($p = 0,0000$).

Диагноз на основе шкалы степени тяжести	F-values; df = 23,679 (Лист1 in Основная и			
	G_1:0	G_2:1	G_3:2	G_4:3
G_1:0		26,0442	61,5700	92,4819
G_2:1	26,04420		101,9304	112,3153
G_3:2	61,56996	101,9304		32,4990
G_4:3	92,48186	112,3153	32,4990	

Рис. 3. Значения различий в группах на основе F-статистики

Диагноз на основе шкалы степени тяжести	p-levels (Лист1 in Основная и конт			
	G_1:0	G_2:1	G_3:2	G_4:3
G_1:0		0,00	0,00	0,00
G_2:1	0,00		0,00	0,00
G_3:2	0,00	0,00		0,00
G_4:3	0,00	0,00	0,00	

Рис. 4. Значимость квадратов расстояний между группами

Матрица классификации на рис. 5. содержит информацию о количестве и проценте корректно классифицированных наблюдений в каждой группе.

Classification Matrix (Лист1 in Основная и контрольная для					
Rows: Observed classifications					
Columns: Predicted classifications					
Group	Percent Correct	G_1:0 p=,13191	G_2:1 p=,30213	G_3:2 p=,37447	G_4:3 p=,19149
G_1:0	93,54839	87	6	0	0
G_2:1	93,89671	8	200	5	0
G_3:2	94,31818	2	3	249	10
G_4:3	74,81481	0	3	31	101
Total	90,35461	97	212	285	111

Рис. 5. Матрица классификации

Строки матрицы – действительные (исходные) классы больных, столбцы – предсказанные классы больных. Из строки 1 следует, что из класса 0 правильно отнесены программой 87 чел. в класс 0 (93,54 %), в тоже время 6 человек неправильно отнесены к I классу тяжести ГЛД. Из строки 2 следует, что из класса 1 правильно отнесены программой 200 чел. (93,89% лиц), при этом 8 и 5 человек ошибочно отнесены к классу 0 и 2 и т.д.

Общий процент правильно классифицированных больных составил 90,35 %. Для получения результатов о природе дискриминации следует провести канонический анализ. Чтобы увидеть, как переменные разделяют различные группы больных, надо определить дискриминантные функции (канонических корни). Каждая последующая дискриминантная функция будет вносить все меньший и меньший вклад в общую дискриминацию. Максимальное число оцениваемых функций равно числу переменных или числу групп (4) минус один, в зависимости от того, какое число меньше. В нашем случае оцениваются 4 дискриминантные функции. На рис. 6. приведены результаты канонического анализа.

Roots Removed	Chi-Square Tests with Successive Roots Removed (Лис					
	Eigen-value	Canonicl R	Wilks' Lambda	Chi-Sqr.	df	p-level
0	5,523333	0,920165	0,045027	2140,890	69	0,00
1	1,258399	0,746464	0,293726	845,937	44	0,00
2	0,507498	0,580215	0,663351	283,417	21	0,00

Рис. 6. Критерий χ^2 с последовательным исключением корней

Первая строка дает критерий значимости для всех дискриминантных функций. Вторая строка содержит значимость корней, оставшихся после удаления первого корня и т. д. Таким образом, таблица позволит оценить сколько значимых корней нужно интерпретировать. Как видно из таблицы, только все три дискриминантные функции статистически значимы ($p < 0,05$).

На рисунке 7 представлены стандартизированные коэффициенты дискриминантных функций.

Variable	Standardized Coefficients (Лист1 in t for Canonical Variables		
	Root 1	Root 2	Root 3
Вес	-0,308909	-0,358583	-0,354918
Имела ли место резкая потеря массы тела	-0,149126	-0,104735	-0,028016
Имел ли место резкий набор массы тела	-0,115413	-0,014649	0,053902
Если да, то в каком возрасте	0,061832	0,033396	-0,252979
Общий трудовой стаж	-0,180094	-0,217778	0,077548
Длительность настоящего брака	-0,083027	-0,225135	-0,239170
Смешанная пища	0,119216	-0,065974	-0,100830
Сколько было беременностей всего	0,187798	0,290690	-0,375544
из них родов	-0,353749	0,003253	0,414474
из них аборт	-0,201064	-0,221619	0,137195
из них выкидышей	-0,063960	-0,165466	0,085241
Принимали ли гормональные контрацептивы	-0,174229	-0,043564	0,098660
Периодичность занятий спортом в течении жизни	0,169596	0,057201	-0,171328
Если вы бросили курить, то какой стаж курения был	-0,079090	-0,175330	-0,003965
Курят ли члены вашей семьи	0,067632	0,002338	0,043522
Отмечаете ли склонность к отёчности	-0,061980	0,039915	0,194357
Отмечаете у себя наличие целлюлита или апельсиновой корки	-0,480256	-0,106034	0,638234
Принимали ли меры по борьбе с ним	0,159015	-0,060333	-0,053749
Если да то	-0,318224	-0,015292	0,093312
Область подверженная гинеоидной липодистрофии	-0,542378	0,787981	-0,299401
Болезненность при захвате кожи в складку	0,018752	-0,343144	-0,355980
Тонус кожи	-0,248461	-0,136806	0,017130
Телеангиоэктазии	-0,193008	-0,229289	-0,139499
Eigenval	5,523333	1,258399	0,507498
Cum.Prop	0,757739	0,930377	1,000000

Рис. 7. Стандартизированные коэффициенты для канонических переменных

Из таблицы видно, что наибольший вклад в дискриминантную функцию 1 вносят переменные вес, область подверженная ГЛД, отмечаете ли у себя наличие «апельсиновой корки», имела ли место резкая потеря массы тела и т.д., аналогично интерпретируется вклад стандартизированных коэффициентов для канонических переменных в дискриминантную функцию 2 и 3.

Наибольший интерес с точки зрения практической интерпретации имеет таблица, представленная на рисунке 8 со средними значениями канонических переменных, которые позволяют определить группы, лучше всего идентифицируемые конкретной дискриминантной функцией.

Group	Means of Canonical Variables (Л)		
	Root 1	Root 2	Root 3
G_1:0	2,64689	1,61296	-1,27584
G_2:1	2,59727	-0,99398	0,38383
G_3:2	-1,52060	0,88851	0,55867
G_4:3	-2,94771	-1,28040	-0,81919

Рис. 8. Средние значения канонических переменных

Из таблицы видно, что дискриминантная функция 1 примерно в равной степени идентифицирует все классы (расстояние между каноническими средними смежных классов примерно одинаковое), а дискриминантная функция 2 – в основном класс 2 (каноническое среднее класса 2 несколько больше канонических средних других классов).

Учитывая, что для дискриминантной функции 1 наибольший структурный коэффициент у показателя область подверженная ГЛД (0,57209), а дискриминантная функция 1 примерно в равной степени идентифицирует все классы, то, по-видимому, этот показатель играет ведущую роль при классификации больных по тяжести ГЛД.

На рис. 9 представлен фрагмент таблицы со значениями дискриминантных функций для каждого больного.

Больные, определяемые программой как объекты, принадлежащие одному классу, должны иметь близкие значения дискриминантных функций.

По такой таблице естественно трудно судить о результатах распределения программой больных по классам. Для визуализации данных этой таблицы воспользуемся диаграммой рассеяния (рис. 10) канонических значений для пар значений дискриминантных функций.

В зависимости от принадлежности к тому или иному классу больные изображены точками на плоскости в виде различных геометрических фигурок определенных цветов. На диаграмме видно, что точки, соответствующие больным одного класса, локализованы в определенных областях плоскости. Основное различие между классами проявляется в последовательном расположении групп с однотипными фигурками вдоль оси Root 1.

Функции классификации – это линейные функции, которые вычисляются для каждого класса и могут быть использованы для классификации наблюдений (больных). Наблюдение приписывают той группе, для которой классификационная функция имеет наибольшее значение.

Case	Unstandardized Canonical Scores (Лист1)			
	Group	Root 1	Root 2	Root 3
1	G_4:3	0,29730	-4,35800	1,62620
2	G_4:3	-1,95108	-2,68331	0,35672
3	G_4:3	-1,07001	-3,28379	-1,12160
4	G_4:3	-2,03573	0,84948	0,81475
5	G_4:3	-4,13775	-1,66117	-2,44879
6	G_4:3	-2,34152	-0,41071	-1,55631
7	G_4:3	-1,79267	-0,99043	-0,42101
8	G_4:3	-1,42855	0,98393	0,50239
9	G_4:3	-2,21812	0,16670	-2,03931
10	G_4:3	-3,74196	-0,11389	-0,64438
11	G_4:3	-2,59268	-0,37587	-1,57190
12	G_4:3	-2,41100	1,98690	0,46877
13	G_4:3	-3,61760	-0,55239	-1,08053
14	G_4:3	-4,73535	-1,41967	-1,27411
15	G_4:3	-2,83302	-0,45074	-1,35594
16	G_4:3	-2,26786	1,22224	-0,18180
17	G_4:3	-3,24336	0,16361	-0,66733
18	G_4:3	-4,02033	-1,61851	-1,99720
19	G_4:3	-2,97272	-0,43129	-2,58654
20	G_4:3	-2,04352	-1,95647	1,50132
21	G_4:3	-1,78757	-1,73952	0,36911
22	G_4:3	-4,05447	-1,55960	-3,23709
23	G_4:3	-0,35786	-2,45230	1,87980
24	G_4:3	-1,74992	1,14701	1,13149
25	G_4:3	-3,45496	-1,35912	-1,62136
26	G_4:3	-0,97542	-2,92467	-1,38125
27	G_4:3	-1,50880	-1,52262	0,96185
28	G_4:3	-3,31578	-0,31766	-1,21793
29	G_4:3	-3,70739	-4,60347	-0,94183
30	G_4:3	-5,34915	-2,03268	-3,55199

Рис. 9. Фрагмент таблицы с дискриминантных функций для каждого больного

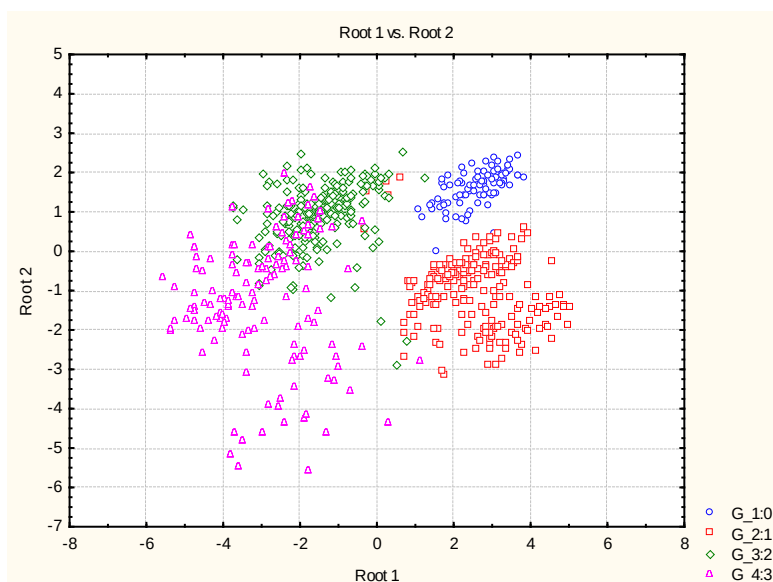


Рис. 10. Диаграмма рассеяния для канонических значений

На рисунке 11 приведены коэффициенты и свободные члены функций классификации.

Variable	Classification Functions; grouping: Диагноз			
	G_1:0 p=,13191	G_2:1 p=,30213	G_3:2 p=,37447	G_4:3 p=,19149
Вес	4,7361	6,7174	9,6527	19,0222
Имела ли место резкая потеря массы тела	2,9450	3,5534	4,6250	5,8697
Имел ли место резкий набор массы тела	-0,2556	0,0937	1,2909	1,6109
Если да, то в каком возрасте	27,0376	23,2882	21,5533	22,9347
Общий трудовой стаж	-1,2396	2,4417	4,2433	7,4921
Длительность настоящего брака	1,7583	2,4980	2,0264	5,5950
Смешанная пища	0,3466	0,3433	-1,2811	-0,9938
Сколько было беременностей всего	5,8623	-2,6095	-4,3873	-6,7090
из них родов	5,1110	9,1126	17,9273	17,5064
из них аборт	-2,0891	-0,6957	0,0471	1,0358
из них выкидышей	-1,8545	0,4172	0,2862	1,5984
Принимали ли гормональные контрацептивы	-0,3026	0,3092	1,7058	2,1491
Периодичность занятий спортом в течении жизни	5,2351	3,4025	0,8284	0,2892
Если вы бросили курить, то какой стаж курения был	34,1817	38,6606	38,6106	43,5251
Курят ли члены вашей семьи	1,2944	1,4242	0,8730	0,5388
Отмечаете ли склонность к отёчности	2,0784	2,6406	3,5651	2,8904
Отмечаете у себя наличие целлюлита или апельсиновой корки	2,9219	8,2242	15,5939	15,7341
Принимали ли меры по борьбе с ним	0,5343	0,6603	-0,9679	-1,0140
Если да то	21,1244	22,1178	28,2429	29,9358
Область подверженная гиноидной липодистрофии	24,8658	8,7350	32,1524	28,8134
Болезненность при захвате кожи в складку	1,0214	2,3099	-1,0322	4,1080
Тонус кожи	1,0580	2,6676	5,7805	8,3228
Телеангиоэктазии	-4,0553	-2,4682	-1,0375	3,0378
Constant	-33,1146	-29,1412	-53,4837	-66,7490

Рис. 11. Функции классификации

Основным достоинством и отличительной чертой дискриминантного анализа от других методов классификации является то, что данный метод – это классификация с обучением, т. е. метод «обучившись» на выборке данных, может классифицировать любое другое наблюдение – с определенной вероятностью отнести его к тому или иному классу.

■ Обсуждение результатов и заключение

Таким образом, подводя итог по результатам дискриминантного анализа, можно отметить, что в целом классификация проведена успешно. Из 713 наблюдений правильно классифицированы 645. Ошибочно – 68. Процент ошибочно классифицированных составил – 9,537 %, значите лямбды Уилкса достаточно мало.

В зависимости от индивидуальных медико-социальных характеристик пациенток был проведен дискриминантный анализ классификации степени тяжести гиноидной липодистрофии и получены соответствующие функции дискриминации, позволяющие осуществлять автоматизированной классификацию пациентов, что также дает возможность врачу более обоснованно подходить к формированию схем лечебно-диагностических мероприятий.

■ Используемая литература:

- [1] Михеева С.А. Целлюлит с точки зрения доказательной медицины / С.А. Михеева // Косметика и медицина. 2002. – №3. – С. 52-71.
- [2] Чопоров О.Н. Методы анализа значимости показателей при классификационном и прогностическом моделировании / О.Н. Чопоров, А.Н. Чупеев, С.Ю. Брегеда // Вестник Воронежского государственного технического университета. - Т4, №9. – 2008. – С. 92-94.
- [3] Чопоров О.Н. Оптимизация функционирования медицинских систем на основе интегральных оценок и классификационно-прогностического моделирования: дис. ... д-ра техн. наук. – Воронеж, 2001. – 325 с.
- [4] Калаев В.Н. Применение кластерного анализа в биологических исследованиях / В.Н.Калаев, Е.А.Калаева, В.Г.Артюхов, А.П.Преображенский // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2007. Т. 6. № 4. С. 1008-1014.
- [5] Львович И.Я. Формирование словаря информативных признаков на основе критерия информативности Кульбака при решении задач диагностики / И.Я. Львович, Н.А. Гладских, С.Н. Шипилов, Е.В. Богачева // Прикладные информационные аспекты медицины. 2011. Т. 14. № 2. С. 37-43.

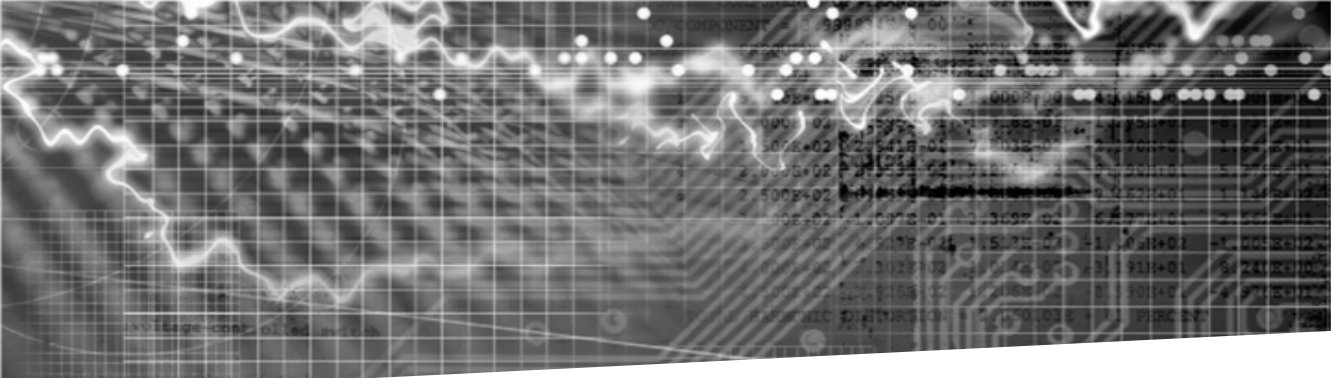
- [6] Преображенский Ю.П. Применение имитационно-семантического моделирования и полумарковских процессов принятия решений в клинической практике / Ю.П.Преображенский, Н.С.Преображенская // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 83-89.
- [7] Преображенский Ю.П. Оценка эффективности применения системы интеллектуальной поддержки принятия решений / Ю.П. Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2009. № 5. С. 116-119.
- [8] Преображенский Ю.П. Формирование решающих правил интеллектуальной поддержки решений врача при исследовании многокритериальных клинических объектов / Ю.П.Преображенский, М.М.Шаталов // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 077-079.
- [9] Волобуева Е.В. К вопросу выбора критерия проверки статистических гипотез / Е.В. Волобуева, Н.В. Чернякова, М.И.Гусева // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 134-138.
- [10] Numberger F. Practically important diseases of the subcutaneous fatty tissue (including so-called cellulite) // Med. Welt. 1981. - Vol.32., №18. -P. 682-688.
- [11] Халафян А.А. Современные статистические методы медицинских исследований / А.А. Халафян. М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 320 с.

.....,

professor K.A. Razinkin, D. Sc.
Voronezh Institute of High Technologies
kostyr@mail.ru

professor G.Ja. Klimenko, M. D.
Voronezh N. N. Burdenko State Medical Academy
kgj38@mail.ru

L.A. Yakovenko
Voronezh State Medical Academy of N.N.Burdenko
lanochkaOOO@rambler.ru



Automated working place of the doctor-hygienist

Автоматизированное рабочее место врача-гигиениста

***I.Y. Lvovich, E.V. Berezhnaja, A.P. Preobrazhensky
И.Я. Львович, Е.В. Березная, А.П. Преображенский***

Abstract:

The paper considers the possibility of building automated working place of a doctor-hygienist. On the basis of use of this program can be solved a number of tasks related to the evaluation of harmful substances on human health. Shown are the main stages of work with the program: 1. the establishment of a new project, under which describes the General characteristics of the enterprise. 2. introduction doctor data by affecting chemicals, their duration, which will determine the dose. 3. Построение graphic dependencies and risk assessment. When exceeding the threshold risk program warns about this doctor and invites him to get acquainted with the normative legal base.

Аннотация:

В работе рассматривается возможность построения автоматизированного рабочего места врача-гигиениста. На основе использования данной программы может быть решен ряд задач, связанных с оценкой вредных веществ на здоровье людей. Указаны основные этапы работы с программой: 1. создание нового проекта, в рамках которого дается описание основных характеристик предприятия. 2. Введение врачом данных по воздействующим химическим веществам, времени их действия, что позволит определить дозу. 3. Построение графических зависимостей и оценка рисков. При превышении требуемого порога по риску программа сигнализирует об этом врачу и предлагает ему ознакомиться с нормативно правовой базой.

Keywords:

Risk, pollution, doze, controle.

Ключевые слова:

Риск, загрязнение, доза, контроль.

Введение

В данной работе рассматривается создание автоматизированного рабочего места врача по гигиене – «РИСК». Для создания программы был проанализирован многолетний опыт врачей ФБУЗ «Центр Гигиены и эпидемиологии в Воронежской области». В настоящее время практически каждое рабочее место оборудовано персональным компьютером, каждый врач обладает навыком работы с ним, поэтому программа не должна вызвать затруднения в использовании. Для написания «РИСК» используется С #.

Особенности разработанной программы

Программа позволяет:

1) выбрать тип населенного пункта из выпадающего списка (город, поселок городского типа, село).

2) использовать предустановленные базы данных или создавать новые источники выбросов (к примеру, новый построенный завод или реконструированный и вновь введенный в эксплуатацию) и выбирать для них приоритетные загрязнители.

3) производить расчет среднесуточных доз при различных путях поступления в организм человека (пероральное с питьевой водой, пероральное с продуктами питания, пероральное поступление из почвы, ингаляционное, при накожной экспозиции питьевой воды, при накожной экспозиции почвы, грудное молоко для детей) [1-3].

4)определить максимально разовые концентрации. Под максимально разовой концентрацией химического вещества подразумевается такая его концентрация при выполнении рабочих операций на любых этапах технологического процесса, которая дает максимальное выделение указанного химического вещества в воздух рабочей зоны и которую усредняют на основе результатов непрерывного или дискретного отбора проб воздуха рабочей зоны в течение 15 минут для химических веществ или в течении 30 минут для аэрозолей , имеющих преимущественно фиброгенное воздействия (АПФД) (для производственных объектов) [1-3].

5) провести оценку экспозиции.

6) осуществить оценку риска канцерогенных эффектов.

- 7) осуществить оценку риска не канцерогенных эффектов.
- 8) провести классификацию уровня риска.
- 9) хранить информацию.
- 10) формировать отчеты и проводить построение графиков.
- 11) давать рекомендации по увеличению или снижению санитарно – защитной зоны предприятия, а так же она предупреждает о возможных профессиональных заболеваниях работников предприятий на которых проводятся контрольно-надзорные работы. Так же программа дает рекомендации о частоте прохождения медицинских осмотров работников.
- 12) выдавать справочные материалы по химическим веществам – вред, который они приносят здоровью населения, к какой группе относятся, предельно допустимые концентрации; так же имеются нормативные документы поясняющие методику отбора проб и расчетов.

Программа обладает дружелюбным интерфейсом.

Основные этапы работы программы

1 этап – создание нового производственного объекта, когда для населенного пункта будут созданы все объекты подверженные контролю, то можно будет вводить только данные по концентрациям в случае необходимости отредактировать предельно допустимую дозу химического элемента [4-7]. Для начала работы с программой следует из меню выбрать «Создать новый проект».

Появятся поля обязательные для заполнения: тип населенного пункта(выбираем из выпадающего списка необходимое).

Вводим в редактируемое поле «Название предприятия».

Выбираем санитарно – защитную зону предприятия:

- предприятия первого класса - 1000 м;
- предприятия второго класса - 500 м;
- предприятия третьего класса - 300 м;
- предприятия четвертого класса - 100 м;
- предприятия пятого класса - 50 м.

Каждое из предприятий характеризуется своими показателями [8-11].

Выбираем из выпадающего списка приоритетные загрязнители для данного производственного объекта (в дальнейшем их можно редактировать, например, если завод стал использовать другое топливо – соответственно изменятся и вещества, выбрасываемые в атмосферу).

Ставим галочку напротив той зоны города, в какой находится объект (например, селитебная зона или промышленная зона, зона рекреации, центр города или окраина).

Таким образом, объект создан.

2 этап. На втором этапе врач вводит данные.

Он заходит в Меню, выбирает «Открыть» и в появившемся окне указывает путь для существующего (например выбирает завод «Синтез Каучук»), в открывшемся окне представлена таблица в первой колонке наименование химического вещества, она заполнена автоматически теми веществами которые были введены для данного завода на этапе создания нового проекта, если какого-то вещества не хватило, то всегда можно вернуться в стадию редактирования проекта («Меню»–«Редактировать» – указываем путь к уже имеющемуся проекту; так же можно копировать уже созданные проекты и вносить изменения и сохранять как новый производственный объект, что упрощает работу гигиениста экономя его время –«Меню – «Копировать»- указываем путь к заводу который будем брать как шаблон).

Вторая колонка таблицы это «Данные измерения» – напротив каждого химического вещества проставляются измеренные врачом данные.

Третья колонка частота воздействия в днях (если колонка не заполнена то по умолчанию это значение равно 350 дням).

Для оценки экспозиции важно знать дозу вещества поступающего в организм человека. Программа автоматически рассчитывает дозу для двух видов поступления в организм: с питьевой водой и через воздух, так же рассчитывает данный показатель для детей до 6 лет и взрослых.

Расчет идет по формуле $I = C \times CR \times EF \times ED / BW \times AT$ где

I – поступление вещества в организм мг/кг массы тела;

C – концентрация химического вещества (берется из таблицы заполненной врачом);

CR – величина контакта – количество загрязненной среды, контактирующее с телом человека в единицу времени или за один случай воздействия; для питьевой воды это значение равно 2 л/день, воздуха- 20 м³/день;

EF – частота воздействий, число дней /год. По умолчанию данное число равно 350 дням;

ED – продолжительность воздействия, число лет для взрослых - 30 лет, для детей - 6 лет;

BW – Масса тела; для взрослых – 70 кг, дети -15 кг;

AT – время осреднения; для канцерогенов равно 70 лет(если вещество канцерогенное то берется значение равное 70, в другом случае рассчитывается для детей и взрослых), для неканцерогенов – 30 лет для взрослых и 6 лет для детей.

Таким образом, заполняются колонки: «Доза – водный путь», которая делится на 4 колонки: «дети», «взрослые», «дети канц», «взрослые канц»; «доза-воздух» так же делятся на те же четыре колонки.

При оценке канцерогенных рисков используют средние суточные дозы, за ожидаемую продолжительность жизни человека берем 70 лет, а знаменатель умножаем на 365(дней в году):

$$LADD = [C \times CR \times EF \times ED] / [BW \times AT \times 365].$$

Для канцерогенных веществ программа подразумевает расчет индивидуального канцерогенного риска: по формуле $CR = LADD \times SF$, где LADD-среднесуточная доза в течении всей жизни, SF- фактор канцерогенного потенциала.

Дополнительно программа определяет популяционный канцерогенный риск (PCR), где $PCR = CR \times POP$, CR- индивидуальный канцерогенный риск, POP-численность исследуемой популяции.

Наряду с оценкой канцерогенного риска проводится оценка и не канцерогенного риска. Она осуществляется на основе сравнения фактических уровней экспозиции с безопасными уровнями воздействия и проводится по формуле $HQ = AD / RfD$, HQ - коэффициент опасности, AD-средняя доза, RfD-референтная доза (справочная величина).

3 этап. Построение графических зависимостей и оценка рисков.

После того, как определены все исходные данные проводится классификация рассчитанных рисков и показывается их динамика во времени. Удобство программы заключается в том, что расчеты проводятся на основе автоматизированного подхода [12-20].

▲ Алгоритм оценки риска

Для не канцерогенных веществ, если коэффициент опасности не превышает единицу, то вероятность развития у человека вредных эффектов при ежедневном поступлении вещества в течении всей жизни несущественно и такое загрязнение характеризуется как допустимое – вредные вещества подсвечиваются зеленым в таблице, если больше единицы, то вещества становятся красными и программа предлагает провести мероприятия по устранению данного нарушения к примеру увеличить санитарно –защитную зону.

Для канцерогенного риска классификация делится на диапазоны.

Индивидуальный риск в течении всей жизни:

- 1) равен или меньше $1 \cdot 10^{-6}$ – программа выделяет такие вещества зеленым так как такие риски не требуют дополнительных мероприятий и подвержены только периодическому контролю.
- 2) более $1 \cdot 10^{-6}$, но менее $1 \cdot 10^{-4}$ – так же выделяются зеленым, подлежат постоянному контролю.
- 3) Более $1 \cdot 10^{-4}$, но менее $1 \cdot 10^{-3}$ степени – программа выделяет желтым – такой риск приемлем для профессиональных групп и не приемлем для населения в целом.
- 4) Равный и более $1 \cdot 10^{-3}$ степени – выделяется красным, так как не приемлем ни для кого (необходимы мероприятия по снижению риска)

Если ни одно вещество не было выделено красным, то программа выдает положительное экспертное заключение. Если имеются желтые элементы или красные то программа предлагает мероприятия по снижению риска и предлагает врачу ознакомиться с нормативно правовой базой.

На рис. 1 приведен алгоритм оценки риска.

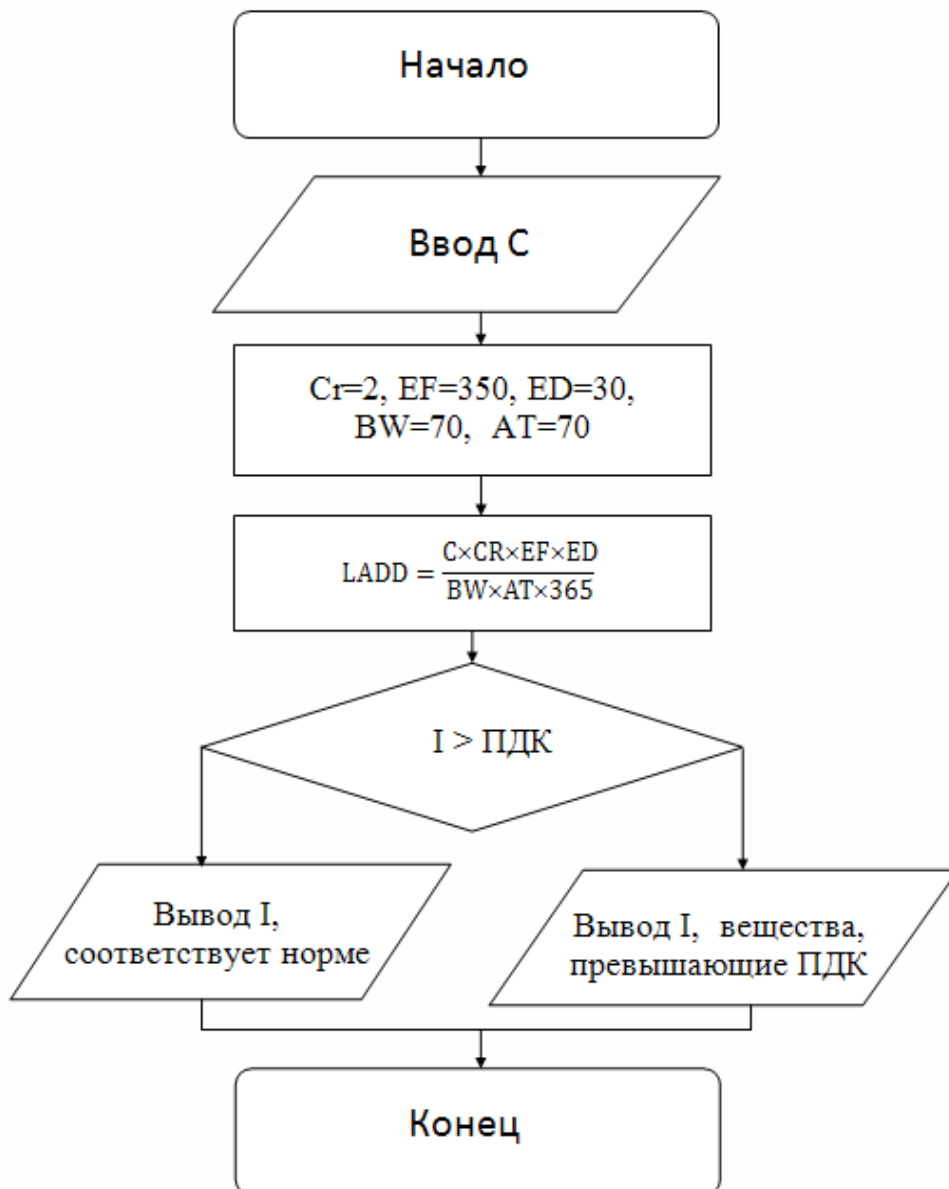


Рис.1. Алгоритм оценки риска

Вывод

В статье дается описание основных возможностей программы, позволяющей проводить оценку влияния воздействия вредных веществ на здоровье людей. Рассмотрен алгоритм оценки риска. Приведены диапазоны классификации риска.

Использованная литература:

- [1] Павлов В.Н. Применение закономерностей токсикокинетики в гигиенических исследованиях. / В.Н.Павлов, Н.Н.Литвинов // В сб. Научное обоснование гигиенических мероприятий по оздоровлению объектов окружающей среды, М., 1083, с 127 - 130.
- [2] Киселев А.В. Оценка риска здоровью / А.В.Киселев, К.Б.Фридман // СПб, 1997. 100с.
- [3] Критерии оценки риска для здоровья населения приоритетных химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Методические рекомендации. Утверждены главным государственным санитарным врачом г. Москвы. М.: НИИ ЭЧ и ГОС им А.Н.Сысина, ММА им. И.М.Сеченова, ЦГСЭН в г. Москве, 2000 г. 53 с.
- [4] Ролдугин Г. Н. Оптимизация управленческого учета и ресурсоэффективности медицинского обслуживания населения лечебно-профилактическими учреждениями / Г. Н.Ролдугин, О.Н.Чопоров // монография, Воронеж, Издательство: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2003, 175 с.
- [5] Косолапов В.П. Особенности репродуктивного здоровья населения Воронежской области на фоне ЦЧР / В.П.Косолапов, П.Е.Чесноков, Г.Я.Клименко, О.Н.Чопоров // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2010. Т. 9. № 3. С. 649-655.
- [6] Чопоров О.Н. Рационализация управления региональными системами на основе использования методов системного анализа, информационных и ГИС-технологий / О.Н.Чопоров, Н.А.Гладских, С.С.Пронин, М.И.Чудинов, С.Н.Семенов, К.Л.Матюшевский // Прикладные информационные аспекты медицины. 2007. № 102. С. 15-19.
- [5] Бережная Е.В. Оценка риска для здоровья населения г. Воронежа при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух / Е.В.Бережная // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2013. № 1. С. 2.
- [8] Чопоров О.Н. Методы анализа значимости показателей при классификационном и прогностическом моделировании / О.Н.Чопоров, А.Н.Чупеев, С.Ю.Брегеда // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 9. С. 92-94.
- [5] Чопоров О.Н. Оптимизационная модель выбора начального плана управляющих воздействий для медицинских информационных систем / О.Н.Чопоров, К.А.Разинкин // Системы управления и информационные технологии. 2011. Т. 46. № 4.1. С. 185-187.
- [10] Есауленко И.Э. Проблемы здравоохранения промышленно-развитого региона в современных условиях/ И.Э.Есауленко, Г.Я.Клименко, В.Н.Созаева, О.Н.Чопоров – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1999.
- [11] Чопоров О.Н. Методы предварительной обработки информации при системном анализе и моделировании медицинских систем / О.Н.Чопоров, Н.В.Наумов, Л.А.Куташова, А.И.Агарков // Врач-аспирант. – № 6.2 (55). – 2012. – С. 382-390.
- [12] Шахнович Д.К. Разработка и построение автоматизированного рабочего места врача-невролога / Д.К.Шахнович, А.П.Преображенский // Врач-аспирант. 2006. № 4. С. 372-376.

- [13] Choporov O.N. Infobase formation technology for medical systems analysis and modeling / O.N.Choporov, S.V.Bolgov, L.A.Kutashova, E.Y.Konovalova // Modern informatization problems in economics and safety: Proceedings of the XVIII-th International Open Science Conference (Lorman, MS, USA, January 2013). – p. 157-162.
- [14] Choporov O.N. Development system for data analysis, modeling and integral estimation in medical research / O.N.Choporov, S.V.Bolgov, V.A.Kutashov // Modern informatization problems in economics and safety: Proceedings of the XVIII-th International Open Science Conference (Lorman, MS, USA, January 2013). – p. 365-367.
- [15] Преображенский Ю.П. Применение имитационно-семантического моделирования и полумарковских процессов принятия решений в клинической практике / Ю.П.Преображенский, Н.С.Преображенская // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 83-89.
- [16] Преображенский Ю.П. Оценка эффективности применения системы интеллектуальной поддержки принятия решений / Ю.П.Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2009. № 5. С. 116-119.
- [17] Преображенский Ю.П. Формирование решающих правил интеллектуальной поддержки решений врача при исследовании многокритериальных клинических объектов / Ю.П.Преображенский, М.М.Шаталов // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 077-079.
- [18] Бородин В.И. Медико-экологический мониторинг и оценка комфортности проживания населения региона / В.И.Бородин, М.Л.Бочоришвили, С.Б.Гриднева, Е.Н.Коровин, А.В.Фролова // Вестник новых медицинских технологий. 2001. Т. VIII. № 1. С. 86.
- [19] Коровин Е.Н. Методология рационального управления медицинским обслуживанием населения сельского административного района с применением ГИС-технологий / Е. Н. Коровин, А. А. Панченко, О. В. Родионов // ГОУВПО "Воронежский гос. технический ун-т". Воронеж, 2007.
- [20] Волобуева Е.В. К вопросу выбора критерия проверки статистических гипотез / Е.В.Волобуева, Н.В.Чернякова, М.И.Гусева // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 134-138.

.....
professor I.Y. Lvovich, D. Sc.

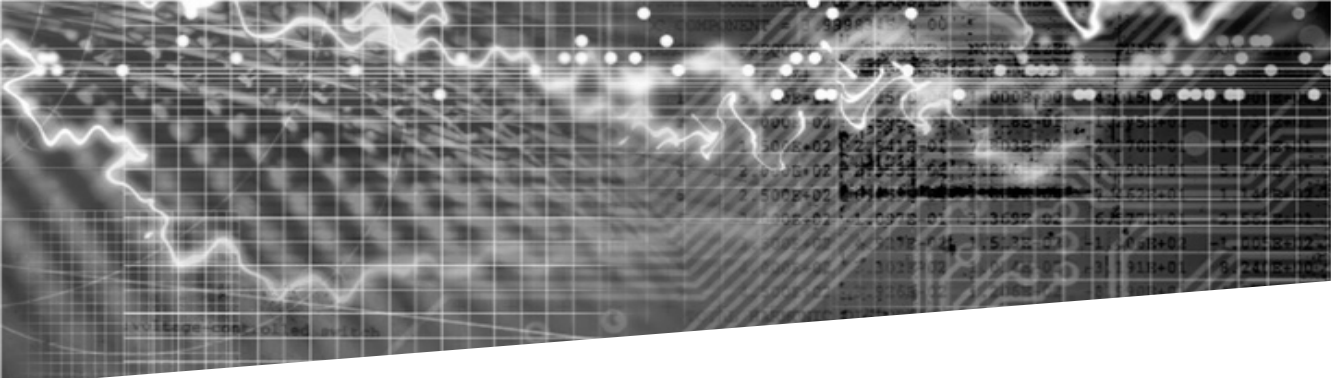
Paneuropean University in Bratislava
office@vvt.ru

E. V.Berezhnaja, magistr

Voronezh Institute of High Technologies
Boluchoks@yandex.ru

A. P.Preobrazhensky, Ph.D.

(candidate of physics and mathematics sciences)
Voronezh Institute of High Technologies
komkovvvt@yandex.ru



The rational choice of the antibacterial therapy based on microbiological background analysis in case of diabetic foot syndrome

Рациональный выбор антибактериальной терапии на основе изучения микробиологического фона при синдроме диабетическая стопа

***E.N. Korovin, N.E. Nekhaenko, L.V. Ryabchunova, T.A. Troshina
Е.Н. Коровин, Н.Е. Нехаенко, Л.В. Рябчунова, Т.А. Трошина***

Abstract:

In this article an algorithm of decision-making about medicaments purchasing is considered by the example of planning necessary amount of antibiotics for medical treatment of patients with diabetic foot syndrome in the BUZ VO "VGKBSMPN№10" endocrinology ward based on pharmacoeconomic analysis. The research is based on analysis of structure and antibiotic susceptibility of microorganisms which were selected from wound discharge of patients who were treated in the BUZ VO "VGKBSMPN№10" endocrinological center. This data will allow to plan purchasing of antibacterial preparations and antiseptics soundly. Moreover, it will help to optimize financial activity of the institution in case of medicamental provision.

Аннотация:

В статье рассмотрен алгоритм принятия решений закупки медикаментов, на примере планирования нужд в антибиотиках отделения эндокринологии БУЗ ВО «ВГКБСМП№10» при лечении больных с синдромом диабетической стопы на основе фармако-экономического анализа. Исследование основано на анализе структуры и чувствительности к антибиотикам микроорганизмов, выделенных из раневого отделяемого пациентов, проходивших лечение на койках

диабетической стопы эндокринологического центра на базе БУЗ ВО «ВГКБСМП №10». Эти данные позволят обоснованно планировать закупки соответствующих антибактериальных препаратов и антисептических средств и оптимизировать финансовую деятельность учреждения, и разрезе медикаментозного обеспечения.

Keywords:

Algorithm of decision-making, of the antibacterial therapy, pharmacoeconomics.

Ключевые слова:

Алгоритм принятия решений, антибактериальная терапия, фармакоэкономика.

Актуальность

В последнее время отмечается увеличение расходов на оказание медицинской помощи, в том числе на лекарственное обеспечение. Участие практических врачей и ученых в решении экономических проблем, стоящих перед системой здравоохранения, наиболее успешно реализуется в рамках фармакоэкономики, которую можно рассматривать как часть экономики здравоохранения. Фармакоэкономика – область исследования, оценивающая особенности людей, компаний и рынка касательно применения фармацевтической продукции, медицинских услуг, программ и анализирующая стоимость (затраты) и последствия (результаты) этого применения [определение предложено Международным обществом фармакоэкономики (International Society Pharmacoeconomics and Outcomes Research, ISPOR, 1998)].

При оценке эффективности лечения в фармакоэкономическом анализе применяют следующую классификацию затрат.

1. Медицинские затраты- расходы непосредственно связанные с оказанием медицинской помощи (например, стоимость ЛС, пребывание пациента в стационаре). Эти затраты в свою очередь подразделяют на следующие группы.

1.1. Прямые – стоимость ЛС, исследований, консультаций, оплата труда медицинских работников, непосредственно участвующих в лечении больного.

1.2. Непрямые – стоимость пребывания больного в стационаре, в т.ч. расходы на медицинский транспорт, питание, административные расходы.

2. Немедицинские расходы- расходы больного или общества, напрямую не связанные с лечением (оплата дней нетрудоспособности, уход родственников и т.д.

Рациональное применение антимикробных препаратов является одним из важных условий обеспечения качества медицинской помощи. Между тем ,качество оказания медицинской помощи в случаях, требующих применение

антимикробных препаратов остается неудовлетворительным из-за высокой частоты дефектов. На стационарном этапе наиболее частыми ошибками являются: нерациональный выбор препаратов и схем их введения, избыточное использование АМП. Для повышения качества использования АМП, кроме оптимизации клинико-фармакологических аспектов их применения, необходим ряд организационных (управленческих, экономических) мер.

Управлении качеством в такой сфере, как применение АМП, требует системного подхода и должно осуществляться на уровне как медицинских учреждений, так и региональных и центральных органов здравоохранения, страховых компаний и общества в целом. Структурным компонентом системы являются: совершенствование нормативной базы; принятие решений, основанных на принципах медицины доказательств; мониторинг резистентности, регистрация случаев внутрибольничной инфекции и инфекции области хирургического вмешательства; наличие стандартов, разработанных в соответствии с действующим законодательством по стандартизации; разработка и внедрение формулярных списков; совершенствование системы закупок; внедрение ограничительных программ при назначении АМП.

В свете роста устойчивости патогенов к АМП с особой остротой встает вопрос выбора адекватной эмпирической АБТ, причем не только тяжелых жизнеугрожающих инфекций нозокомиального происхождения, но и внебольничных. В данном аспекте целесообразной представляется стратификация пациентов по факторам риска наличия резистентных или полирезистентных микроорганизмов в качестве возбудителей инфекций. Подобного рода подход позволит более достоверно оценить риски, связанные с устойчивостью патогенов, и изначально сделать выбор в сторону препаратов, способных преодолеть механизмы резистентности, снизив тем самым темпы дальнейшего распространения проблемного микроорганизма.

Большое начинается с малого. В данной статье рассматривается вопрос рациональной антибактериальной терапии «синдрома диабетической стопы» СДС.

В силу многообразия поражений нижних конечностей при сахарном диабете (СД) смысл понятия «диабетическая стопа» зачастую различен. В принятом в 1999 г. Международном соглашении по диабетической стопе, вышедшем и на русском языке [Международная рабочая группа по диабетической стопе, 2000], это состояние характеризуется как «инфекция, язва и/или деструкция глубоких тканей, связанная с нарушением нервной системы и снижением магистрального кровотока в артериях нижних конечностей различной степени тяжести». В основу формулировки определения диабетической стопы положено определение ВОЗ. В 2003 и 2007 гг. приняты дополнения к этому документу. Это соглашение подготовили ведущие эксперты по данной проблеме из разных стран (в т.ч. и из России). Данное соглашение является основой для лечения синдрома диабетической стопы (СДС) и для дальнейших научных разработок.

Лечение СДС – это междисциплинарная область, находящаяся на стыке семи различных дисциплин (эндокринология, хирургия, ангиохирургия, кардиология/ангиология, неврология, ортопедия, дерматология).

Антибиотикотерапия назначается при наличии инфицированной раны или же высоком риске инфицирования. При наличии системных признаков раневой инфекции необходимость антибиотикотерапии очевидна; она должна проводиться незамедлительно и в адекватных дозах. Однако, учитывая гипореактивность иммунной системы при СД (особенно у пожилых пациентов), эти признаки могут отсутствовать даже при тяжелой раневой инфекции. Поэтому при назначении антибиотикотерапии нередко приходится ориентироваться на местные проявления раневой инфекции.

Выбор оптимального лечающего средства (ЛС) или комбинации ЛС основывается на данных о возбудителях раневой инфекции и их предполагаемой чувствительности к антибиотикам, а также особенностях фармакокинетики ЛС и локализации инфекционного процесса. Оптимальным является подбор антибиотикотерапии по результатам бактериологического исследования раневого отделяемого. Особое внимание уделяется эмпирической антибактериальной терапии., так как в повседневной жизни врач может получить бактериологический посев лишь на 4-5 сутки. Правильно и вовремя назначенный антибиотик позволяет существенно сократить сроки пребывания больного в стационаре, уменьшить затраты на лечение, а так же снизить число дней временной нетрудоспособности. Выбирая антибактериальный препарат, врач должен руководствоваться определенными критериями: антибиотики должны уничтожать микроб, лечение должно быть безопасным, быть экономичным, необходимо предотвращать устойчивость микробов.

Цель и задачи

Цель – изучение спектра микроорга с СДС, и определение лекарственной чувствительности. Это позволит обоснованно планировать закупки соответствующих антибактериальных препаратов и антисептических средств и оптимизировать финансовую деятельность учреждения, и разрезе медикаментозного обеспечения.

Материал и методы

Исследование основано на анализе структуры и чувствительности к антибиотикам микроорганизмов, выделенных из раневого отделяемого пациентов, проходивших лечение на койках диабетической стопы эндокринологического центра на базе БУЗ ВО «ВГКБСМП № 10.

Данное отделение является терапевтическим, в которое поступают плановые больные с I-II стадией язвенного дефекта. В конце 2006 года койки были закрыты и открылись вновь только в октябре 2011 года.

Материалом для исследования служило раневое отделяемое, сбор которого осуществлялся стерильными тупферами, которые помещали в транспортную среду Amies. Микробиологическое исследование проводили в соответствии с «Методическими указаниями по определению чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам» (МУК 4.2.1890-04.2004) с использованием полуавтоматизированной системы идентификации выделенных организмов на тест-системах «Lachema» (Чехия), с учетом результатов на планшетном микрофотометре «iEMSReader» (ThermoLabsystem, Финляндия), включающего систему микробиологического мониторинга «Микроб-2». Определение чувствительности к антимикробным препаратам проводили диско – диффузионным методом с использованием дисков НИЦФ Санкт-Петербург.

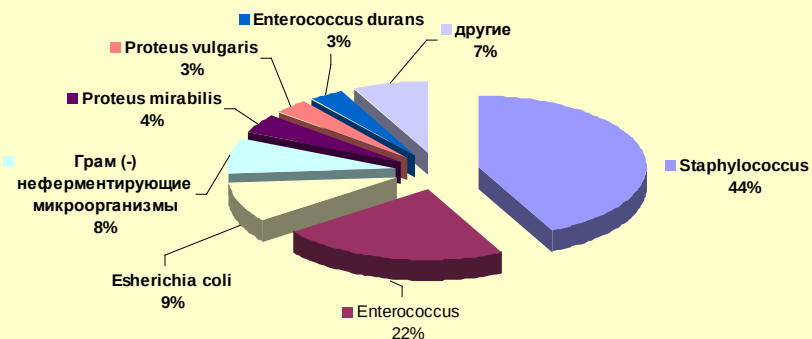
■ Результаты и обсуждения

Исследование проводилось на основании 506 выделенных культур из раневого отделяемого (150 в 2005 году, 162 в 2006, 54 в 2011, 140 в 2012). Подавляющее большинство составляли стафилококки -64 в 2005, 64 в 2006, 17 в 2011, 72 в 2012 году. Энтерококков соответственно 33,49, 12,19. Как видим из диаграмм, за последние годы увеличилась доля выделенных стафилококков и существенно уменьшилась энтерококков. Итого на долю Гр+ флоры в 2012 году пришлось более 65% выделенных возбудителей., таким образом при назначении эмпирической антибактериальной терапии необходимо ориентироваться прежде по данным проведенного мониторинга за 2005, 2006, 2011, 2012 построили диаграммы, отображающие этиологию инфицирования ран больных, с диагнозом СДС (рис. 1).

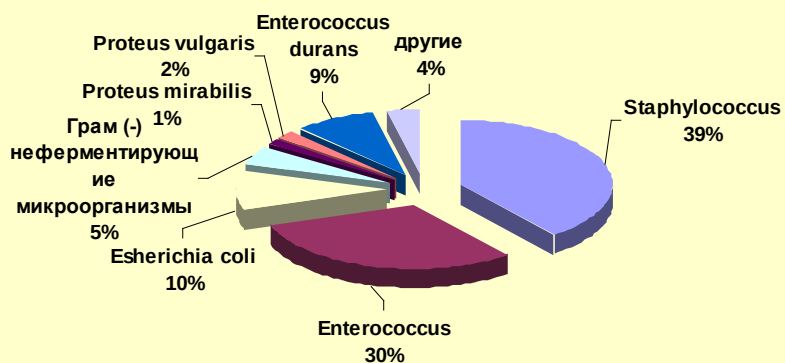
Как видно из рисунков, при обследовании пациентов с диагнозом СДС среди выделенных штаммов в этиологически значимом титре преобладает *Staphylococcus*, большинство которых было представлено коагулазо-позитивными *S. aureus*. У значительно меньшего числа пациентов получены *Staphylococcus* коагулаза (-), *Staphylococcus haemolyticus*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Staphylococcus epidermidis*. В 2012 году на долю стафилококков пришлось 52% выделенных штаммов микроорганизмов. Доминирующая роль стафилококков как этиологического агента гнойного воспаления обусловлена тем, что эти микроорганизмы являются представителями нормальной микрофлоры кожи и слизистой оболочки.

Вторая по частоте встречаемости группа: *Enterococcus*. Преобладает в данной группе микроорганизмов *Enterococcus faecalis*. В течение многих лет они рассматривались как клинически малозначимые микроорганизмы. Сейчас данное мнение устарело. Энтерококки могут явиться причиной многих тяжелых заболеваний.

Этиология инфицирования ран больных с СДС (2005г)



Этиология инфицирования ран больных с СДС (2006г)



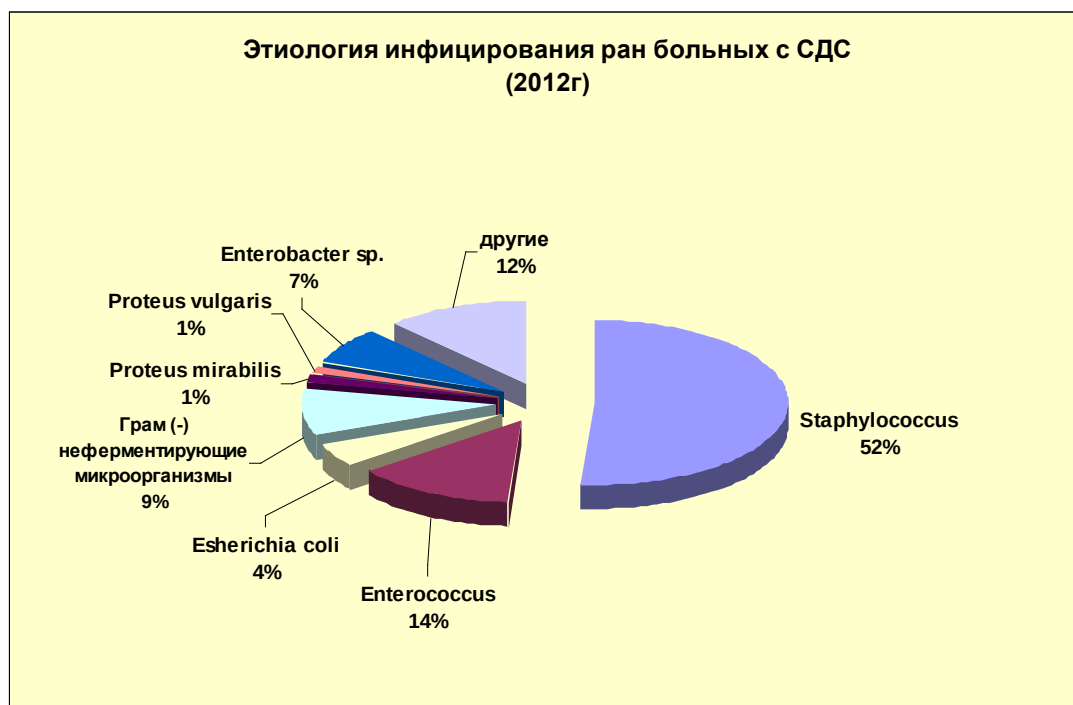
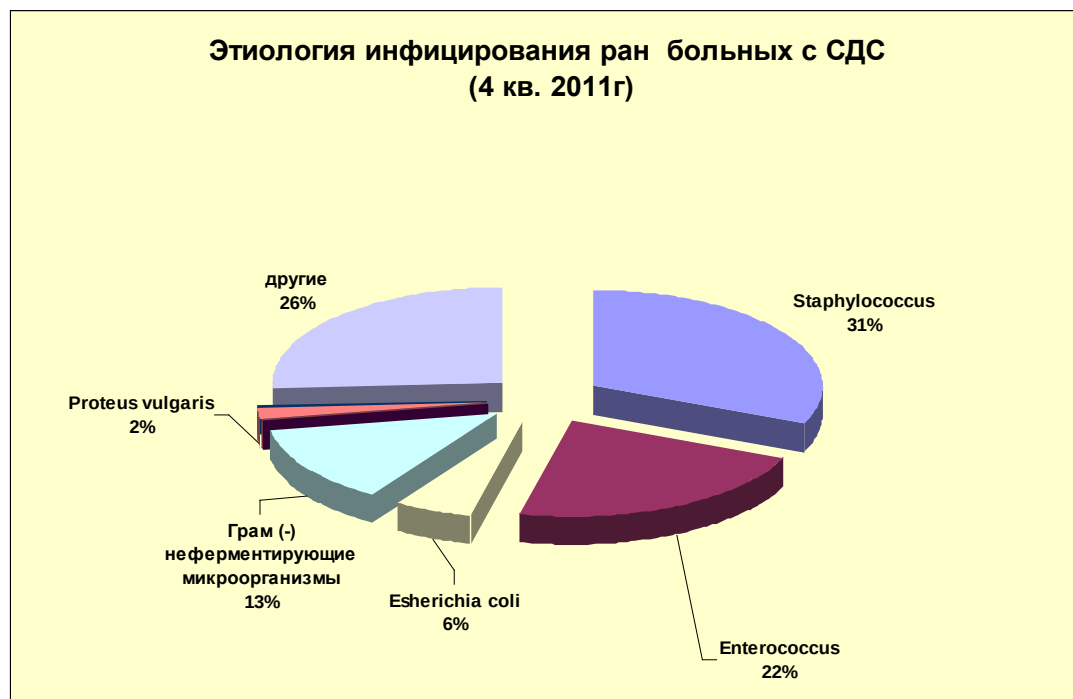


Рисунок 1 – Диаграммы отображающие этиологию инфицирования ран больных с СДС

В 2005-2006 гг. третье место занимали *Escherichia coli*. Однако в последние годы на третье место вырвались Грам (-) неферментирующие микроорганизмы. В основном это *Pseudomonas aeruginosa*-синегнойная палочка.

Не стоит также забывать и о анаэробах, которые растут и размножаются в ишемизированных тканях, и которых очень трудно вырастить в условиях лаборатории. Это связано с техникой забора материала, сроками доставки его в лабораторию и многими другими причинами.

В соответствии с «Методическими указаниями по определению чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам» (МУК 4.2.1890-04.2004) чувствительность ГР+ микроорганизмов определялась к следующим группам препаратов: пенициллины (оксациллин для стафилококков и ампициллин для энтерококков), макролиды (эритромицин), фторхинолоны (офлоксацин), аминогликозиды (гентамицин), линкозамиды (линкомицин).

Проведен анализ чувствительности выделенных штаммов к антибактериальным препаратам.

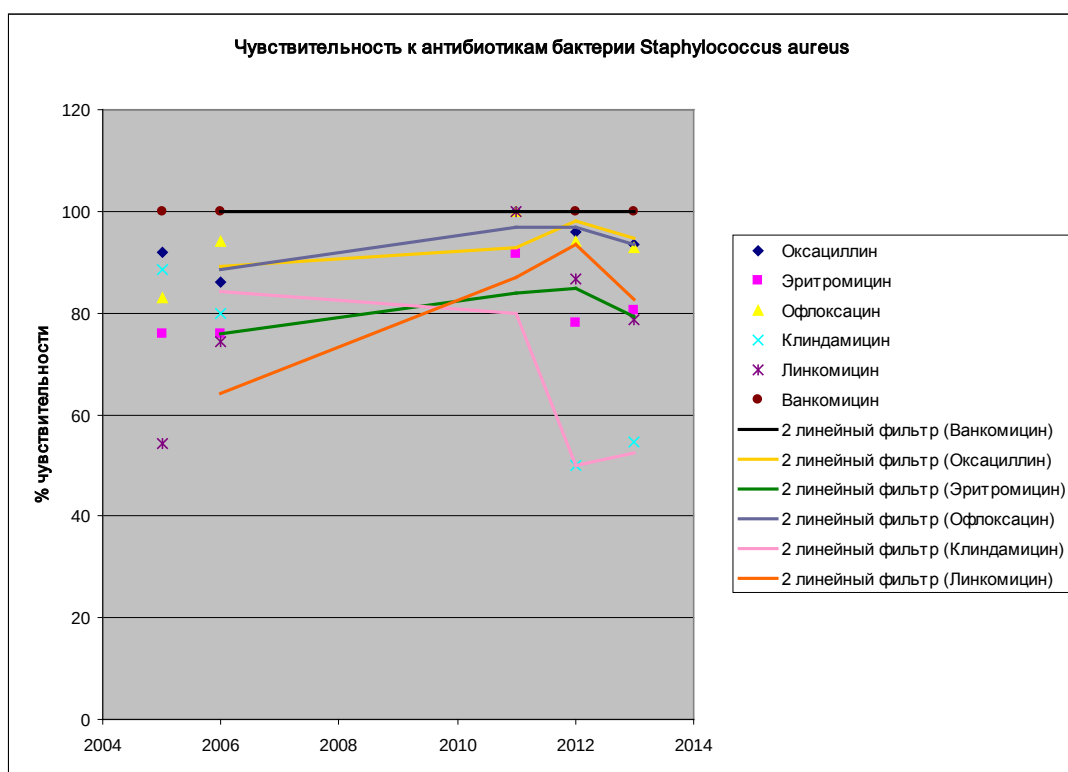


Рис. 2

На рис. 2 представлен график чувствительности к антибиотикам *S. Aureus*. А так же построены тренды прогноза, с помощью которых можно рассчитать прогноз на 2013г. Так чувствительность к ванкомицину в 2013 году составит 100%, а к оксациллину 93,5.

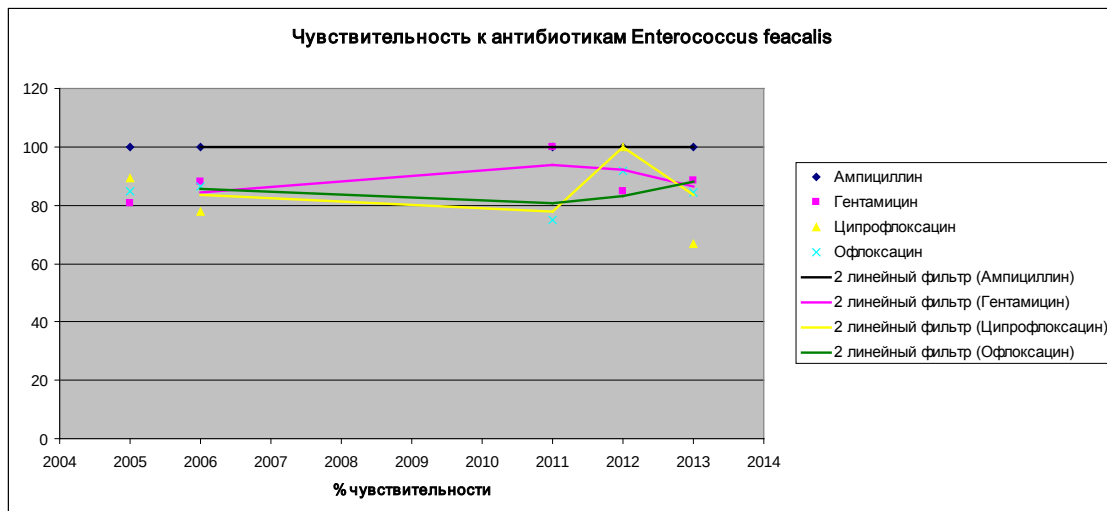


Рис. 3

Чувствительность групп представлена на рис. 3.

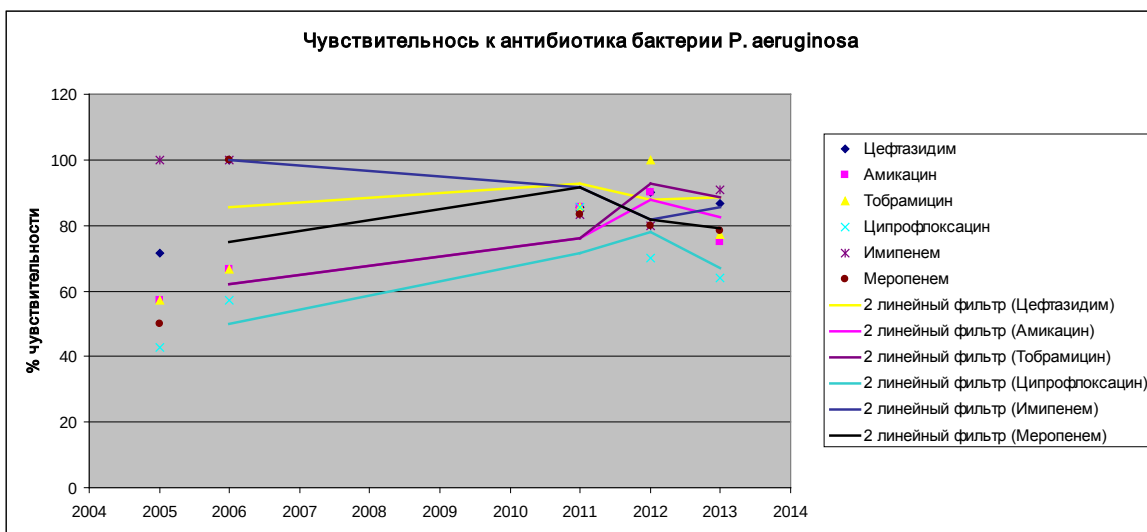


Рис. 4

Алгоритм назначения АМП представляет собой ряд шагов, позволяющий из тысяч зарегистрированных АМП выбрать один-два, удовлетворяющее критериям эффективности:

- этап-составление перечня наиболее вероятных возбудителей. В нашем случае мы определились, что это Гр положительная флора;

- этап-составление списка АМП, активных против данных микроорганизмов;

- этап-у АМП, активных против вероятных возбудителей оценивают способность создавать терапевтические концентрации в очаге инфекции;

- этап-из списка препаратов выбирают те, которые соответствуют требованиям по безопасности. Возрастная группа пациентов с СДС, получавших лечение в БУЗ ВО «ВГКБСМП №10»- люди старше 65 лет. Средний стаж диабета 15-20 лет. У данной категории больных назначение нефротоксичных аминогликозидов крайне нежелательно.

- этап-среди препаратов, подходящих по эффективности безопасности. Предпочтение отдают средствам с более узким противомикробным спектром. Это снижает риск устойчивости пстогенов.

- этап-из оставшихся АМП выбирают самый дешевый;

- этап-обеспечить наличие нужного препарата. Здесь заведующему отделением, ориентируясь на предыдущие этапы необходимо предусмотреть заявку препаратов.

- этап-определить путь введения препарата.

Самым дешевым и безопасным является пероральный прием. Здесь встает вопрос о имеющейся лекарственной форме (некоторые препараты просто не выпускаются в виде таблеток (например, аминогликозиды), биодоступности препарата и о возможности его приема пациентом. Парентеральный путь введения дороже, чреват постинъекционными осложнениями и некомфортен для пациентов. Таким образом, самым безопасным и наиболее эффективным препаратом являются препараты пенициллинового ряда, которые действуют на стафилококки, энтерококки и анаэробы. И перед доктором встает выбор: либо комбинация бета- лактама с метронидазолом, либо ингибиторозащищенные аминопенициллины.. В пользу последних говорит не только микробиология, т.к ингибиторы предотвращают разрушение антибиотика бета-лактамазами микробов, но и фармакоэкономика.

Применение данных препаратов обходится больнице дешевле, чем применение парентеральных бета-лактамов в комбинации с метронидазолом. Кроме того для ампициллина/сульбактама возможен внутримышечный путь введения, что облегчает труд медицинской сестры, а также возможна ступенчатая терапия в стационаре с переходом на пероральные формы, или лечение в амбулаторных условиях.

Выводы

Согласно микробиологическому мониторингу – самыми частыми возбудителями являются ГР+ микроорганизмы (стафилококки и энтерококки).

Наилучшая чувствительность микроорганизмов к препаратам пенициллинового ряда. При СДС возможно наличие в ране анаэробов, поэтому препаратами выбора являются ингибиторозащищенные аминопенициллины. При аллергии на пенициллины самым рациональным является прием Левофлоксацина + Метронидазол.

С учетом хорошей биодоступности данных препаратов возможна ступенчатая терапия – переход на пероральные формы.

Тратить деньги стационара на дорогостоящий препарат резерва Ванкомицин в качестве стартовой терапии нет необходимости.

■ Используемая литература

- [1] Стратегия и тактика применения антимикробных средств в лечебных учреждениях России. Российские национальные рекомендации. Москва 2012
- [2] Уоткинс П.Дж. Сахарный диабет. // Пер. с англ. М.: Издательство БИНОМ, 2006г.-134с.
- [3] Практическое руководство по антиинфекционной химиотерапии/ Под редакцией Л.С. Страчунского, Ю.Б. Белоусова, С.Н. Козлова
- [4] Диабетическая стопа – М.: Практическая медицина, 2010. – 272е.: ил. Удовиченко О.В., Грекова Н.М.
- [5] М.Б. Богданов, Т.В. Черненькая Алгоритмы и организация антибиотикотерапии . Издательский дом Видар-М Москва 2004
- [6] Клиническая фармакология /Под редакцией академика РАМН профессора В.Г.Кукеса Издательский дом «ГЭОТАР-МЕД» 2004
- [7] Рациональная фармакотерапия заболеваний эндокринной системы и нарушений обмена веществ Москва Издательство «Литтерра» 2006
- [8] <http://www.rmj.ru> – Независимое издание практикующих врачей.

.....
professor E.N. Korovin, D. Sc.

Voronezh State Technical University
korovin@saums.vorstu.ru

professor N.E. Nekhaenko, D. Sc.

Health Department of the Voronezh region
nehaenko_natalia@mail.ru

L.V. Ryabchunova

Head of the Department of clinical pharmacology of the city emergency care
hospital №10 «Elektronika», Voronezh

T.A. Troshina

Voronezh State Technical University
troshina123@mail.ru



Study of electric models for human skin on impedance locus

Исследование электрической модели кожи человека по годографу электрокожного сопротивления

***I.Y. Lvovich, N.A. Selezneva
И.Я. Львович, Н.А. Селезнева***

Abstract:

This article discusses a method of estimating the parameters of the elements of the electrical model of human skin in shape impedance locus and variant of the measuring system for the registration of the impedance locus.

Аннотация:

В статье рассматривается способ оценки параметров элементов электрической модели кожи человека по форме годографа комплексного сопротивления и вариант измерительной системы для регистрации годографа.

Keywords:

Human skin impedance model, impedance locus, measurement system.

Ключевые слова:

Электрическая модель кожи человека, годограф комплексного сопротивления, измерительная система.

Введение

Для оценки состояния организма при проведении медицинских диагностических исследований широко используются электрические параметры кожного покрова [1], к числу которых относятся активная и емкостная составляющие электрокожного сопротивления. В общем случае активная и емкостная составляющие электрокожного сопротивления зависят от частоты измерительного сигнала, что вносит определенные сложности при получении данных для информационно-измерительных диагностических систем.

Одним из перспективных направлений оценки информативных параметров кожного покрова в широкой частотной области является построение годографов электрических цепей, соответствующих исследуемым зонам кожного покрова и сравнение полученных годографов с годографом электрической цепи, выбранной для исследований модели кожного покрова [5].

Основная часть

Наиболее простой электрической моделью кожного покрова для широкой частотной области исследуемых сигналов является модель Philipson-Cole [1, 4], включающая параллельно последовательную цепь, состоящую из параллельно включенных активной (сопротивления R_x) и реактивной (емкости C_x) составляющих электрокожного сопротивления и последовательно включенного сопротивления R_0 внутренних тканей (рис. 1а).

Для модели (рис. 1а) годограф для широкой частотной области может быть представлен в виде (рис. 1б), где характерными точками вещественной оси R_x являются точки R_0 и R_x , определяемые параметрами модели и соответствующие частотам ω измерительного сигнала ($\omega \rightarrow \infty$ и $\omega = 0$). Остальные точки годографа зависят как от параметров всех элементов модели, так и от частоты измерительного сигнала [4].

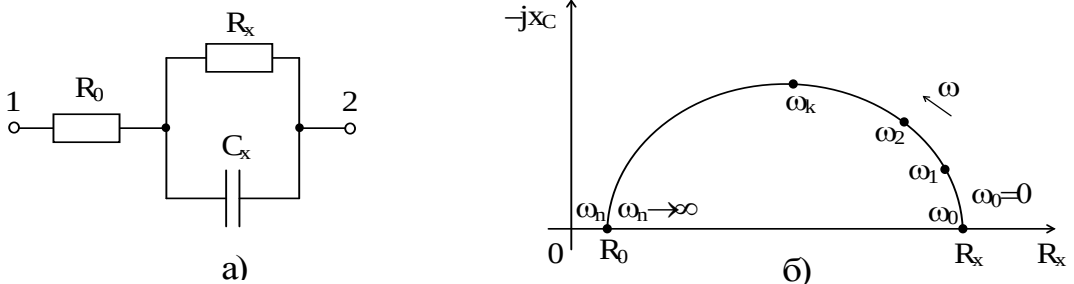


Рис. 1

Для исследования зависимости формы годографа от частоты измерительного сигнала ($\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$) выразим комплексное сопротивление Z_{12} модели (рис. 1а) через параметры ее элементов R_x , R_0 и C_x :

$$Z_{12} = R_0 - \frac{R_x \cdot j \cdot x_C}{R_x - j \cdot x_C}, \quad (1)$$

где $x_C = \frac{1}{\omega C_x} = \frac{1}{2\pi f C_x}$ – емкостное сопротивление модели для частоты f измерительного сигнала.

Исследование годографов проведено с использованием программы Mathcad 13. Для построения годографов комплексного сопротивления Z_{12} использована прямоугольная система координат XOY , в которой ось OX выбрана соответствующей вещественной части комплексного числа: $X = \text{Re}(Z_{12})$ (Ом), а ось OY – мнимой части комплексного числа: $Y = \text{Im}(Z_{12})$ (Ом).

На рис. 2 приведены две диаграммы годографов модели кожного покрова, построенные для значений параметров: $C_x = 1000$ пФ, $R_0 = 2$ кОм, $R_{x1} = 30$ кОм, $R_{x2} = 60$ кОм.

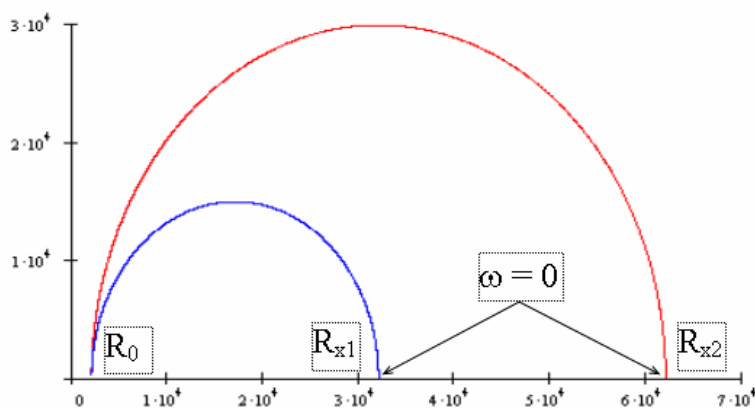


Рис. 2

Как показано на рис. 2, построенные диаграммы годографов представляют собой подобные друг другу симметричные фигуры, отличающиеся характерными точками R_x (R_{x1} , R_{x2}), соответствующими частоте $\omega = 0$.

При этом форма диаграмм годографов и их относительные размеры не зависят от емкости модели C_x . Емкость модели влияет только на изменение частоты сигнала, соответствующей точкам диаграммы годографа. Отмеченное показывает, что по форме и относительным размерам годографов (рис. 2) в соответствии с рис. 1 можно определить значения параметров R_0 и R_x .

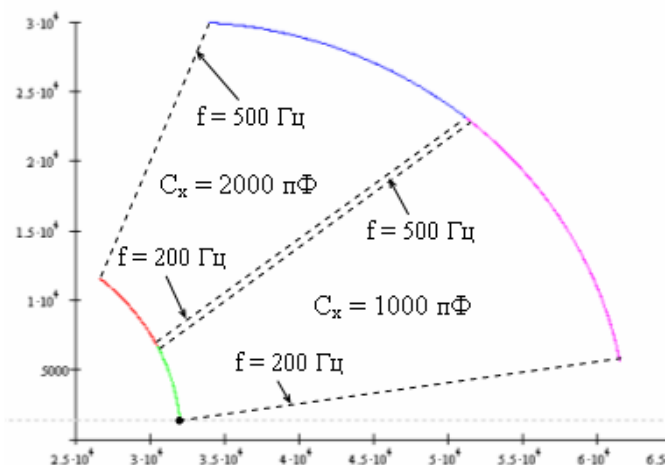


Рис. 3

Оценку значений емкости C_x можно проводить по положению точек годографа (вектора комплексного сопротивления Z_{12}) для выбранного значения частоты сигнала f . Это можно подтвердить, построив годографы (рис. 3) для узкой частотной области. В качестве примера на рис. 3 приведены годографы, соответствующие рис. 2, построенные для частной области $200 \div 500$ Гц при емкости C_x равной 1000 пФ и 2000 пФ, соответственно.

Инструментально обеспечить регистрацию параметров модели исследуемого кожного покрова для построения годографов можно путем измерения модуля $|Z_{12}|$ и аргумента φ комплексного электрокожного сопротивления Z_{12} в выбранном диапазоне частот f измерительного сигнала в соответствии со структурной схемой (рис. 3).

Здесь объект исследований (ОИ) – исследуемый кожный покров подключается к измерительной цепи с помощью электродов Ξ_1 и Ξ_2 . С помощью генератора сигнала (ГС) вырабатывается синусоидальное напряжение с частотой измерительного сигнала f , пропорционально которому преобразователем «напряжение–ток» вырабатывается синусоидальный ток.

От протекающего тока через объект исследований между электродами Ξ_1 и Ξ_2 создается падение напряжения $u_{Z_{12}}$, которое усиливается усилителем сигнала (УС) и подается на выход измерительной системы в виде синусоидального напряжения, амплитуда которого пропорциональна модулю

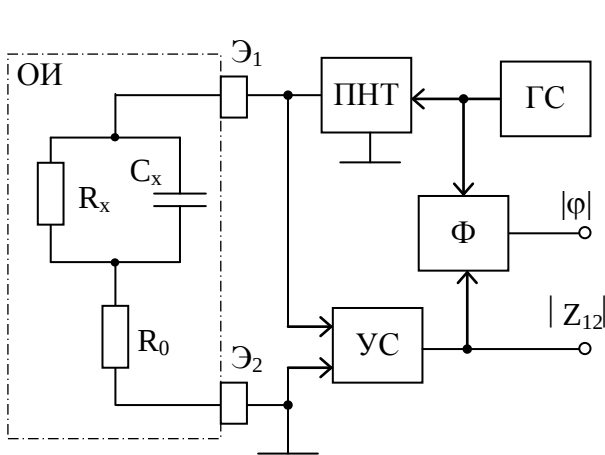


Рис. 4

комплексного сопротивления модели кожного покрова $|Z_{12}|$.

С помощью фазометра (Φ) формируется выходной сигнал, пропорциональный фазовому сдвигу между напряжением генератора сигнала и протекающим через ОИ током, который пропорционален аргументу φ комплексного сопротивления Z_{12} .

По модулю $|Z_{12}|$ и аргументу φ комплексного сопротивления Z_{12} для разных частот измерительного сигнала f

можно определить вещественную и мнимую его составляющие и построить годограф ОИ.

Рассмотренные результаты исследований не исчерпывают возможностей определения по форме годографа параметров элементов. Можно совместить построение годографа идеализированной модели с ее усредненными параметрами и регистрируемого приведенного годографа, определяемого зависимостью мнимой составляющей комплексного сопротивления объекта исследований от

вещественной составляющей идеализированной модели с усредненными параметрами.

В качестве примера на рис. 5 приведены диаграммы годографов для моделей с разными параметрами элементов: диаграмма 1 годографа идеализированной модели с усредненными параметрами, за которые условно приняты параметры модели для годографа (рис. 2) при сопротивлении R_{x1} (диаграмма 1) и диаграммы, приведенных годографов, построенные относительно вещественной части комплексного сопротивления идеализированной модели при увеличении значения емкости C_x в два раза

(диаграмма 2), уменьшении значения емкости C_x в два раза (диаграмма 3), увеличении и уменьшении сопротивления R_{x1} в полтора раза (диаграммы 4 и 5 соответственно).

Таким образом, регистрируя приведенные к вещественному значению

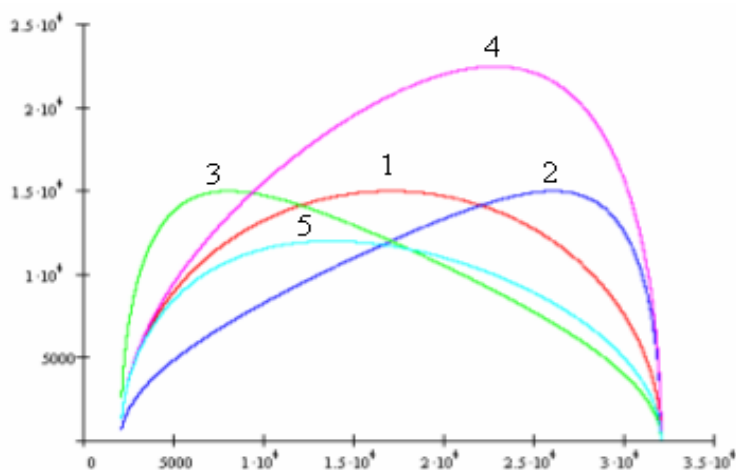


Рис. 5

комплексного сопротивления идеализированной модели с усредненными параметрами годографа исследуемого кожного покрова можно в соответствии с рис. 5 по форме годографа осуществлять контроль изменений параметров модели.

В соответствии с рис. 5 при изменении емкости C_x амплитуда мнимой части комплексного сопротивления приведенного годографа не изменяется, при этом от положения максимума, соответствующего значению вещественной части $R_x/2$, с увеличением емкости C_x максимум мнимой части смещается в область значений соответствующую R_x , а при уменьшении емкости C_x – в область значений соответствующую R_0 . При изменении сопротивления R_x происходит изменение как амплитуды мнимой части комплексного сопротивления приведенного годографа, так и положения ее максимума аналогичного изменению положения максимума при изменении емкости C_x .

Приведенная на рис. 4 схема для регистрации годографа электрокожного сопротивления соответствует двухточечному подключению к объекту исследований, которая характеризует модель кожного покрова по параметрам, определяемым в цепи между двумя электродами. Если требуется характеризовать модель кожного покрова по параметрам, регистрируемым в

зоне расположения одного электрода, то необходимо использовать трехточечное подключение к объекту исследований [1 – 3].

При активных методах получения данных в качестве источника измерительного сигнала используется внешний по отношению к исследуемому кожному покрову источник электрической энергии, управляемый перестраиваемым по частоте генератором сигнала. Определенные недостатки активных методов получения данных, в частности, влияние внешнего источника сигнала на исследуемый кожный покров, что, в конечном счете,

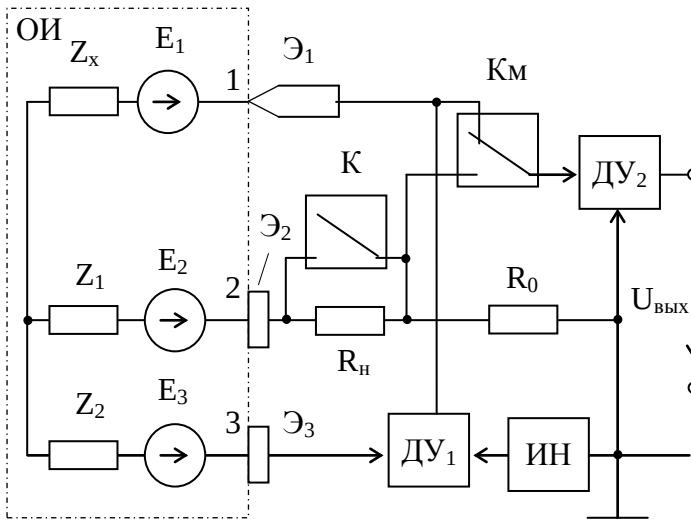


Рис. 6

сказывается на регистрируемом годографе электрокожного сопротивления, и как следствие этого, на получаемой модели кожного покрова, определяют необходимость проведения исследований использования квазипассивных методов получения данных, практически исключающих влияние на кожный покров измерительной системы.

Определенные сложности использования пассивных и

квазипассивных методов получения данных для регистрации годографа электрокожного сопротивления определяются тем, что при использовании пассивных и квазипассивных методов получения данных измерительный ток в цепи информативного сопротивления кожного покрова в исследуемой зоне создается с помощью электрических потенциалов, возникающих на поверхности кожного покрова за счет биоэлектрических процессов и контактной разности потенциалов на границе раздела «электрод-кожная поверхность». При этом электрический ток будет иметь относительно постоянное значение, и обеспечение изменения его по синусоидальному закону проблематично.

Проведенными исследованиями показано, что квазипассивные методы получения данных позволяют проводить измерения не только с использованием постоянного тока, но и при определенных условиях обеспечивают формирование в измерительной цепи переменного тока [1].

Вариант подобной системы получения данных, реализующей квазипассивный инверсный метод для режима переменного тока приведен на рис. 6 [3].

Здесь в виде объекта исследований ОИ представлена схема замещения кожного покрова, включающая информативное сопротивление Z_x и электрокожный потенциал E_1 зоны расположения измерительного электрода $\mathcal{E}_1$ и неинформативные значения электрокожных сопротивлений Z_1 , Z_2 и электрокожных потенциалов E_2 , E_3 зон расположения индифферентных электродов $\mathcal{E}_2$, $\mathcal{E}_3$.

Получаемые данные системы (значение информативного сопротивления Z_x) определяются по выходному напряжению $U_{\text{вых}}$, формируемому на выходе дифференциального усилителя ДУ_2 за три такта работы при отключенном ($U_{\text{вых1}}$) и подключенном ($U_{\text{вых2}}$) с помощью ключа (К) сопротивлении нагрузки R_n и при переключении входа дифференциального усилителя ДУ_2 с помощью коммутатора K_m к выводам резистора R_n ($U_{\text{вых3}}$):

$$Z_x = \frac{U_{\text{вых1}} - U_{\text{вых2}}}{U_{\text{вых3}}} R_n. \quad (2)$$

Измерительный ток в цепи, проходящий через информативное сопротивление R_x , определяется как разностью электрокожных потенциалов, так и значением выходного напряжения $U_{\text{ИН}}$ источника напряжения ИН, которое в общем случае можно изменять с выбранной частотой и амплитудой с помощью внешнего генератора сигнала, подключаемого ко входу ИН. При этом измерительный ток будет изменяться в соответствии с выражением:

$$I = \frac{E_1 + E_3 \pm U_{\text{ИН}}}{R_x + R_n}. \quad (3)$$

Выражение (3) показывает возможности использования при реализации квазипассивного инверсного метода получения данных как постоянного, так и переменного измерительного тока, что определяет возможности регистрации годографов электрокожного сопротивления на основе квазипассивных методов получения данных.

► Разработка информационной подсистемы выбора оптимального плана лечения атеросклероза

Рассмотренные выше возможности использования годографов комплексного сопротивления для определения параметров модели кожного покрова, регистрируемых с помощью измерительных систем, реализующих обеспечивающие высокие показатели достоверности получаемых данных квазипассивные и квазипассивные инверсные методы, с успехом могут быть использованы в диагностических информационно-измерительных системах для оценки широкого спектра морфологических и физиологических параметров организма человека. При этом определенные сложности использования переменного синусоидального тока для проведения измерительных преобразований определяются выбором амплитуды напряжения $U_{\text{ИН}}$ в зависимости от значений электрокожных потенциалов E_1 , E_3 и сопротивления резистора нагрузки R_n .

Использованная литература:

- [1] Львович И.Я. Сигналы, данные и методы получения информации: монография / И.Я. Львович, А.Т. Селезнев, Н.А. Селезнева; ВИВТ АНОО, РосНОУ (ВФ) – Воронеж: «Научная книга», 2008. – 227 с.
- [2] Львович И.Я. Классификация и сравнительный анализ пассивных систем получения данных по электрическим параметрам кожного покрова / И. Я. Львович, Н.А. Селезнева // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. Т. 11. № 3. С. 836-844.
- [3] Львович И.Я. Квазипассивные инверсные методы получения данных для биомедицинских систем съема информации / И.Я. Львович, А.Т. Селезнев, Н.А. Селезнева // Моделирование систем и информационные технологии: Межвуз. сб. науч. тр. – Воронеж: «Научная книга», 2005. – С. 76-81.
- [4] Львович И.Я. Инструментальные возможности исследования параметров модели кожного покрова по годографу схемы замещения / И.Я. Львович, А.Т. Селезнев, Н.А. Селезнева // Моделирование систем и информационные технологии: Межвуз. сб. науч. тр. – Вып. 2. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2005. – С. 187-190.
- [5] Супонев С.И. Оценка электрических параметров кожи человека на основе анализа годографа импеданса / С.И. Супонев, Н.А. Селезнева // Измерения, моделирование и информационные системы для изучения окружающей среды: материалы Международной молодежной конференции. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2012. – С. 59-62.
- [6] Николаев Д.В. Биоимпедансный анализ состава тела человека / Д.В. Николаев, А.В. Смирнов, И.Г. Бобринская, С.Г. Руднев. – М.: Наука, 2009. – 392 с.
- [7] Barsoukov E. Impedance Spectroscopy. Theory, Experiment, and Applications / E. Barsoukov, J. Ross Macdonald. – John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2005. – 596 с.

.....

professor I.Y. Lvovich, D. Sc.
Paneuropean University in Bratislava
office@vivt.ru

N.A. Selezneva
Voronezh Institute of High Technologies
Selnataal@yandex.ru