МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ИЗВЕСТИЯ

Юго-Западного государственного университета

Серия
УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА. МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

№ 3 (20)
2016

Курск

2016. №3 (20)
Научный рецензируемый журнал

ИЗВЕСТИЯ

ЮГО-ЗАПАДНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение

Основан в 2011 г.

Выходит четыре раза в год

Учредитель: ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (ПИ №ФС77-44620 от 15.04.11).

Журнал «Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение» включен в перечень ведущих научных журналов ВАК Минобрнауки России 01.12.2015 по группам научных специальностей:

03.01.00 – физико-химическая биология,
05.11.00 – приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы,
05.12.00 – радиотехника и связь,
05.13.00 – информатика, вычислительная техника и управление,
05.14.00 – энергетика

Редакционная коллегия

С.Г. Емельянов (главный редактор), д-р техн. наук, профессор, ректор ЮЗГУ;
В.С. Титов (заместитель главного редактора), д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ;
О.И. Атакищев, д-р техн. наук, профессор;
Н.М. Агарков, д-р мед. наук, профессор;
И.А. Авилова, д-р биол. наук, профессор;

СОДЕРЖАНИЕ

Уважаемые коллеги! *6*

УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА 7

Атакищев О. И., Атакищева И. В., Атакищев А. О., Атакищев А. О.

Метаграмматические модели при поиске сложноструктурированных данных в больших массивах разнородной информации 7

Петрияненко Т. М., Чернышева М. И., Чернышев Д. Н.

Комбинированные методы на основе двумерных Фурье- и вейвлет-преобразований при анализе цветных изображений 13

Магеровский М. А., Кореневский Н. А., Бойцова Е. А., Червяков Л. М.

Количественная оценка уровня спортивной подготовки на основе модели Г. Раша 20

Моргунова Н. А., Моргунова Е. Ю.

Применение MS EXCEL при решении экономических задач 31

Хмелевская А. В., Коптев Д. С., Шевцов А. Н., Щитов А. Н.

Исследование потоков заявок, поступающих в приёмную комисиию ЮЗГУ 37

Потапенко А. М., Севрюков А. Е.

Варианты решения задач социально-экономического и инновационного развития региона с использованием результатов космической деятельности 49

Курочкин А. Г.

Метод планирования маршрута подвижного робота на местности 55

М.В. Бобырь, д-р техн. наук, доцент;
А.А. Бурмака, д-р техн. наук, профессор;
В.Н. Гридин, д-р техн. наук, профессор;
С.В. Дегтярев, д-р техн. наук, профессор;
В.Э. Дрейзин, д-р техн. наук, профессор;
Ж.Т. Жусубалиев, д-р техн. наук, профессор;
И.В. Зотов, д-р техн. наук, профессор;
Н.А. Кореневский, д-р техн.наук, профессор;
А.П. Локтионов, д-р техн. наук, доцент;
С.П. Серегин, д-р мед. наук, профессор;
А.С. Сизов, д-р техн. наук, профессор;
А.В. Филонович, д-р техн. наук, профессор;
С.А. Филист, д-р техн. наук, профессор;
Л.В. Шульга, д-р мед. наук, профессор

Адрес редакции:
305040, г. Курск, ул.50 лет Октября, 94.
Телефоны: (4712) 22-25-26
Факс: (4712) 50-48-00.
E-mail: rio_kursk@mail.ru

Оригинал-макет подготовлен О.В. Кофановой

Подписано в печать 15.08.16. Формат 60×84/8.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 15,5.
Тираж 1000 экз. Заказ 93. Цена свободная.
Юго-Западный государственный университет
305040, г. Курск, ул.50 лет Октября, 94.

Плата с аспирантов за публикацию не взимается.

Подписной индекс журнала «Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение» 44288 в объединенном каталоге «Пресса России»

Хмелевская А. В., Коптев Д. С., Шевцов А. Н., Щитов А. Н.

Вариант алгоритма моделирования системы массового обслуживания общего вида (G/G/N/K) с произвольным законом распределения поступающих заявок 63

Гривачев А. В.

Структурно-алгоритмический подход для сравнительной оценки подвижных роботов с использованием самоорганизующихся кластеров 71

Евсеева А. А., Калуцкий И. В., Спеваков А. Г.

Сравнительный анализ российского и китайского законодательства в области обработки и защиты персональных данных. 78

Кожушко В. В., Цыганов Д. Л., Попов А. Ю., Карнюшкин А. И., Хаустов В. В.

Стратегии оптимизации производительности СУБД MySQL, применяемой в экологических исследованиях..... 84

Добрица В. П., Евсеева А. А.

Обзор основных законодательных актов КНР в области криптографии 95

МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ..... 101

Яшина И. Н., Иванов А. В., Агарков Н. М., Chen Chi Hsiang

Скрытые особенности строения бедренной кости как следствие наличия общих принципов линейной локомоции наземных животных 101

Агарков Н. М., Дахер Зиад Рашид, Шамборский В. Н.

Модели и алгоритмы диагностики и оценки терапии остеомиелита длинных трубчатых костей..... 108

Дахер Зиад Рашид

Моделирование и диагностика изменений иммунитета для прогнозирования остеомиелита костей..... 115

Трояножко О. А., Колесин И. Д.

Оптимизация диагностики рака молочной железы на основе дискретной функции ошибок 125

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ 133

© Юго-Западный государственный университет, 2016

2016. №3(20)
Scientific reviewed journal

PROCEEDINGS

of the SOUTHWEST
STATE
UNIVERSITY
Management, computer facilities,
Computer science. Medical instrument making

Published four a year

CONTENS

RESPECTED COLLEQUES! 6

INFORMATICS, COMPUTER SCIENCES 7

Atakischev O. I., Atakischeva I. V., Atakischev A. O., Atakischev A. O.
Metagrammar models in searching complex structured data in large arrays of diverse information ..... …7

Petriyanenko T. M., Chernysheva M. I., Chernyshev D. N.
Use a combination of methods based on two-dimensional fourier and wavelet transforms in the analysis of color images..... ..13

Magerovsky M. A., Korenevsky N. A., Boytsova E. A., Chervyakov L. M.
Quantitative evaluation of the level of sports training on the basis of models G. Rasha..... 20

Morgunova N. A., Morgunova E. Yu.
MS Excel application in economic tasks..... 37

Chmielewska A. V., Koptev D. S., Shevtsov A. N., Schitov A. N.
Study of flow applications received by the selection committee SWSU..... ..37

Potapenko A. M., Sevryukov A. E.
Options for solving the problems of socio-economic development of the region and innovation with the results of space activities..... ..49

Kurochkin A. G.
The method for route planning of the mobile robot on the ground 55

Chmelewskaya A. V., Koptev D. S., Shevtsov A. N., Schitov A. N.
Option algorithms for simulation of queuing system general form (g/g/n/k) with an arbitrary distribution of incoming applications..... ..63

Grivachov A. V.
Structural and algorithmic approach for comparation purposes of the mobile robots with self-organizing clusters..... ..71

Evseeva A. A., Kalutsky I. V., Spevakov A. G.

Comparative analysis of russian and chinese legislation in the area of processing and protection of personal data 78

Kozushko V. V., Tsiganov D. L., Popov A. Yu., Karnyushkin A. I., Khaustov V. V.

Strategy optimize performance DBMS MySQL, applicable environmental studies..... 84

Dobritsa V. P., Evseeva A. A.

Consideration of the basic legislative acts of the PRC in cryptography 95

MEDICAL INSTRUMENT MAKING 101

Yashina I. N., Ivanov A. V., Agarkov N. M., Chen Chi Hsiang

Hidden features of the structure of the femur as a result of the existence of general principles of linear locomotion of terrestrial animals..... 100

Agarkov N. M., Daher Ziad Rashid, Samborski V. N.

Models and algorithms for the diagnosis and evaluation of therapy of osteomyelitis of long tubular bones 114

Daher Siad Rashid

Modeling and diagnosis of changes in immunity to predict osteomyelitis 124

Troyanozhko O. A., Kolesin I. D.

Breast cancer diagnostics optimization via discrete error function..... 131

INFORMATION FOR AUTHORS..... 133

© Southwest State University, 2016

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

В материалах, включенных в новый выпуск научного журнала, освещены актуальные проблемы современного научного знания в области теории управления, вычислительной техники, информатики и медицинского приборостроения.

В разделе «Управление, вычислительная техника, информатика» спектр исследуемых проблем широк, тематика статей разнообразна. Рассматриваются особенности применения метаграмматик для моделирования ситуаций при поиске сложноструктурированных данных в больших массивах разнородной информации; актуальная задача разработки системы интеллектуальной поддержки анализа изображений на основе гибридных технологий управления сегментацией в пространствах RGB-кодов и их спектров для поддержки принятия решений в условиях нечетко выраженных границ сегментов; вопросы оценки и выбора информативных параметров для количественного определения уровня спортивной подготовки; пошагово рассмотрена задача линейного программирования по отысканию оптимального решения на основе симплекс-метода с применением табличного процессора MS Excel; определяется работоспособность служб системы приёмной комиссии, работа которых была проанализирована и рассчитана ранее для каждой службы в отдельности.

Оценены факторы, влияющие на использование результатов космической деятельности в регионе, определены задачи социально-экономического и инновационного развития области с использованием результатов космической деятельности, решение которых способно придать экономике регионов инновационный характер, усилить рыночные механизмы, повысить качество жизни населения, расширить спектр оказываемых услуг; рассматривается метод планирования маршрута подвижного робота на местности; вариант алгоритма моделирования системы массового обслуживания общего вида (G/G/N/K) с произвольным законом распределения поступающих заявок; подход к оценке роботов как сложных комплексов, состоящих из разнородных систем. Проанализированы общие принципы законодательного регулирования вопросов информационной безопасности в России и в Китае, в частности вопросы обработки и защиты персональных данных; рассмотрены основные параметры конфигурации сервера MySQL, отвечающие за кэширование и использование ресурсов персонального компьютера; проанализированы общие принципы законодательного регулирования вопросов криптографической защиты информации.

В разделе «Медицинское приборостроение» в представленных статьях рассматриваются скрытые особенности строения бедренной кости как следствие наличия общих принципов линейной локомоции наземных животных; модели и алгоритмы диагностики и оценки терапии остеомиелита длинных трубчатых костей; моделирование и диагностика изменений иммунитета для прогнозирования остеомиелита костей; проводится оптимизация диагностики больных раком молочной железы на основе дискретной функции ошибок.

Журнал отражает достаточно широкий спектр научных результатов. Авторы статей продолжают развивать существующие и выдвигать новые подходы к решению задач в своих предметных областях.

С.Г. Емельянов, д-р техн. наук,
профессор, ректор ЮЗГУ,
главный редактор журнала

УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА

УДК 004, 519.6, 519.7

О. И. Атакищев, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: aoi007@mail.ru)

И. В. Атакищева, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: <ladyiv@mail.ru>)

А. О. Атакищев, канд. техн. наук, банк «ВТБ» (e-mail: <1987artur@mail.ru>)

А. О. Атакищев, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: 1993alexandr@gmail.com)

МЕТАГРАММАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРИ ПОИСКЕ СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДАННЫХ В БОЛЬШИХ МАССИВАХ РАЗНОРОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

В статье рассматриваются особенности применения метаграмматик для моделирования ситуаций при поиске сложноструктурированных данных в больших массивах разнородной информации.

Предлагается в зависимости от решаемой задачи представлять модель данных при решении задач поиска в виде множества формальных грамматик определенного вида и набора правил согласования метаграмматик, определяющих системные взаимосвязи между грамматиками.

Для описания синтаксических и семантических структур при моделировании ситуаций в их поиске в больших массивах разнородной информации (БМРИ) предложено использовать в составе метаграмматик набор атрибутных грамматик, описывающих продукционные правила, свойственные синтаксическим и семантическим структурам данных, используемые при их поиске.

При решении задач поиска данных также предложено учитывать в моделях существенные, с точки зрения управления данным процессом, характеристики, например такие, как вероятность и периодичность появления элементов данных в БМРИ, что также позволяет оценить эффективность методов и алгоритмов их поиска. Для учета особенностей в моделях данных на основе метаграмматик в их структуру предлагается добавить стохастическую компоненту.

В целом рассмотрение особенностей применения метаграмматик для решения задач поиска данных в БМРИ показало, что это создает формальные предпосылки для разработки высокоэффективных методов поиска на основе совмещенных процедур атрибутно- ориентированного и стохастического синтаксического анализа метаграмматик.

Ключевые слова: *поиск, метаграмматики, сложноструктурированные данные, большие массивы разнородной информации.*

***

В настоящее время при решении широкого класса прикладных задач находят применение разнообразные методы поиска (МП) сложноструктурированных данных (ССД) в больших массивах разнородной информации [1-14].

Наиболее широко применяются МП, основанные на статистических, структурно-статистических, алгебраических и структурно-алгебраических моделях ССД, отражающих их проявление в БМРИ, а также учитывающих структурные, временные и статистические атрибуты ССД для управления просмотром пространства поиска (ПП) и распознавания ССД, в большинстве случаев при существенных ограничениях ресурса системы поиска (СП).

В частности, в работах [1-3] рассмотрены особенности применения теории метаграмматик (МГ) для моделирования ССД при решении задач их распознавания в рамках структурно-алгебраического подхода. В то же время вопросы применения МГ для моделирования сложноструктурированных данных при их поиске в БМРИ в известных работах рассмотрены недостаточно полно.

С целью восполнения этого пробела в настоящей работе рассмотрены особенности применения стохастических и атрибутных МГ для моделирования ССД при решении задач поиска в БМРИ.

Общей особенностью данных моделей является применение в качестве основного формализма описания увязанной в МГ системы продукционных правил, в единой рекурсивной форме описывающих лексическую, синтаксическую и семантическую структуру типовых ССД, и их модификаций для конкретных прикладных задач.

В данной статье предлагается в зависимости от решаемой задачи представлять модель ССД при решении задач поиска в БМРИ в следующем обобщенном виде:

$$G_п = <\{\{G_{iп}\}, W_п>,$$

где $\{G_{iп}\}$ – множество формальных грамматик (ФГ) определенного вида (выбираемых в зависимости от особенностей решаемых прикладных задач), описывающих специальным образом подструктуры [9, 14] различных классов ССД, непосредственно используемых при решении задач поиска;

$W_п$ – набор правил согласования МГ, определяющих системные взаимосвязи между грамматиками множества $\{G_{iп}\}$, i=1(1)I.

Ниже рассмотрены особенности использования конкретных классов метаграмматик и правил согласования в данной общей МГ с целью моделирования присущих ситуациям поиска ССД структурных, статистических и семантических особенностей.

Для описания синтаксических и семантических структур ССД в моделировании ситуаций при их поиске в БМРИ предложено использовать в составе МГ набор атрибутных грамматик, описывающих продукционные правила, свойственные синтаксическим (в широком смысле [9]) и семантическим структурам ССД и используемые при их поиске.

В данном случае в состав МГ входят атрибутные грамматики, представимые в виде

$$G_{iA}=<G_i, A_i>,$$

где $G_i =<V_{Ni}, V_{Ti}, S_i, P_i>$ – обычная (по Хомскому) формальная грамматика; A_i – $=<X_i, \Omega_{fi}, \Omega_{pi}, R_i>$ – атрибутная компонента, где X_i – множество атрибутов;

Ω_{fi}, Ω_{pi} – множества функций и предикатов соответственно, заданных на множестве X_i со значениями в множестве R_i.

Каждому символу $\alpha_m \in V_{Ni} \cup V_{Ti}$ соответствует некоторое подмножество атрибутов из множества X_i, (т.е. подмножество $X(\alpha_m)$), называемое атрибутами символа α_m, и при этом выполняются следующие условия:

$$\bigcup_{\alpha\ell} X(\alpha_\ell) = X$$

и $X(\alpha_{l1}) \cap X(\alpha_{l2})= \varnothing$, $\alpha_{l1} \neq \alpha_{l2}$).

Все множество атрибутов в грамматике разбито на два непересекающихся подмножества x_{yi} и x_{ci} ($x_{yi} \cup x_{ci}=x_i$ и $x_{yi} \cap x_{ci}=\varnothing$), соответственно унаследованных и синтезированных атрибутов. Значения атрибутов вычисляются в соответствии со следующими правилами [2].

1. Начальное значение унаследованных атрибутов начального символа S_i задается.

2. Каждому вхождению унаследованного атрибута в правую часть подстановки ставится в соответствие правило его вычисления $\varphi_i \in (\Omega_{fi} \cup \Omega_{pi})$ как функции (предиката) от некоторых других атрибутов символов левой или правой части данной подстановки.

Применение атрибутных грамматик в схеме МГ при моделировании ССД при их поиске в БМРИ позволяет:

– специфицировать ряд экстралингвистических правил и отношений (включая временные, операционные, семантические) и создать таким образом формальную основу для решения широкого класса задач моделирования ситуаций поиска и непосредственно ССД;

– в большинстве случаев снизить сложность (по Хомскому) и существенно уменьшить число продукций в моделях

ССД за счет структурной интеграции идентичных блоков продукций и использования новых классов правил согласования грамматик, входящих в МГ;

– за счет использования атрибутной компоненты исключить возможность порождения лишних (семантически и синтаксически неправильных) цепочек;

– при создании специальных модификаций правил согласования для атрибутных грамматик [12] существенно снизить сложность методов синтаксического анализа ССД- как продукционной основы их поиска.

Схема атрибутной МГ, моделирующей ССД, в общем случае содержит правила согласования для всех элементов атрибутных грамматик, входящих в нее.

В схеме данной МГ могут использоваться и другие известные модификации грамматик [1-14] и их комбинации при соответствующем использовании правил согласования.

В частности, с учетом особенностей предметной области могут быть использованы новые классы правил согласования типа «атрибут – элемент грамматики». В частности, авторами в работе [14] предложены два новых подкласса МГ, отличающиеся интерпретацией правил типа АР (атрибут – метка продукции):

– точечные МГ;

– интервальные МГ.

Для точечных МГ правила согласования задаются в виде

$$Atki \rightarrow Pmj,$$

где Atki – точечная оценка k-го унаследованного или синтезированного атрибута i-й грамматики, входящей в МГ;

Pmi – m-й набор разрешенных меток продукций j-й грамматики, входящей в МГ.

Для интервальных МГ правила согласования задаются в виде

$$Btki \rightarrow Pmj,$$

где Btki – метка интервала, в который попала оценка k-го унаследованного или синтезированного атрибута i-й грамматики, входящей в МГ;

Pmi – m-й набор разрешенных меток продукций j-й грамматики, входящей в МГ.

Применение подобных МГ позволяет адаптивно (на основе полученных текущих оценок в процессе поиска) усекать множества используемых продукций при выборе очередного шага поисковой процедуры ССД в БМРИ.

При решении задач поиска ССД также важно учитывать в моделях существенные, с точки зрения управления данным процессом, характеристики, например, такие как вероятность и периодичность появления элементов ССД в БМРИ, что также позволяет оценить эффективность методов и алгоритмов их поиска [16].

Для учета данных особенностей в моделях ССД на основе МГ в их структуру предлагается (аналогично [3, 14]) добавить стохастическую компоненту. В этом случае на правилах согласования и продукциях задаются вероятностные меры, соответствующие условным вероятностям их применения при генерации цепочек ССД. В этом случае обобщенная схема правил согласования элементов грамматик $G_{(n)}$ представляется в виде матрицы:

$W=$

	G_{c1}	G_{c2}	…	G_{cI}
G_{c1}	-	$\{ Q_{bS} \}$	$\{ Q_{bS} \}$	$\{ Q_{bS} \}$
G_{c2}	$\{ Q_{bS} \}$	-	$\{ Q_{bS} \}$	$\{ Q_{bS} \}$
…	$\{ Q_{bS} \}$	$\{ Q_{bS} \}$	-	$\{ Q_{bS} \}$
G_{cI}	$\{ Q_{bS} \}$	$\{ Q_{bS} \}$	$\{ Q_{bS} \}$	-

Стохастическая МГ представляется в следующем виде:

$$G_s = <\{G_{si}^{(i)}\}, F>,$$

где $G_{si}^{(i)}$ – стохастическая грамматика;

F – стохастическая схема МГ.

Для каждой стохастической грамматики $G_{si}^{(i)}$ характеристическая грамматика эквивалентна грамматике $G_i^{(i)}$, входящей в МГ, рассмотренную выше.

В обобщенном виде стохастическая грамматика $G_{si}^{(i)}$ представляется как формальная система [4]:

$$G_{si}^{(i)} = <V_{Ni}^{(i)}, V_{Ti}^{(i)}, P_i^{(i)}, S_i^{(i)}>,$$

где $V_{Ni}^{(i)}$, $V_{Ti}^{(i)}$ – конечные множества нетерминальных и терминальных символов; $S_i^{(i)}$ – начальный символ;

$S_i^{(i)} \in V_{Ni}^{(i)}$, $P_i^{*(i)}$ – конечное множество стохастических регулярных правил подстановки, каждое из которых имеет следующий вид:

$$(\theta_{ik}^{(i)}) A_{ikj}^{(i)} \overset{(P_j l_m)_{ik}^{(i)}}{\rightarrow} a_{ikl}^{(i)} A_{ikm}^{(i)},$$

где P_j l_m – вероятность, связанная с применением этого правила и удовлетворяющая условию $0 \le (P_j l_m)_{ik}^{(i)} \le 1$, причем для множества правил $\{A_{ikj}^{(i)} \overset{(P_j l_m)_{ik}^{(i)}}{\rightarrow} a_{ikl}^{(i)} A_{ikm}^{(i)}\}$, у которых в левой части используется нетерминал $A_{ikj}^{(i)}$:

$$\sum_{\{in\}} \sum_{\{l\}} (P_{jlm})_{ik}^{(i)} = 1.$$

Стохастические правила согласования $\{ Q_{bS} \}$ имеют вид

$$a_{ikj}^{(i)} \underset{TS(1)}{\overset{(P_{ik}^{(k)} l_{in}^{(l)})}{\longrightarrow}} S_{in}^{(i)}.$$

Для однозначных отображений $P_{ik}^{(i,n)} l_{in} = 1$, для неоднозначных –

$$\sum_{\{in\}} \sum_{\{\theta in^{(n)}\}} P_{ik}^{(i,n)} \theta_{in} = 1.$$

В грамматиках, входящих в ГС G_s, используются только однозначные $\{Q_{bS}\}$ правила согласования. Остальные правила аналогичны $\{Q_{bS}\}$ правилам согласования.

Таким образом, за счет использования дополнительных атрибутных и стохастических правил возможно создание принципиально нового класса структурно-статистических продукционных моделей ССД для их поиска в БМРИ, в отличие от известных [4, 5], учитывающих дополнительные атрибутные и статистические зависимости в реальных сложных структурах данных, важные с точки зрения их поиска.

При этом:

– сохраняются все рекурсивные свойства обычных грамматических моделей ССД, используемых при их распознавании;

– за счет использования стохастических грамматик и правил согласования возможно существенное повышение эффективности алгоритмов синтаксического анализа, используемых в качестве базовых процедур при выборочном и полномасштабном поиске ССД в БМРИ [14];

– за счет использования дополнительных правил согласования возможно задание более сложных стохастических зависимостей между различными состояниями при моделировании ситуаций поиска ССД, в том числе и в рамках многоагентных технологий;

– достаточно просто вычислять вероятности появления различных цепочек ССД с использованием стандартных процедур [9] и с учетом особенностей предложенных систем грамматик.

В целом рассмотрение особенностей применения МГ для решения задач поиска ССД в БМРИ показало, что это создает формальные предпосылки для разработки высокоэффективных методов поиска на основе совмещенных процедур атрибутно-ориентированного и стохастического синтаксического анализа МГ.

Список литературы

1. Метаграмматические методы поиска в больших массивах картографической информации / О.И. Атакищев, А. И. Костогрызов, В. А. Заичко, А. О. Атакищев, А. Г. Емельянов // От снимка к карте: цифровые фотограмметрические технологии: материалы 14-й Международной научно-технической конференции. – Хайнань (Китай). – 2014. – 18–24 октября. – С. 3–4.

2. Костогрызов А. И., Атакищев О. И., Атакищев А. О. Локально-частотный метод декодирования префиксных кодированных данных на основе метаграмматик // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2015. – № 3(60). – С. 30–36.

3. Костогрызов А. И., Атакищев О. И., Атакищев А.О. Метаграмматический метод поиска в больших массивах разнородных данных // Современные тенденции в образовании и науке. – Тамбов, 2014. – Ч. 1. – С. 69–70.

4. Емельянов С. Г., Атакищев О. И., Атакищева И. В. Особенности применения структурно-лингвистического подхода на основе метаграмматик при выборе стратегии управления сложноструктурированными объектами и системами // Перспективные системы и задачи управления: сборник материалов 2-й Всероссийской научно-практической конференции. – Домбай, 2007. – С. 27–29.

5. The use of structural linguistic methods for processing of vector geo-information data in the SXF format / O. I. Atakishchev [et al.] // Telecommunications and radio engineering. Begell House Inc, USA. – 2004. Vol. 62. – P. 9–21.

6. Algorithm of synchronous digital hierarchy signal recognition / O. I. Atakishchev [et al.] // Telecommunications and radio engineering. Begell House Inc, USA. – 2004. – Vol. 62. – P. 309–313.

7. Atakishchev O. I. Metagrammars and Particularities in their application to formal description of signals and protocols // Telecommunications and radio engineering. Begell House Inc, USA. – 2004. – Vol. 62. – P. 497–509.

8. Application of grammars with β-controlled precursor for solving the problems of structural and linguistic signal recognition in synchronous digital hierarchy / O. I. Atakishchev [et al.] // Telecommunications and radio engineering. Begell House Inc, USA. – 2004. – Vol. 62. – P. 509–515.

9. Моделирование процессов создания и управления распределенными коллективными геоинформационными системами / О. И. Атакищев, С. Г. Емельянов, В. Н. Николаев, М. В. Шиленков. – Старый Оскол: ТНТ, 2009.

10. Атакищев О. И. Метаграмматики и особенности их применения для формального описания сигналов и протоколов документальных служб связи и передачи данных. – Ч. 1, 2 // Телекоммуникации. – 2001. – № 10, 12.

11. Формальные грамматики, метаграмматики, грамматические сети и их применение при решении задач поддержки принятия решений / С. С. Аджемов, С. Г. Емельянов, О. И. Атакищев, С. А. Макаренков. – М.: МТУСИ, 2010.

12. Эталонная модель двойственно-атрибутной транслирующей метаграмматики и структурно-лингвистический способ обработки сложноорганизованных данных / И. В. Атакищева, С. Г. Емельянов, С. В. Жижина [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Серия: Технологическая систематика. – 2006. – Вып. 14. – С. 24–28.

13. Костогрызов А. И., Атакищев О. И., Атакищев А. О. Метаграмматический метод поиска в больших массивах разнородной информации // Современные тенденции в образовании и науке. – Тамбов, 2014. – Ч. 1. – С. 69–73.

14. Атакищев А.О. Метаграмматическая модель декодируемых префиксных кодированных данных // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2015. – № 2(15). – С. 12–16.

Получено 27.05.16

O. I. Atakischev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: aoi007@mail.ru)

I. V. Atakischeva, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: <ladyiv@mail.ru>)

A. O. Atakischev, Candidate of Engineering Sciences, "VTB" Bank (Kursk) (e-mail: <1987artur@mail.ru>)

A. O. Atakischev, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: 1993alexandr@gmail.com)

METAGRAMMAR MODELS IN SEARCHING COMPLEX STRUCTURED DATA IN LARGE ARRAYS OF DIVERSE INFORMATION

In the article, the main features of metagrammar application for modeling situations when searching complex structured data in large arrays of diverse information are considered.

Depending on the problem being solved, it is important to represent a data model while solving the task of searching in the form of certain type formal grammars and a set of coordinated metagrammar rules to determine systemic relationship between grammars.

To describe the syntactic and semantic structures for modeling situations with large arrays of diverse information (BMRI) we propose to use a set of attribute grammars as a part of a metagrammar, describing the production rules peculiar syntactic and semantic data structures used in their search.

To solve the problems of searching data, we suggest taking into consideration very important models characteristics. These characteristics are used to control the process, such as the probability and frequency of data elements occurrence in BMRI. These characteristics also allow evaluating the effectiveness of offered methods and algorithms used while searching them.

It is proposed to add the stochastic component in data models based on metagrammars in their structure. In general, consideration of specific features of metagrammars application for solving search problems BMRI data showed that they create formal preconditions for the development of highly effective methods of search based on combined procedures atribute- based and stochastic parsing metagrammars.

Key words: *search, metagrammar, complex structured data, large amounts of heterogeneous information.*

References

1. Metagrammaticheskie metody poiska v bol'shih massivah kartograficheskoj informacii / O.I. Atakishchev, A. I Kostogryzov, V. A. Zaichko, A. O. Atakishchev, A. G. Emel'yanov // Ot snimka k karte: cifrovye fotogrammetricheskie tekhnologii: materialy 14-j Mezhduna-rodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii. – Hajnan', Kitaj. – 2014. – 18–24 oktyabrya. – S. 3–4.

2. Kostogryzov A. I., Atakishchev O. I., Atakishchev A. O. Lokal'no-chastotnyj metod dekodirovaniya prefiksnyh kodirovannyh dannyh na osnove metagrammatik // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2015. – № 3(60). – S. 30–36.

3. Kostogryzov A. I., Atakishchev O. I., Atakishchev A.O. Metagrammaticheskij metod poiska v bol'shih massivah raznorodnyh dannyh // Sovremennye tendencii v obrazovanii i nauke. – Tambov, 2014. – Ch. 1. – S. 69–70.

4. Emel'yanov S. G., Atakishchev O. I., Atakishcheva I. V. Osobennosti primeneniya strukturno-lingvisticheskogo podhoda na osnove metagrammatik pri vybore strategii upravleniya slozhnostrukturirovannymi ob"ektami i sistemami // Perspektivnye sistemy i zadachi upravleniya: sbornik materialov 2-j Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Dombaj, 2007. – S. 27–29.

5. The use of structural linguistic methods for processing of vector geoinformation data in the SXF format / O. I. Atakishchev [et al.] // Telecommunications and radio engineering. Begell House Inc, USA. – 2004. – Vol. 62. – P. 9–21.

6. Algorithm of synchronous digital hierarchy signal recognition / O. I. Atakishchev [et al.] // Telecommunications and radio engineering. Begell House Inc, USA. – 2004. – Vol. 62. – P. 309–313.

7. O. I. Atakishchev. Metagrammars and Particularities in their application to formal description of signals and protocols // Telecommunications and radio engineering.

Begell House Inc, USA. – 2004. – Vol. 62. – P. 497–509.

8. Application of grammars with β-controlled precursor for solving the problems of structural and linguistic signal recognition in synchronous digital hierarchy / O. I. Atakishchev [et al.] // Telecommunications and radio engineering. Begell House Inc, USA. – 2004. – Vol. 62. – P. 509–515.

9. Modelirovanie processov sozdaniya i upravleniya raspredelennymi kollektivnymi geoinformacionnymi sistemami / O. I. Atakishchev, S. G. Emel'yanov, V. N. Nikolaev, M. V. Shilenkov. – Staryj Oskol: TNT, 2009.

10. Atakishchev O. I. Metagrammatiki i osobennosti ih primeneniya dlya formal'nogo opisaniya signalov i protokolov dokumental'nyh sluzhb svyazi i peredachi dannyh. – Ch. 1, 2 // Telekommunikacii. – 2001. – № 10, 12.

11. Formal'nye grammatiki, metagrammatiki, grammaticheskie seti i ih primenenie pri reshenii zadach podderzhki prinyatiya reshenij / S. S. Adzhemov, S. G. Emel'yanov, O. I. Atakishchev, S. A. Makarenkov. – M.: MTUSI, 2010.

12. Ehtalonnaya model' dvojstvenno-atributnoj transliruyushchej metagrammatiki i strukturno-lingvisticheskij sposob obrabotki slozhnoorganizovannyh dannyh / I. V. Atakishcheva, S. G. Emel'yanov, S. V. ZHizhina [i dr.] // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnologicheskaya sistematika. – 2006. – Vyp. 14. – S. 24–28.

13. Kostogryzov A. I., Atakishchev O. I., Atakishchev A. O. Metagrammaticheskij metod poiska v bol'shih massivah raznorodnoj informacii // Sovremennye tendencii v obrazovanii i nauke. – Tambov, 2014. – Ch. 1. – S. 69–73.

14. Atakishchev A. O. Metagrammaticheskaya model' dekodiruemyh prefiksnyh kodirovannyh dannyh // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, Vychislitel'naya Tekhnika, Informatika. Medicinskoe Priborostroenie. – 2015. – № 2(15). – S. 12–16.

УДК 004.04

Т. М. Петрияненко, младший научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: tkkaf@inbox.ru)

М. И. Чернышева, магистрант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск)

Д. Н. Чернышев, магистрант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск)

КОМБИНИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ НА ОСНОВЕ ДВУМЕРНЫХ ФУРЬЕ- И ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ЦВЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В данной работе рассмотрена актуальная задача разработки системы интеллектуальной поддержки анализа изображений на основе гибридных технологий управления сегментацией в пространствах RGB-кодов и их спектров для поддержки принятия решений в условиях нечетко выраженных границ сегментов.

В работе предложена математическая модель, описывающая изображение, полученное с помощью компьютерных средств обработки, введено понятие относительной спектральной чувствительности RGB-каналов и их корректирующие коэффициенты при калибровке получаемого изображения.

При решении задач идентификации объекта в кадре изображения на основе двумерного анализа Фурье возникает ряд проблем, связанных с адекватностью выбора признакового пространства в пространстве двумерных частот. Эти проблемы обусловлены нестационарностью спектральных характеристик объекта в зависимости от его геометрических размеров, дислокации, освещенности и т. д.

Для решения поставленных задач необходима классификация большого числа цифровых изображений на основе информации о цвете и форме изображения. Предложенный в работе алгоритм классификации основан на совместном применении момента цвета первого порядка, вейвлет-преобразования Хаара и многослойной нейронной сети.

В работе предложено повысить эффективность распознавания полученного изображения посредством структурно-функциональной организации (СФО) аппаратно-программной системы на основе нечетких нейросетевых моделей, использующих частотно-пространственные признаки, полученные в результате Фурье- и вейвлет-преобразований с учетом априорных знаний и текущего обучения.

Представленная структурно-функциональная организация аппаратно-программной системы на основе нечетких нейросетевых моделей позволяет повысить эффективность выделения и классификации пространственно-протяженных и локализованных признаков при обработке цветных изображений.

***Ключевые слова**: распознавание изображений, Фурье- и вейвлет-преобразования, компьютерная обработка, автоматизированная система, сеть информативных признаков, нечеткая нейросетевая модель.*

***

В настоящее время интенсивно развиваются интеллектуальные системы, предназначенные для описания формы анализируемых изображений или выделения из них метрической или семантической информации [1; 2]. Цифровая обработка изображений связана с процессами, имеющими изображения на входе и на выходе, а также с процессами извлечения определенных признаков изображений вплоть до распознавания отдельных объектов [3; 4]. Эту задачу можно отнести к области анализа изображений или машинного зрения в зависимости от уровня сложности информации, ожидаемой от исследуемого объекта. Для решения рассматриваемой задачи представляется целесообразным создание автоматизированных систем, использующих значения характерных частотно-пространственных признаков. При решении этих задач одним из перспективных направлений является использование комбинированных методов на основе двумерных Фурье- и вейвлет-преобразований [5].

В связи с чем разработка систем интеллектуальной поддержки анализа изображений на основе гибридных технологий управления сегментацией в пространствах RGB-кодов и их спектров для поддержки принятия решений в условиях нечетко выраженных границ сегментов является актуальной задачей.

В настоящее время проводятся многочисленные исследования по применению компьютерных средств обработки изображений.

Математическая модель, описывающая полученное изображение, может выглядеть следующим образом.

Пусть $I_{осв}(x_1, y_1, \lambda)$ – освещение, поступающее от источника света и формирующее исходное изображение;

$k_{гд}(x_1, y_1, \lambda)$ – источник получаемого изображения;

$I_{мф}(x_2, y_2, \lambda)$ – изображение, поступающее на матрицу фоторегистратора.

Рассмотрим следующую мультипликативную модель сопоставления изображений:

$$I_{мф}(x_2, y_2, \lambda) = I_{осв}(x_1, y_1, \lambda) \cdot k_{гд}(x_1, y_1, \lambda). \quad (1)$$

В случае исследования цветного изображения необходимо ввести понятие относительной спектральной чувствительности RGB-каналов – $S_R(\lambda)$, $S_G(\lambda)$, $S_B(\lambda)$.

При получении изображения необходимо учесть:

1) неравномерность формирования освещения на площади исходного источника изображения;

2) неравномерность спектральной плотности, обусловленной спектральным составом источника освещения;

3) неравномерность интенсивности передачи изображения, поступающего на матрицу фоторегистратора;

4) неравномерность и особенность спектральной чувствительности матрицы фоторегистратора (различия в технологии изготовления и фоточувствительности матрицы мы будем учитывать в процессе калибровки полученного изображения).

При калибровке получаемого изображения за эталонный принимается значение функций RGB-каналов K(x, y, λ) = 1 (белая поверхность глазного дна). Соответственно, при идеальной цветопередаче получаемые на матрице фоторегистратора изображения в RGB-каналах будут равными, т.е. $i_R=i_G=i_B$.

Поскольку в реальном процессе получения цветного изображения это недостижимо, то необходимо ввести корректирующие коэффициенты:

$$q_R(x,y)=\frac{i_R(x,y)}{i_R(x,y)+i_G(x,y)+i_B(x,y)}, \quad (2)$$

$$q_G(x,y)=\frac{i_G(x,y)}{i_R(x,y)+i_G(x,y)+i_B(x,y)}, \quad (3)$$

$$q_B(x,y)=\frac{i_B(x,y)}{i_R(x,y)+i_G(x,y)+i_B(x,y)}. \quad (4)$$

Поэтому при работе с реальным изображением процедура корректировки описывается следующими выражениями:

$$i_R^{кор}(x,y)=\frac{1}{q_R(x,y)}\cdot i_R(x,y), \quad (5)$$

$$i_G^{кор}(x,y)=\frac{1}{q_G(x,y)}\cdot i_G(x,y), \quad (6)$$

$$i_B^{кор}(x,y)=\frac{1}{q_B(x,y)}\cdot i_B(x,y). \quad (7)$$

Таким образом, полученное цветное изображение глазного дна может быть описано следующим образом:

$$i_R(x_2,y_2)=\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} S_R(\lambda)\cdot I_{мф}(x_2,y_2,\lambda)\,d\lambda, \quad (8)$$

$$i_G(x_2,y_2)=\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} S_G(\lambda)\cdot I_{мф}(x_2,y_2,\lambda)\,d\lambda, \quad (9)$$

$$i_B(x_2,y_2)=\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} S_B(\lambda)\cdot I_{мф}(x_2,y_2,\lambda)\,d\lambda. \quad (10)$$

Тогда с учетом (11) и в предположении, что координаты точек изображения $x_1=x_2$, $y_1=y_2$, имеем окончательный вариант для отображения RGB-каналов полученного изображения в общем виде:

$$i_R(x,y)=\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} S_R(\lambda)\cdot I_{осв}(x,y,\lambda)\cdot k(x,y,\lambda)\,d\lambda, \quad (11)$$

$$i_G(x,y)=\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} S_G(\lambda)\cdot I_{осв}(x,y,\lambda)\cdot k(x,y,\lambda)\,d\lambda, \quad (12)$$

$$i_B(x,y)=\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} S_B(\lambda)\cdot I_{осв}(x,y,\lambda)\cdot k(x,y,\lambda)\,d\lambda. \quad (13)$$

В практике обработки изображений широко используется двумерный анализ Фурье. Однако при решении задач идентификации объекта в кадре изображения на основе этого метода возникает ряд проблем, связанных с адекватностью выбора признакового пространства в пространстве двумерных частот. Эти проблемы обусловлены нестационарностью спектральных характеристик объекта в зависимости от его геометрических размеров, дислокации, освещенности и т. д. Возникающие проблемы могут быть решены посредством использования нейросетевых технологий [6-9].

Рисунок 1 иллюстрирует четырехслойную нейронную сеть прямого распространения. На входы нейронной сети подаются сигналы *X1*, ..., *Xn* с помехами. На выходе формируется отклик *Y1*, ..., *Yn* без помех.

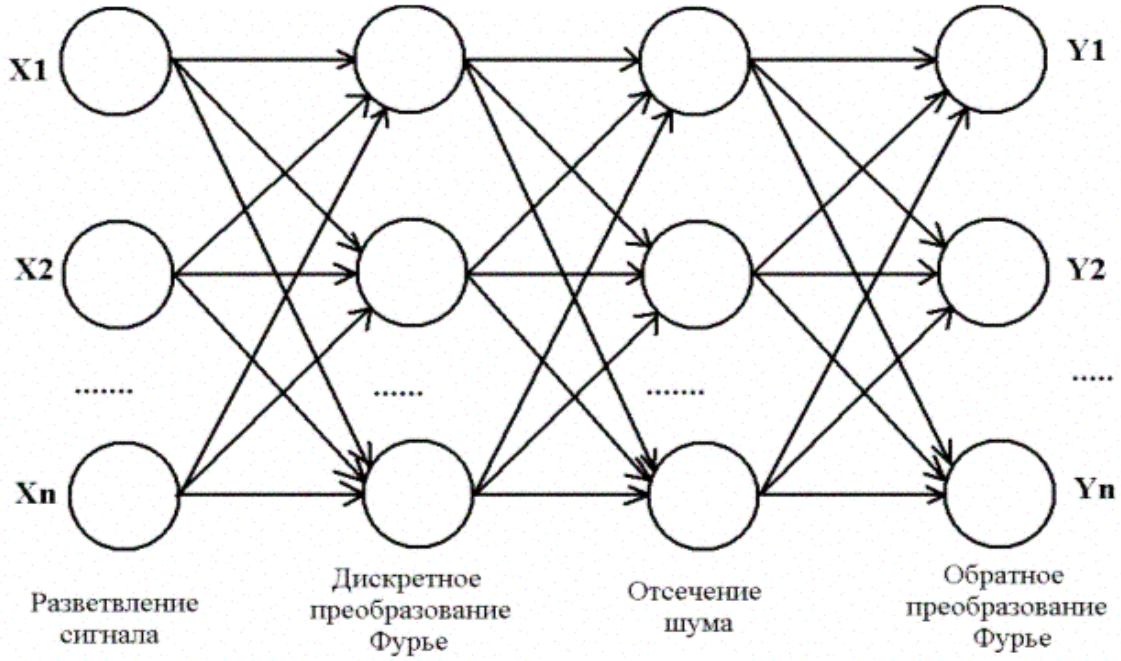


Рис. 1. Четырёхслойная нейронная сеть прямого распространения

Преобразование Фурье (ПФ), дающее возможность оценивать энергию спектра частотных составляющих изображения, имеет ряд недостатков [10]. Решить проблемы, возникающие при использовании ПФ, можно путем применения Wavelet (вейвлет)-преобразования для анализа нестационарных данных.

В нашей работе мы использовали вейвлет-преобразование Хаара по 6 уровням разложения. Полученные вейвлет-коэффициенты подаются на входы нейронной сети. Для этого необходима классификация большого числа цифровых изображений на основе информации о цвете и форме изображения. Предложенный алгоритм классификации основан на совместном применении момента цвета первого порядка, вейвлет-преобразования Хаара и многослойной нейронной сети.

С учетом достоинств и недостатков Фурье- и вейвлет-преобразований нами была использована структурно-функциональная организация (СФО) аппаратно-программной системы на основе нечетких нейросетевых моделей, использующих частотно-пространственные признаки, полученные в результате Фурье- и вейвлет-преобразований с учетом априорных знаний и текущего обучения, представленная на рис. 2.

Первым элементом СФО является блок коррекции исходного изображения, где происходит предварительная обработка полученного изображения. Сначала размер исходного изображения уменьшается до 256×256 пикселей. После этого полученное изображение делится на 3 RGB-компонента.

Подготовленные изображения поступают на два канала выделения информативных признаков.

1. В результате Фурье-преобразований формируется канал данных, представляющий собой вектор информативных признаков RGB-кодов пикселей. Этот канал позволяет эффективно выделять пространственно-распределенные признаки, которые относятся к пространственно-протяженным областям изображения и имеют слабо изменяющийся или периодический характер.

2. В результате вейвлет-преобразований вычисляется канал данных, определяющий момент цвета первого по-

рядка каждой из частей базовых RGB-компонентов и получаются входы для нейронной сети, которые содержат информацию о цвете, форме и текстуре изображения. Полученный канал данных позволяет эффективно выделять пространственно-локализованные признаки, которые имеют малую пространственную протяженность и сложную пространственную структуру.

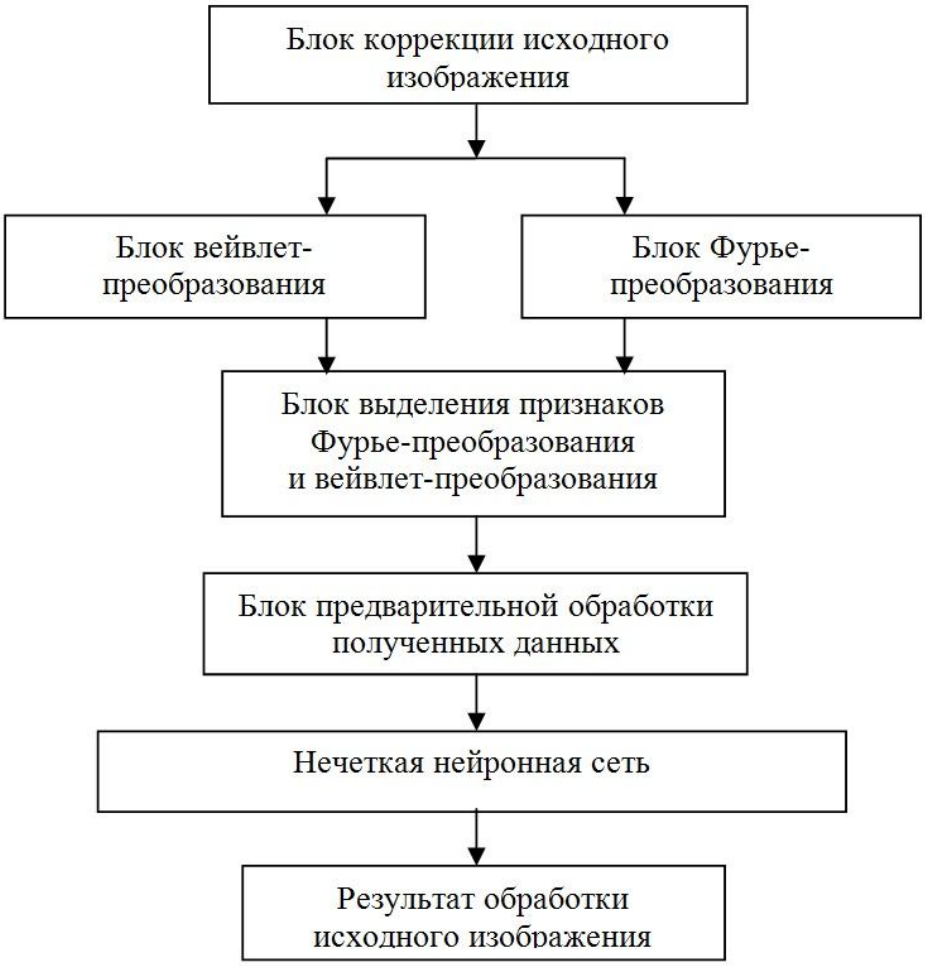


Рис. 2. Алгоритм обработки цветного изображения с помощью комбинированных методов

Данный концептуальный подход представляется перспективным для решения задачи повышения эффективности выделения и классификации пространственно-протяженных и локализованных признаков при обработке цветных изображений.

Список литературы

1. Спектральные технологии морфологического описания сегментов в задачах классификации сложноструктурируемых изображений / Р. А. Томакова, В. В. Серебровский, Л. В. Шульга, А. А. Насер // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 1(40). – Ч. 1. – С. 22–28.

2. Соколенко Н. К. Построение маски для обобщенных всплесков Добеши с комплексными коэффициентами // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение». – 2012. – № 2. – Ч. 3. – С. 180–183.

3. Мухин И. Е., Коротков А. В., Мухин А. И. Модифицированный алгоритм анализа сигналов малозаметных радиолокационных станций на основе оконного преобразования Фурье // Известия

Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2013. – № 1. – С. 223–228.

4. Способ выделения контура изображения легких на рентгеновском снимке грудной клетки / М. В. Дюдин, В. В. Жилин, К. Д. А. Кассим, П. С. Кудрявцев // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2014. – № 4. – С. 107–114.

5. Anuj B., Rashid A. Image compression using modified fast Haar wavelet transform // World Applied Sciences Journal. – 2009. – Vol. 7, № 5. – P. 647–653.

6. Пихлап С. В., Ключиков И. А., Томакова Р. А. Способ настройки нейронной сети в гибридной системе идентификации объектов на изображении // Медико-экологические информационные технологии–2009: XII Международная научно-техническая конференция / Курск. гос. техн. ун-т. – Курск, 2009. – С. 84–87.

7. Моделирование нейросети для подавления шумов на изображении / М. И. Булаев, В. С. Панищев, В. П. Решетникова, М. И. Труфанов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2015. – № 6 (63). – С. 58–62.

8. Зарубина Н. К., Овчинкин О. В., Пыхтин А. И. Разведочный анализ результатов приема в вуз с применением нейронной сети Кохонена для планирования контингента студентов // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2016. – Т. 14, № 6. – С. 65–69.

9. Exploratory Data Analysis of Foster Campaign's Results Using Kohonen's Neural Network When Planning the Number of Students / A. I. Pykhtin, O. V. Ovchinkin, N. K. Zarubina, D. S. Volkova // International Journal of Applied Engineering Research. – 2016. – Vol. 11, № 18. – P. 9651–9653.

10. Тхи Тху Чанг Буй, Спицын В. Г. Разложение цифровых изображений с помощью двумерного дискретного вейвлет-преобразования и быстрого преобразования Хаара // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 318, № 5.

Получено 09.06.16

T. M. Petriyanenko, Junior research worker, Southwest State University (Kursk) (e-mail: ttkaf@inbox.ru)

M. I. Chernysheva, Undergraduate, Southwest State University (Kursk)

D. N. Chernyshev, Undergraduate, Southwest State University (Kursk)

USE A COMBINATION OF METHODS BASED ON TWO-DIMENSIONAL FOURIER AND WAVELET TRANSFORMS IN THE ANALYSIS OF COLOR IMAGES

In this paper we describe the actual task of developing a system of intellectual support of image analysis based on hybrid control technologies segmentation in spaces of RGB-codes and their spectra to support decision-making in conditions of fuzzy boundaries of segments.

The article presents a mathematical model describing the image obtained by computer processing means, the definition of relative spectral sensitivity in RGB-channels and their correction factors in the calibration of the received image is given, as when solving problems related to the adequacy of the choice of the feature space in two-dimensional space of frequencies. These problems are caused by the nonstationarity of the spectral characteristics of the object in the frame image based on two-dimensional Fourier analysis, a number of problems related to the adequacy of the choice of the feature space in two-dimensional space of frequencies. These problems are caused by the nonstationarity of the spectral characteristics of the object, depending on its geometric dimensions, location, illumination, etc.

To solve these tasks the classification of large numbers of digital images based on color information and shape images is required. The proposed classification algorithm is based on the joint application of the color point of the first order, the wavelet Haar transform and a multilayer neural network.

It is considered in the work to improve the efficiency of image recognition obtained through structural and functional organization hardware-software system based on fuzzy neural network models using the frequency-spatial characteristics, the resulting Fourier and wavelet transforms taking into account a priori knowledge and ongoing training. The structural-functional organization of hardware and software system based on fuzzy neural network models improves the efficiency of allocation and classification of spatially extended and localized characteristics in the processing of color images.

***Key words**: image recognition, Fourier and wavelet transform, computer processing, the automated system, a network of informative features, fuzzy neural network model.*

References

1. Spektral'nye tekhnologii morfologicheskogo opisaniya segmentov v zadachah klassifikacii slozhnostrukturiruemyh izobrazhenij / R. A. Tomakova, V. V. Serebrovskij, L. V. SHul'ga, A. A. Naser // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2012. – № 1(40). – Ch. 1. – S. 22–28.

2. Sokolenko N. K. Postroenie maski dlya obobshchennyh vspleskov Dobeshi s kompleksnymi koehfficientami // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie». – 2012. – № 2. – Ch. 3. – S. 180–183.

3. Muhin I. E., Korotkov A. V., Muhin A. I. Modificirovannyj algoritm analiza signalov malozametnyh radiolokacionnyh stancij na osnove okonnogo preobrazovaniya Fur'e // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2013. – № 1. – S. 223–228.

4. Sposob vydeleniya kontura izobrazheniya legkih na rentgenovskom snimke grudnoj kletki / M. V. Dyudin, V. V. Znilin, K. D. A. Kassim, P. S. Kudryavcev // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2014. – № 4. – S. 107–114.

5. Anuj B., Rashid A. Image compression using modified fast Haar wavelet transform // World Applied Sciences Journal. – 2009. – Vol. 7, № 5. – P. 647–653.

6. Pihlap S. V., Klyuchikov I. A., Tomakova R. A. Sposob nastrojki nejronnoj seti v gibridnoj sisteme identifikacii ob"ektov na izobrazhenii // Mediko-ehkologicheskie informacionnye tekhnologii–2009: XII Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferenciya / Kursk. gos. tekhn. un-t. – Kursk, 2009. – S. 84–87.

7. Modelirovanie nejroseti dlya podavleniya shumov na izobrazhenii / M. I. Bulaev, V. S. Panishchev, V. P. Reshetnikova, M. I. Trufanov // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2015. – № 6 (63). – S. 58–62.

8. Zarubina N. K., Ovchinkin O. V., Pyhtin A. I. Razvedochnyj analiz rezul'tatov priema v vuz s primeneniem nejronnoj seti Kohonena dlya planirovaniya kontingenta studentov // Informacionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy. – 2016. – T. 14, № 6. – S. 65–69.

9. Exploratory Data Analysis of Foster Campaign's Results Us-ing Kohonen's Neural Network When Planning the Number of Students / A.I. Pykhtin, O.V. Ovchinkin, N.K. Zarubina, D.S. Volkova // International Journal of Applied Engineering Research. – 2016. – Vol. 11, № 18. – P. 9651–9653.

10. Thi Thu Chang Buj, Spicyn V. G. Razlozhenie cifrovyh izobrazhenij s pomoshch'yu dvumernogo diskretnogo vejvlet-preobrazovaniya i bystrogo preobrazovaniya Haara // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. – 2011. – T. 318, № 5.

УДК 615.47

М. А. Магеровский, тренер, Центральный спортивный клуб армии (Москва)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

Н. А. Кореневский, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail:kstu-bmi@yandex.ru)

Е. А. Бойцова, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail:kaf.vm@mail.ru)

Л. М. Червяков, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск)

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ Г. РАША

В работе рассматриваются вопросы оценки и выбора информативных параметров для количественного определения уровня спортивной подготовки. В основу методики исследования положена теория латентно-структурного анализа Item Response Theory (IRT). Одним из преимуществ этой теории является тот факт, что она позволяет оптимизировать набор информативных признаков и из всего множества информативных признаков выбрать те, которые соответствуют измеряемой латентной переменной – «уровень спортивной подготовки», и набор используемых индикаторных переменных является эффективным для целей измерения обобщенной латентной переменной.

В качестве программного продукта использовалась диалоговая система латентных переменных RUMM 2020 (Rasch Unidimensional Measurement Models), разработанная под руководством Дэвида Эндрича – профессора Мердокского университета (Австралия).

Диалоговая система RUMM 2020 не только рассчитывает значения ChiSq Prob, по которым делается вывод о соответствии данного индикатора модели Г. Раша (набору выбранных индикаторов – информативных признаков), но и позволяет визуально исследовать соответствие каждого индикатора модели Г. Раша с помощью характеристических кривых.

Ключевые слова: *уровень спортивной подготовки, модель Г. Раша, индикаторные переменные, латентные переменные.*

***

Введение

Анализ отечественной и зарубежной литературы по спортивной педагогике позволяет определить наиболее часто используемые группы исходных данных (пространств информативных признаков) при оценке уровня спортивной подготовки для различных видов спорта [9, 10]. Анализ структуры данных и их связей с выходными показателями, характеризующими уровень спортивной подготовки, показал, что эта связь носит латентный, скрытый характер, который не поддается точному аналитическому описанию в рамках традиционной математики. Поэтому с учетом рекомендаций [2, 4, 8, 13, 15] в качестве основного математического аппарата была выбрана теория измерения латентных переменных с моделью Г. Раша.

Модели и методы исследования

Основным механизмом теории *IRT* является механизм установления связи между двумя множествами значений латентных переменных. Первое множество – значения латентного переменного, характеризующего уровень качества объектов θ_i, где i – номер объекта (i=1,2,…,n). Второе множество – значения латентного переменного, определяющего значимость j-го индикатора β_j (j=1,2,…,m) [8].

В терминах решаемой задачи в качестве индикаторных переменных выступают измеряемые и вычисляемые значения показателей, используемых для оценки уровня спортивной подготовки (УСП). В качестве латентной переменной выступает исследуемая величина УСП.

В основе использования модели Г. Раша для исследования и оценки ла-

тентных переменных лежит логистическая функция вида

$$P_{ij} = \frac{e^{\theta_i - \beta_j}}{1 + e^{\theta_i - \beta_j}}. \qquad (1)$$

С точки зрения решаемых в работе задач в формуле (1) P_{ij} определяется как вероятность правильной классификации и (или) оценка уровня ФС у человека с номером i при использовании индикаторных переменных с номером j; θ_i – эффективность оценки исследуемого состояния у обследуемого с номером i; β_j – эффективность индикаторной переменной при решении искомой задачи.

Все латентные переменные измеряются в логитах, которые формируются при переходе от количественных шкал (традиционно принятые в медицине шкалы измерений информативных признаков) X_i к безразмерным интервальным шкалам K_i.

Для перевода количественных шкал X_i (i=1, 2, 3, …, n) в интервальные шкалы K_i (i=1, 2, 3, …, n) используется формула следующего вида:

$$K_i = \begin{cases} \text{int}\left(\dfrac{x_i - x_{i,\min}}{R_i}\right) & \text{при } x_i < x_{i,\min}, \\ n-1 & \text{при } x_i - x_{i,\min}, \end{cases} \qquad (2)$$

где x_i – текущее натуральное значение i-го индикатора;

$x_{i,\min}$ – наименьшее значение i-го индикатора;

$x_{i,\max}$ – наибольшее значение i-го индикатора;

R_i – длина интервала качественной шкалы;

n – основание качественной шкалы (n=2,3,…), выбираемое в соответствии с рекомендациями [8];

int(M) – целая часть числа M.

Для исследования роли индикаторных переменных в формировании латентной переменной разработан пакет прикладных программ RUMM 2020 (*Rasch Unidimensional Measurement Models*). Используя значения индикаторных переменных, переведенных в логиты, пакет RUMM 2020 строит теоретические кривые модели Г. Раша (характеристические кривые), по которым судят о соответствии индикаторных переменных этой модели и в ходе итерационных процедур формируют пространство информативных признаков.

Относительно теоретической кривой по обучающей выборке формируются три примерно равные группы − с низким, средним и высоким уровнем УСП, для которых определяются координаты их средних значений. Считается, что если индикатор (информативный признак) хорошо соответствует общему набору индикаторов, то точки, соответствующие «слабым», «средним» и «сильным» уровням, близко располагаются относительно характеристической кривой.

Мера близости координат средних значений к теоретической кривой Г. Раша определяется по критерию Хи-квадрат.

В ходе реализации пакета RUMM 2020 рассчитываются:

– степень соответствия индикаторных переменных модели измерения (латентной переменной «утомление» – *ChiSq Prob* ($\chi^2_{\text{критич.}}\,\text{Pr}\,ob$);

– местоположение индикаторной переменной, измеряемой в логитах – *Location*;

– погрешность измерения местоположения индикаторной переменной, измеряемой в логитах – *SE;*

– величина, характеризующая суммарное отклонение значений данного индикатора от ожидаемых значений на основе модели – *FitResid.*

Считается, что индикаторная переменная, для которой $\chi^2_{\text{критич.}}\,\text{Pr}\,ob \geq 0,05$ (при доверительной вероятности 0,95) удовлетворяет модели Г. Раша и может быть использована для описания исследуемого показателя (УСП).

Вторым условием формирования группы информативных признаков явля-

ется то, что средняя значимость информативных признаков (индикаторов) не должна отличаться от среднего уровня интегрального показателя более чем на 0,5 логит [15]. Если это условие выполняется, то можно сделать вывод о том, что система информативных признаков (индикаторов) соответствует измеряемой латентной переменной и набор используемых информативных признаков (индикаторов) является эффективным для целей измерения обобщенной латентной переменной [4, 8].

Последнее условие легко проверяется по гистограмме распределения объектов наблюдения по шкале латентной переменной L.

В пакете RUMM 2020 предусмотрена возможность определения функциональной связи между латентной переменной L, определяемой в логитах, и выбранным набором индикаторных переменных S_j:

$$L = f_L(S_j), \qquad (3)$$

где f_L – вид функциональной зависимости L от S_j.

Исходя из технической возможности и экспертных предпочтений, в качестве информативных переменных для количественной оценки величины УСП были отобраны: показатель адаптационного соответствия (ПАС), индекс напряжения по Р. М. Баевскому (ИН), уровень психоэмоционального напряжения (YPH), уровень утомления (YU) и отклонение сопротивлений сигнальных биологически активных точек (БАТ) от своих номинальных значений (DME).

Показатель адаптационного соответствия (ПАС) [16] рассчитывается в соответствии с выражением

$$ПАС = 0{,}011(P–P^*)+0{,}014(S–S^*) + \\ +0{,}008(D–D^*) + 0{,}009(W–W^*), \qquad (4)$$

где P, S, D, W – диагностически значимые частоты пульса (уд/мин) в среднем за сутки, систолическое и диастолическое давление среднее за сутки (мм рт. ст.), масса тела (кг) соответственно;

P^*, S^*, D^*, W^* – идеальные значения составляющих показателей, определяемые по следующему набору правил:

Для P^*: 20-29 лет – 79 ± 10;

30-49 лет – 78 ± 7;

50-59 лет – 76 ± 9;

60-69 лет – 77 ± 9;

70-79 лет – 72 ± 9;

80-99 лет – 73 ± 10.

Для S^* возраст равный или меньший 50 лет – 120 мм рт. ст.;

больше 50 лет – 140 мм рт. ст.

Для D^* возраст равный или меньший 50 лет – 80 мм рт.ст.;

больше 50 лет – 90 мм рт. ст.

Для W^*: мужчины – $W^* = 50 + 0{,}32(p–150) + (B–21)/4$;

женщины – $W^* = 50 + 0{,}75(p–150) + (B–21)/4$;

p – рост в сантиметрах на момент обследования;

B – количество полных лет на момент обследования.

Индекс напряжения по Р. Баевскому определяется с использованием гистограммы распределения значений R–R-интервалов электрокардиограммы по формуле

$$ИН = \frac{AM_0}{2 \cdot X \cdot M_0},$$

где M_0 – мода, определяемая числом наиболее часто встречающихся R-R-интервалов;

AM_0 – амплитуда моды, определяемая как доля R-R-интервалов, соответствующих значению моды;

X – вариационный размах, вычисляемый как разность между длительностью наибольшего и наименьшего R-R-интервалов.

Уровень психоэмоционального напряжения (ПЭН) определяется по формуле [1, 12, 13, 15]

$$YPH = f_P(YP_T, YP_B, YP_Б), \qquad (5)$$

где YP_T – уровень психоэмоционального напряжения, определяемый по шкалам субъективных компьютерных тестов оценки ситуативной и личной тревожности;

YP_B – уровень психоэмоционального напряжения, определяемый по показателям внимания (переключаемость, концентрированность, устойчивость);

$YP_Б$ – уровень психоэмоционального напряжения по энергетическому разбалансу БАТ, связанному с психоэмоциональной сферой.

Оценка уровня утомления производится с использованием модели вида [12, 14]

$$YU = f_U(YU_Б, YU_B, YU_T), \qquad (6)$$

где $YU_Б$ – уровень утомления, рассчитанный по величинам электрических сопротивлений БАТ, реакция которых связана с процессом утомления;

YU_B – уровень утомления, рассчитанный по показателям внимания (переключаемость, концентрированность, устойчивость);

YU_T – уровень утомления, рассчитанный по субъективным тестам.

Подробное описание методов оценки показателей YP и YU приведены в работах [1, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

Показатель DME определялся как среднее отклонение измеренных значений сопротивлений сигнальных БАТ от своих номинальных значений в процентах, характеризующих энергетический баланс меридианных структур организма [7].

Уровень спортивной готовности в количественном выражении оценивается экспертами по шкале [0,…,1].

Оценка информативности и математическая модель оценки уровня спортивной подготовки

На первом этапе вычислительного эксперимента была сформирована таблица измерений выбранных показателей в сопоставлении с выбранной экспертами оценкой уровня спортивной подготовки (табл. 1).

Таблица 1

Фрагмент исходных данных для обработки пакетом RUMM 2020

Спортсмены	Показатели					
	ПАС	ИН	YPH	YU	DME	Уровень спортивной подготовки
1	0,25	115	0,6	0,5	60	0,2
2	0,3	125	0,5	0,4	75	0,2
3	0,2	113	0,6	0,5	40	0,2
4	0,3	126	0,4	0,3	45	0,2
5	0,25	101	0,5	0,2	32	0,2
6	0,25	103	0,5	0,2	41	0,3
7	0,2	100	0,4	0,3	52	0,3
8	0,25	101	0,4	0,4	38	0,3
9	0,2	99	0,4	0,3	40	0,3
10	0,2	98	0,3	0,4	37	0,3
....	….	….	….	….	….	….
45	-0,2	83	0,2	0,1	6	0,8
46	-0,2	81	0,1	0,1	9	0,8
47	-0,25	80	0,1	0	8	0,8
48	-0,2	81	0,1	0	7	0,8
49	-0,2	80	0	0,1	8	0,8
50	-0,3	82	0	0	0	0,8

Для использования модели Г. Раша с целью оценки информативности показателей ПАС, ИН, YPH, YU, DME был осуществлён переход к нормированным шкалам K_i (2). Ниже приведён фрагмент таблицы индикаторных переменных по шкалам K_i (табл. 2).

Таблица 2

Фрагмент исходных данных для обработки пакетом RUMM 2020

Спортсмены	Показатели				
	ПАС	ИН	YPH	YU	DME
1	9	7	9	9	8
2	9	9	8	8	9
3	8	7	9	9	5
4	9	9	6	6	6
5	9	4	8	4	4
6	9	5	8	4	5
7	8	4	6	6	6
8	9	4	6	8	5
9	8	4	6	6	5
10	8	3	5	8	4
....	….	….	….	….	….
45	1	0	3	2	0
46	1	0	1	2	1
47	0	0	1	0	1
48	1	0	1	0	0
49	1	0	0	2	1
50	0	0	0	0	0

Данные таблицы 2 были использованы для формирования интегрального параметра УСП на основе модели Г. Раша с использованием диалоговой системы RUMM 2020, которая сформировала следующие результаты.

Расчетное критическое значение уровня значимости, характеризующее соответствие данного набора индикаторов модели Раша, при числе степеней свободы *df*=20, $\chi^2_{\text{критич.}} \Pr ob \approx 0,04$, это меньше 0,05 (при доверительной вероятности, равной 0,95). Индекс сепарабельности (*Separation Index*), который характеризует способность набора факторов риска дифференцировать обследуемых, достаточно высокий и равен 0,953. Коэффициент альфа Кронбаха (*Cronbach Alpha*) также высок и равен 0,947. Мощность (оценка) системы индикаторов (*Power of Test-of-Fit*) оценивается как превосходная (*excellent*).

Результаты расчетов, отсортированные по показателям $\chi^2_{\text{критич.}} \Pr ob$, приведены на рисунке 1.

Из последнего столбца (Prob) рисунка 1 следует, что индикаторная переменная 4 (YU) (фактор риска) имеет показатель $\chi^2_{\text{критич.}} \Pr ob = 0,0008 < 0,05$, следовательно, эту индикаторную переменную (YU) необходимо удалить из рассмотрения как не удовлетворяющую модели Г. Раша. Это подтверждает и график её характеристической кривой, представленный на рисунке 2.

INDIVIDUAL ITEM-FIT for Analysis Name SP3 - Chi Square Probability Order

	Seq	Item	Type	Location	SE	FitResid	DF	ChiSq	DF	Prob
1	1	I0001	Poly	-1,061	0,131	-1,787	35,40	2,999	4	0,557956
2	2	I0002	Poly	1,067	0,157	-1,340	35,40	3,120	4	0,537869
5	5	I0005	Poly	0,709	0,169	-1,246	35,40	3,251	4	0,516705
3	3	I0003	Poly	-0,082	0,141	1,316	35,40	4,072	4	0,396393
4	4	I0004	Poly	-0,633	0,150	2,962	35,40	18,844	4	0,000844

Рис. 1. Скриншот результатов сортировки по показателям $\chi^2_{\text{критич.}}\,\text{Pr}\,ob$

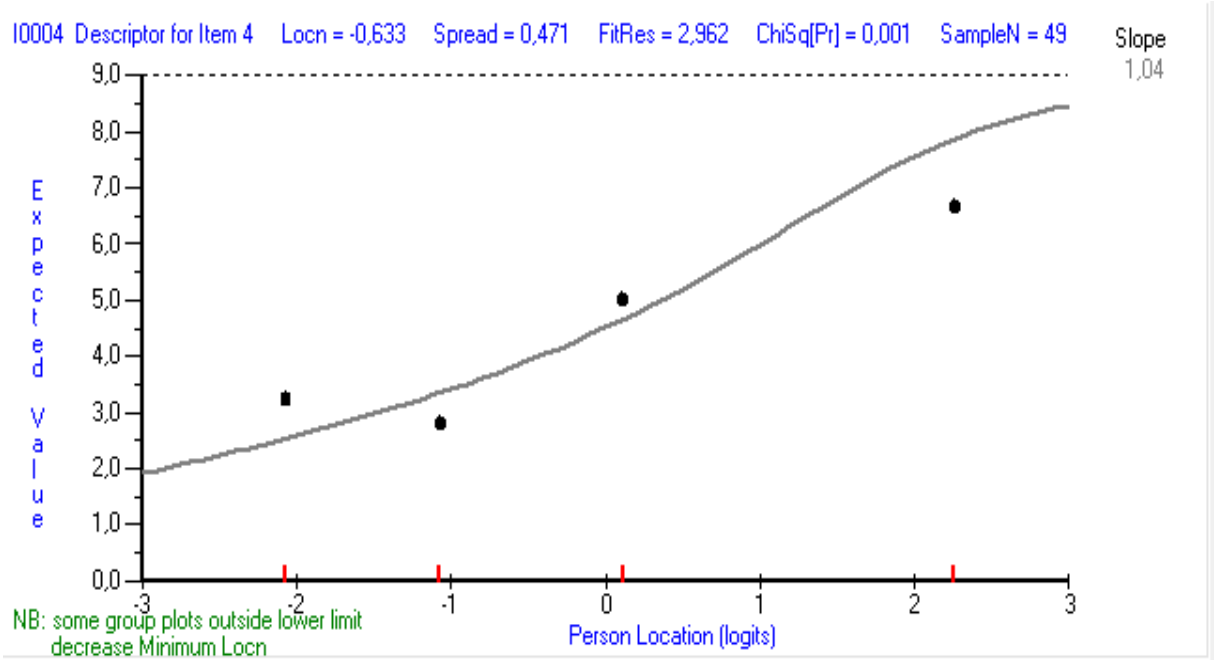


Рис. 2. Характеристическая кривая индикаторной переменной 4

В соответствии с рекомендациями [4, 8] индикаторная переменная YU из расчетов исключается с перерасчётом исходных данных для дальнейшего анализа.

Для новой таблицы данных (без четвёртого столбца) расчетное критическое значение уровня значимости, характеризующее соответствие данного набора индикаторов модели Раша, при числе степеней свободы $df = 16$, $\chi^2_{\text{критич.}}\,\text{Pr}\,ob = 0{,}984$, это больше 0,05 (при доверительной вероятности, равной 0,95). Индекс сепарабельности (*Separation Index*), который характеризует способность набора факторов риска дифференцировать обследуемых, достаточно высокий и равен 0,965. Коэффициент альфа Кронбаха (*Cronbach Alpha*) также высок и равен 0,952. Мощность (оценка) системы индикаторов (*Power of Test-of-Fit*) оценивается как превосходная (*excellent*). Обобщен-

ные результаты качества формирования интегральной переменной (параметра) УСП приведены на рисунке 3.

На рисунке 4 приводятся результаты ранжирования индикаторных переменных по *Location.*

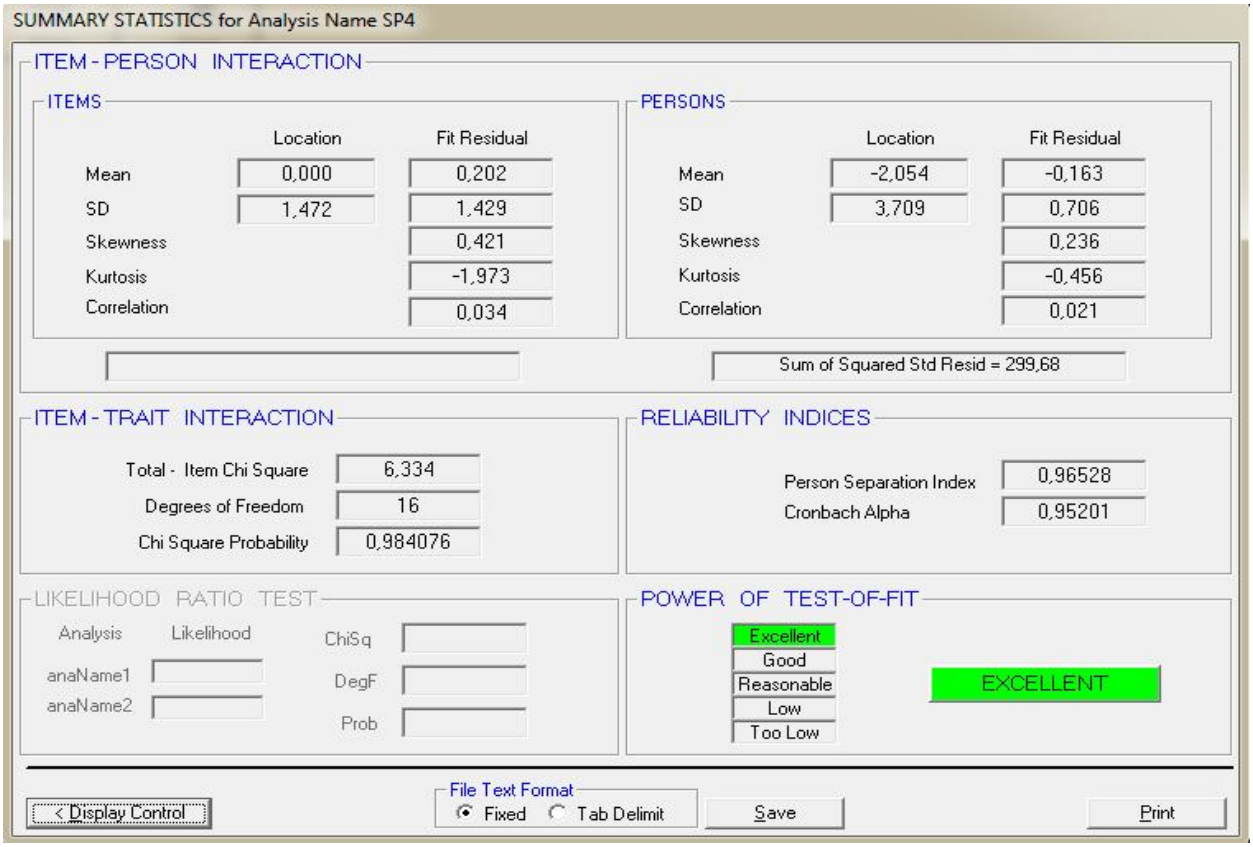
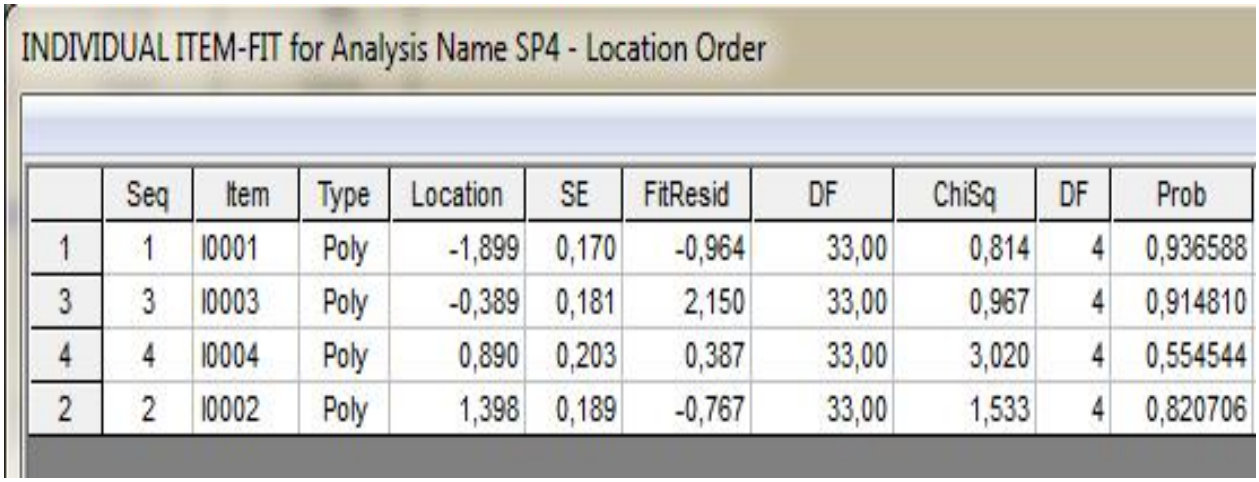


Рис.3. Скриншот обработки данных по уточнённому списку



INDIVIDUAL ITEM-FIT for Analysis Name SP4 - Location Order

	Seq	Item	Type	Location	SE	FitResid	DF	ChiSq	DF	Prob
1	1	I0001	Poly	-1,899	0,170	-0,964	33,00	0,814	4	0,936588
3	3	I0003	Poly	-0,389	0,181	2,150	33,00	0,967	4	0,914810
4	4	I0004	Poly	0,890	0,203	0,387	33,00	3,020	4	0,554544
2	2	I0002	Poly	1,398	0,189	-0,767	33,00	1,533	4	0,820706

Рис. 4. Результаты ранжирования данных по *Location*

Анализ данных, приведённых на рисунке 4, показывает, что все индикаторные переменные (факторы риска) имеют показатель $\chi^2_{\text{критич.}}\ \Pr ob > 0,05$, следовательно, все они удовлетворяют модели Г. Раша.

Обобщенной характеристикой соответствия между интегральной латентной переменной и системой индикаторов

служат гистограммы распределения, точнее – их взаимное расположение на одной шкале.

На рисунке 5 представлены распределения интегрального показателя УСП (вверху) и значимости (веса) индикаторов (внизу).

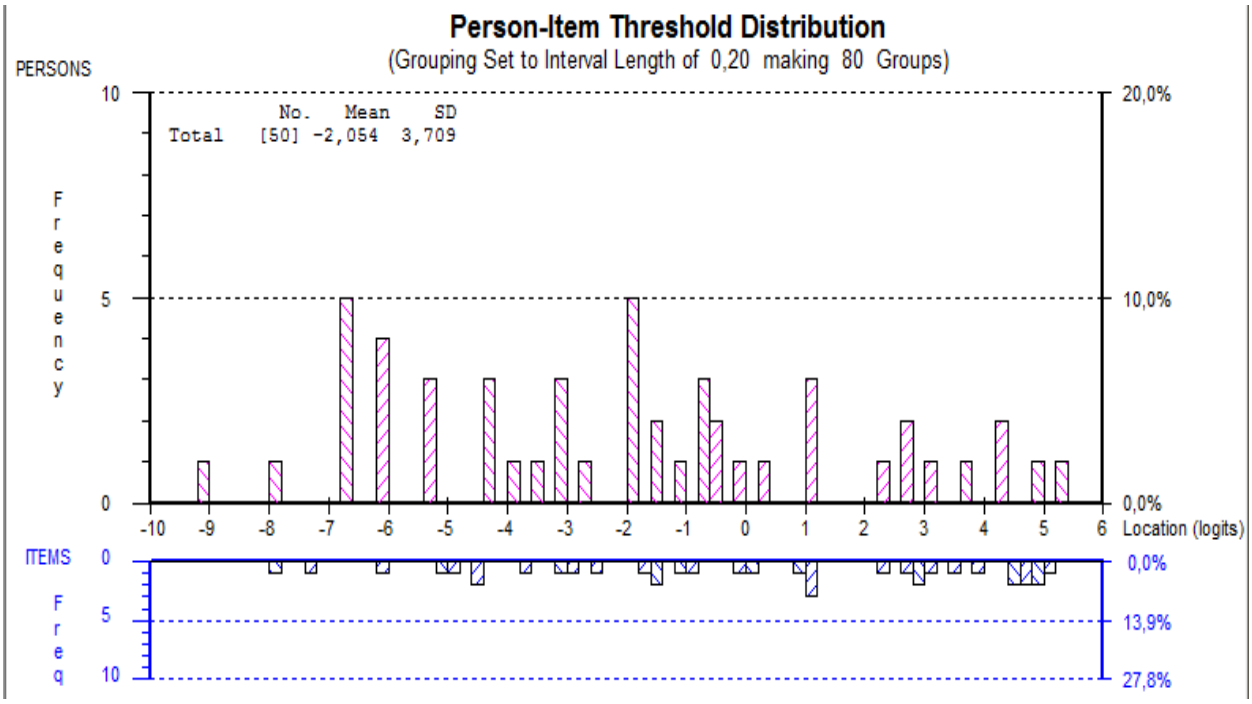


Рис. 5. Распределение интегрального показателя

По оси ординат с левой стороны указывается число объектов (вверху) и число критериев (внизу). С правой стороны – соответствующие величины в процентах.

В соответствии с рекомендациями [4], используя в качестве базовой переменной уровень спортивной готовности в логитах L_{USG} (ось абсцисс графика, приведённого на рисунке 5), был получен график уровня спортивной готовности, приведённый к шкале [0,…,1] (рис. 6).

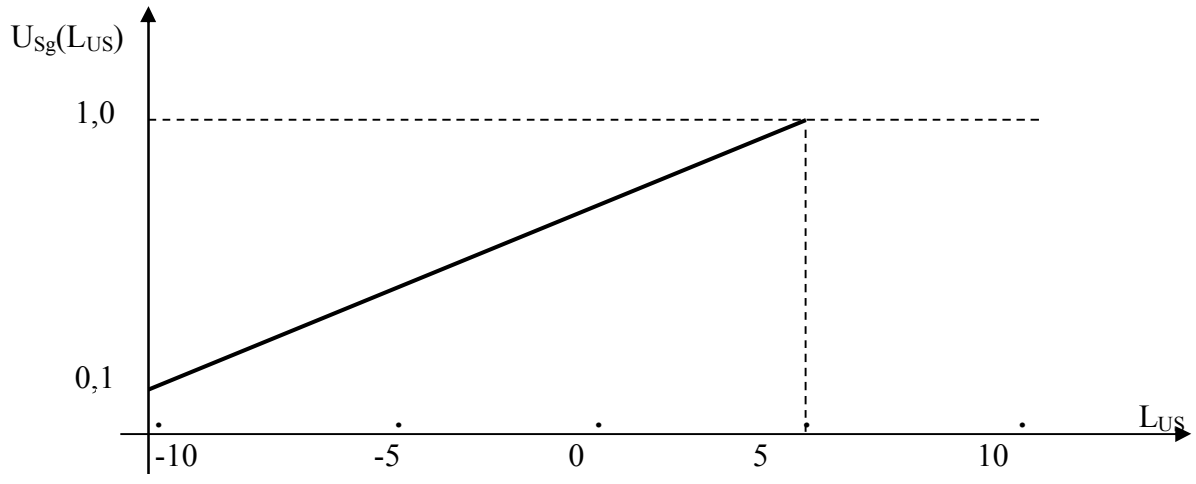


Рис. 6. График функции уровня спортивной готовности, приведённый к шкале [0,…,1]

Аналитически график, приведённый на рисунке 6, определяется выражением

$$U_{Sg}(L_{US}) = 0{,}056 \cdot L_{US} + 0{,}6.$$

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что модель Г. Раша может быть использована не только для оценки информативности индикаторных переменных, но и для количественной и качественной оценки уровня спортивной подготовки.

В работах [2, 3, 5, 6] показано, как, используя шкалу $U_{Sg}(L_{US})$, перейти к нечёткой классификации уровня спортивной готовности, что является более естественной постановкой исследуемой задачи.

Список литературы

1. Конева Л. В., Кореневская С. Н., Дегтярев С. В. Оценка уровня психоэмоционального напряжения и утомления по показателям, характеризующим состояние внимания человека // Системный анализ. – 2012. – Т. 11, № 4. – С. 993–1000.

2. Кореневский Н. А. Использование нечёткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. – 2015. – № 1. – С. 33–35.

3. Кореневский Н. А. Метод синтеза гетерогенных нечетких правил для анализа и управления состоянием биотехнических систем // Известия Юго-Запад-ного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2013. – № 2. – С. 99–103.

4. Кореневский Н. А., Шуткин А. Н., Бойцова Е.А. Оценка и управление состоянием здоровья на основе моделей Г. Раша // Медицинская техника. – 2015. – № 6. – С. 37–40.

5. Кореневский Н. А., Руцкой Р. В., Долженков С. Д. Метод прогнозирования и диагностики состояния здоровья на основе коллективов нечетких решающих правил // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2013. – Т. 12, № 4. – С. 905–909.

6. Кореневский Н. А., Крупчатников Р. А., Горбатенко С. А. Синтез нечетких сетевых моделей, обучаемых по структуре данных для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. – 2008. –№ 2. – С. 18–24.

7. Оценка состояния спортсменов по величине электрической сбалансированности меридианных структур организма / М. А. Магеровский, А. В. Кониченко, С. Н. Кореневская, Р. А. Крупчатников // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2015. – № 4(17). – С. 99–103.

8. Маслак А. А. Измерение латентных переменных в социально-экономических системах: монография. – Славянск-на-Кубани: Изд. Центр СГПИ, 2006. – 333с.

9. Павлов С. Е., Павлова Т. Н. Функциональный контроль в современном спорте и спортивной медицине // Олимпийский бюллетень № 13 / сост.: Н. Ю. Мельникова, А. Ю. Эйнумаев, А. В. Трескин, А. Ю. Никифорова. – М.: Изд-во Сайтпроект, 2012. – С. 271–285.

10. Принципы организации комплексных педагогических и медико-биологических тестирований квалифицированных спортсменов / С. Е. Павлов, Д. Р. Черенков, Т. Н. Павлова, А. П. Давыдов, А. С. Павлов // Детский тренер. – 2014. – № 1. – С. 28–40.

11. Пат. 2342900 Рос. Федерация. Способ оценки функциональных резервов организма / Курникова Н. А. – № 2007(38472/14/042084); заявл. 18.10.2007; опубл. 10.01.2009, Бюл. № 1. – С. 693.

12. Филатова О. И. Метод, модели и алгоритм анализа и управления функциональным состоянием человека на основе нечётких гетерогенных правил принятия

решений: дис. … канд. техн. наук. – Курск, 2011.

13. Шуткин А. Н. Оценка уровня психоэмоционального напряжения на основе комбинированных нечётких моделей и моделей Г. Раша // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2014. – Т. 14, № 3. – С. 593–600.

14. Использование гибридных нечётких моделей для оценки степени утомления / А. Н. Шуткин, Е. А. Бойцова, А. В. Бойцов, С. Н. Кореневская // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2015. – № 2. – С. 107–118.

15. Оценка функционального состояния и состояния здоровья человека с использованием теории измерения латентных переменных на основе моделей Г. Раша / А. Н. Шуткин, Е. А. Бойцова, С. Н. Кореневская, В. Я. Провоторов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2015. – № 2. – С. 107–118.

16. Fuzzy determination of the human's level of psychoemotional / N. A. Korenevskiy, R. T. Al-Kasasbeh, F. Ionescouc, M. Alshamasin, E. Alkasasbeh, A. P. Smith // IFMBE Proceedings. – 2013. – Vol. 40. — P. 213–216.

17. Fuzzy Determination of The Humans Level of Psycho-Emotional / N. Korenevskiy, Riad Taha Al-Kasasbeh, F. Ionescou, M. Alshamasin, Anrew P. Smit // Mega-Conference on Biomedical Enginering: Proceedings of the 4th-international conferece jn the develjpment of biomedical engineering. – Ho Chi Minh City, 2012. – January 8-12. – P. 354–357.

Получено 24.06.16

M. A. Magerovsky, Coach, Central Army Sports Club (Moscow) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

N. A. Korenevsky, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

E. A. Boytsova, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kaf.vm@mail.ru)

L. M.Chervyakov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE LEVEL OF SPORTS TRAINING BASED ON THE MODEL OF G. RASCH

In work questions of an assessment and the choice of informative parameters for quantitative determination of level of sports preparation are considered. The theory of the latent and structural analysis of Item Response Theory (IRT) is the basis for a technique of research. One of advantages of this theory is the fact that it allows to optimize a set of informative signs and of all set of informative signs to choose those which corresponds to the measured latent variable – "the level of sports preparation" and a set of the used indicator variables is effective for measurement of the generalized latent variable.

As the software product the dialogue system of the latent RUMM 2020 variables (Rasch Unidimensional Measurement Models) developed under the leadership of David Endrich – professors of Merdoksky university was used (Australia).

The dialogue RUMM 2020 system not only counts ChiSq Prob values on which the conclusion about compliance of this indicator of model G. Russia is drawn (to a set of the chosen indicators – informative signs), but also allows to investigate visually compliance of each indicator of model G. Russia by means of characteristic curves.

Key words: *level athletic training, model G. Rush, indicator variables, latent variables.*

References

1. Koneva L. V., Korenevskaya S. N., Degtyarev S. V. Ocenka urovnya psihoehmocional'nogo napryazheniya i utomleniya po pokazatelyam, harakterizuyushchim sostoyanie vnimaniya che-

loveka // Sistemnyj analiz. – 2012. – T. 11, № 4. – S. 993–1000.

2. Korenevskij N. A. Ispol'zovanie nechyotkoj logiki prinyatiya reshenij dlya medicinskih ehkspertnyh sistem // Medicinskaya tekhnika. – 2015. – № 1. – S. 33–35.

3. Korenevskij N. A. Metod sinteza geterogennyh nechetkih pravil dlya analiza i upravleniya sostoyaniem biotekhnicheskih sistem // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2013. – № 2. – S. 99–103.

4. Korenevskij N. A., SHutkin A. N., Bojcova E.A. Ocenka i upravlenie sostoyaniem zdorov'ya na osnove modelej G. Rasha // Medicinskaya tekhnika. – 2015. – № 6. – S. 37–40.

5. Korenevskij N. A., Ruckoj R. V., Dolzhenkov S. D. Metod prognozirovaniya i diagnostiki sostoyaniya zdorov'ya na osnove kollektivov nechetkih reshayushchih pravil // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. – 2013. – T. 12, № 4. – S. 905–909.

6. Korenevskij N. A., Krupchatnikov R. A., Gorbatenko S. A. Sintez nechetkih setevyh modelej, obuchaemyh po strukture dannyh dlya medicinskih ehkspertnyh sistem // Medicinskaya tekhnika. – 2008. – № 2. – S. 18–24.

7. Ocenka sostoyaniya sportsmenov po velichine ehlektricheskoj sbalansirovannosti meridiannyh struktur organizma / M. A. Magerovskij, A. V. Konichenko, S. N. Korenevskaya, R. A. Krupchatnikov // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2015. – № 4(17). – S. 99–103.

8. Maslak A. A. Izmerenie latentnyh peremennyh v social'no-ehkonomicheskih sistemah: monografiya. – Slavyansk-na-Kubani: Izd. Centr SGPI, 2006. – 333s.

9. Pavlov S. E., Pavlova T. N. Funkcional'nyj kontrol' v sovremennom sporte i sportivnoj medicine // Olimpijskij byulleten' № 13 / sost.: N. Yu. Mel'nikova, A. Yu. Ehjnumaev, A. V. Treskin, A. Yu. Nikiforova. – M.: Izd-vo Sajtproekt, 2012. – S. 271–285.

10. Principy organizacii kompleksnyh pedagogicheskih i mediko-biologicheskih testirovanij kvalificirovannyh sportsmenov / S. E. Pavlov, D. R. Cherenkov, T. N. Pavlova, A. P. Davydov, A. S. Pavlov // Detskij trener. – 2014. – № 1. – S. 28–40.

11. Pat. 2342900 Ros. Federajiya. Sposob ocenki funkcional'nyh rezervov organizma / Kurnikova N. A. – № 2007 (38472/14/042084); zayavl. 18.10.2007; opubl. 10.01.2009, Byul. № 1. – S. 693.

12. Filatova O. I. Metod, modeli i algoritm analiza i upravleniya funkcional'nym sostoyaniem cheloveka na osnove nechyotkih geterogennyh pravil prinyatiya reshenij: dis. … kand. tekhn. nauk. – Kursk, 2011.

13. Shutkin A. N. Ocenka urovnya psihoehmocional'nogo napryazheniya na osnove kombinirovannyh nechyotkih modelej i modelej G. Rasha // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. – 2014. – T. 14, № 3. – S. 593–600.

14. Ispol'zovanie gibridnyh nechyotkih modelej dlya ocenki stepeni utomleniya / A. N. Shutkin, E. A. Bojcova, A. V. Bojcov, S. N. Korenevskaya // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2015. – № 2. – S. 107–118.

15. Ocenka funkcional'nogo sostoyaniya i sostoyaniya zdorov'ya cheloveka s ispol'zovaniem teorii izmereniya latentnyh peremennyh na osnove modelej G. Rasha / A. N. Shutkin, E. A. Bojcova, S. N. Korenevskaya, V. Ya. Provotorov // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2015. – № 2. – S. 107–118.

16. Fuzzy determination of the human's level of psycho-emotional / N. A. Korenevskiy, R. T. Al-Kasasbeh, F. Ionescouc, M. Alshamasin, E. Alkasasbeh, A. P. Smith

// IFMBE Proceedings. – 2013. – Vol. 40. — P. 213–216.

17. Fuzzy Determination of The Humans Level of Psycho-Emotional / N. Korenevskiy, Riad Taha Al-Kasasbeh, F. Ionescou, M. Alshamasin, Anrew P. Smit // Mega-Conference on Biomedical Enginering: Proceedings of the 4th-international conferece jn the develjpment of biomedical engineering. – Ho Chi Minh City, 2012. – January 8-12. – P. 354–357.

УДК 330.45

Н. А. Моргунова, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: morgunova_na@mail.ru)

Е. Ю. Моргунова, финансист, Сбербанк России (Курск) (e-mail: e.morgunova@list.ru)

ПРИМЕНЕНИЕ MS EXCEL ПРИ РЕШЕНИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

В статье пошагово рассмотрена задача линейного программирования по отысканию оптимального решения на основе симплекс-метода с применением табличного процессора MS Excel с результатами в виде листа с решением, а также отчета по результатам и отчета по устойчивости.

Приведенный алгоритм позволяет после создания таблицы с исходными данными и ввода формулы целевой функции в соответствующую ячейку, выбора в меню Сервис функции Поиск решения заполнить поля в появившемся окне по вводу ограничений задачи. С помощью кнопок Добавить, Удалить, Изменить возможно удалять выделенные в списке ограничения или вносить в них исправления. Далее нажатием кнопки Параметры в открывшемся окне можно определить предельное время поиска решения, максимальное количество итераций, точность и прочее.

После задания всех параметров и нажатия кнопки Выполнить, в том случае, если решение найдено, появляется окно с соответствующим сообщением. Результаты решения могут быть сохранены в файле задачи в виде сценария или в виде отдельных листов Отчет по результатам, Отчет по устойчивости, Отчет по пределам.

Приведенная задача оптимального плана выпуска продукции использована в качестве примера работы MS Excel и содержит небольшое количество переменных и ограничений, однако данный метод возможен к применению и при решении многих других экономических задач: об оптимальном распределении ресурсов, оптимальном рационе питания, оптимальном распределении потоков товарных поставок по транспортной сети и других задач, требующих комплексного анализа с большим количеством переменных величин, которые описываются системами уравнений с несколькими неизвестными и набором ограничений на решения.

Ключевые слова: *математическое моделирование, поиск решения, целевая функция, система ограничений.*

***

Существует широкий класс сложных задач поиска оптимального решения, которые описываются системами уравнений с несколькими неизвестными и набором ограничений на решения.

В MS Excel имеется надстройка *Поиск решения*, которая вызывается из меню *Сервис.* Если она не найдена, то в окне *Надстройки,* появляющемся после выполнения команд *Сервис→ Надстройки,* необходимо установить флажок *Поиск решения.*

С помощью процедуры "Поиск решения" можно находить оптимальное из допустимых решений, задавать ограничения сложного вида, получать множество решений и генерировать их, а в дальнейшем сохранять эти решения в виде сценариев.

В основе надстройки "Поиск решения" лежит симплекс-метод.

"Поиск решения" – это мощное средство Excel, позволяющее находить как целевую функцию, так и параметры, при которых достигается минимум или максимум целевой функции.

Сценарии можно получить в виде трех отчетов:

1) отчета по результатам, в который включаются исходные и конечные значения целевой функции, дополнительные сведения об ограничениях;

2) отчета по устойчивости;

3) отчета по пределам, включающего верхние и нижние границы значений, которые могут принимать влияющие ячейки при соблюдении ограничений.

Правильная постановка ограничений – это ответственная часть описания модели для поиска решений, так как неполное описание ограничений может привести к неправильному решению.

В экономической деятельности любого предприятия или фирмы необходимо определить, как рационально составить план выпуска продукции разных видов так, чтобы прибыль от ее реализации была максимальной. С использованием процессора MS Excel можно решать задачи оптимизации с большим количеством переменных и ограничений.

Рассмотрим на конкретном примере решение задачи оптимального плана выпуска продукции. Воспользуемся методом, предложенным в работах [1–3], в основе которого лежит симплекс-метод.

Постановка задачи

Для изготовления двух различных изделий I и II используются 3 вида сырья A1, A2, A3. Затраты сырья на производство единицы изделий I и II, обеспечение производства сырьем этих видов изделий, а также прибыль от реализации единицы готового изделия I и II приведены в таблице.

Исходные данные

Виды сырья	Затраты на производство 1 ед. изделия		Обеспеченность сырьем
	Изделие I	Изделие II	
A1	16	4	400
A2	9	2	333
A3	3	12	360
Прибыль от реализации 1 ед. готового изделия в усл. ден. ед.	9	12	

Требуется составить план производства указанных изделий, обеспечивающий максимальную прибыль от их реализации.

Составим математическую модель поставленной задачи линейного программирования:

$$F(x_1, x_2) = 9x_1 + 12x_2 \to \max$$

при неравенствах ограничений

$$\begin{cases} 16x_1 + 4x_2 \le 400, \\ 9x_1 + 9x_2 \le 333, \\ 3x_1 + 12x_2 \le 360, \end{cases}$$

$$x_1 \ge 0,\ x_2 \ge 0,$$

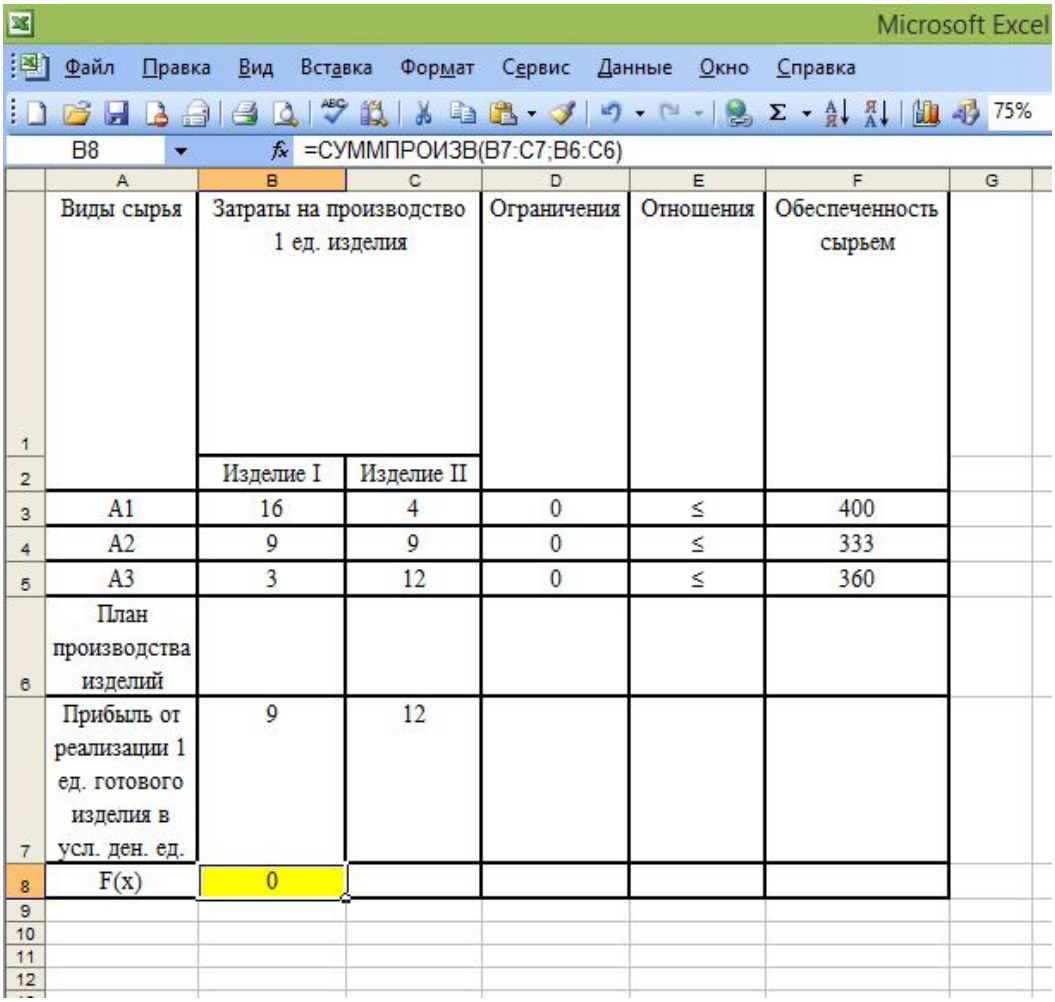
где x_1, x_2 – количество изделий соответственно вида I и вида II.

Запустим табличный процессор MS Excel (*Пуск→Программы→Microsoft Office→Microsoft Office Excel)*. Введем исходные данные на рабочий лист [1–3].

В ячейку B8 введем формулу СУММПРОИЗВ(B7:C7;B6:C6) (рис. 1). В ячейку D3 скопируем формулу из ячейки B8, заменив диапазон B7:C7 на диапазон параметров B3:C3.

В результате в ячейке D3 получится формула СУММПРОИЗВ(B3:C3;B6:C6).

Для задания остальных ограничений скопируем данную формулу в ячейки D4, D5.



	A	B	C	D	E	F	G
1	Виды сырья	Затраты на производство 1 ед. изделия		Ограничения	Отношения	Обеспеченность сырьем	
2		Изделие I	Изделие II				
3	A1	16	4	0	≤	400	
4	A2	9	9	0	≤	333	
5	A3	3	12	0	≤	360	
6	План производства изделий						
7	Прибыль от реализации 1 ед. готового изделия в усл. ден. ед.	9	12				
8	F(x)	0					
9							
10							
11							
12							

Рис. 1. Исходные данные

Создав таблицу, установим курсор в ячейку B8 и выберем в меню *Сервис* функцию *Поиск решения.* Заполним поля в появившемся окне (рис. 2).

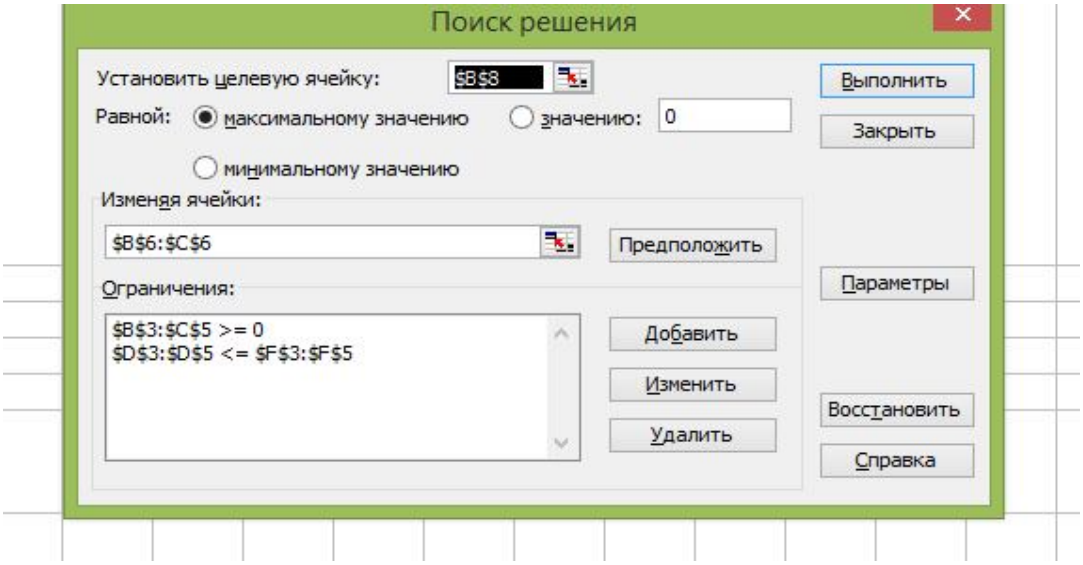


Рис. 2. Окно "Поиск решения"

Нажмем кнопку "Параметры" и в открывшемся окне "Параметры поиска решения" установим флажки "Линейная модель" и "Неотрицательные значения". Нажмем кнопку "ОК" (рис. 3).

Задав все параметры, нажмем в окне "Поиск решения" кнопку "Выполнить".

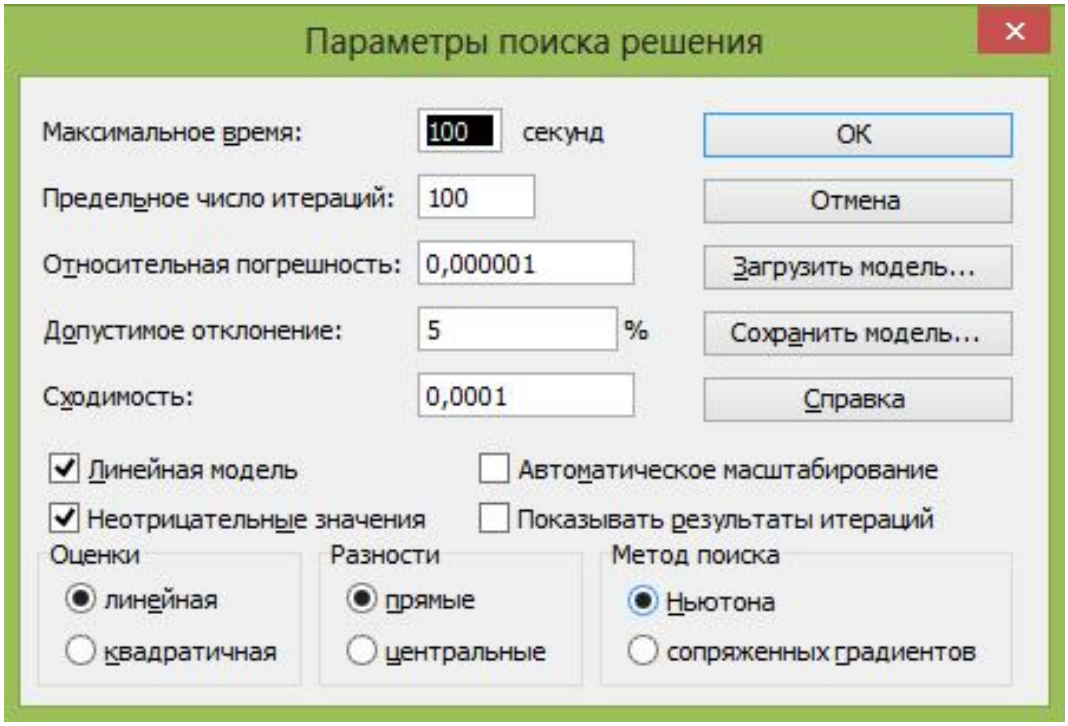


Рис. 3. Окно "Параметры поиска решения»

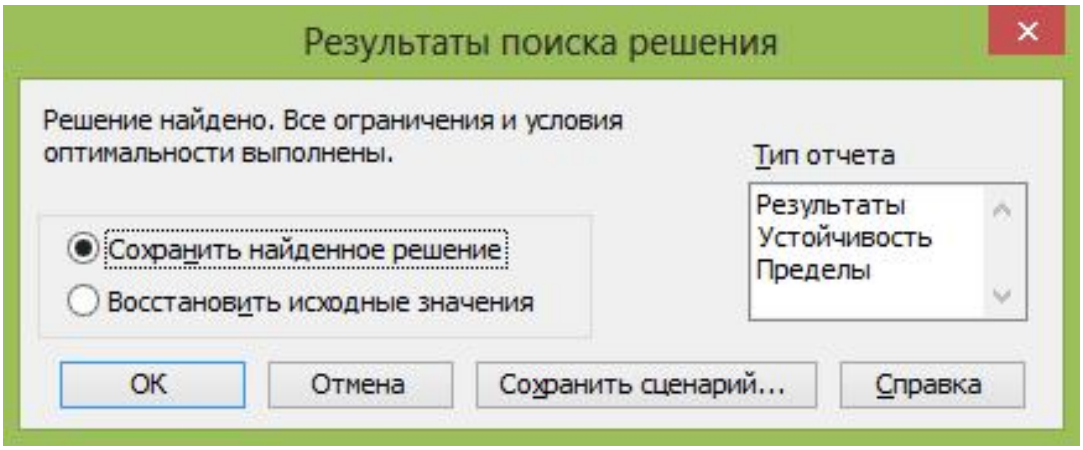
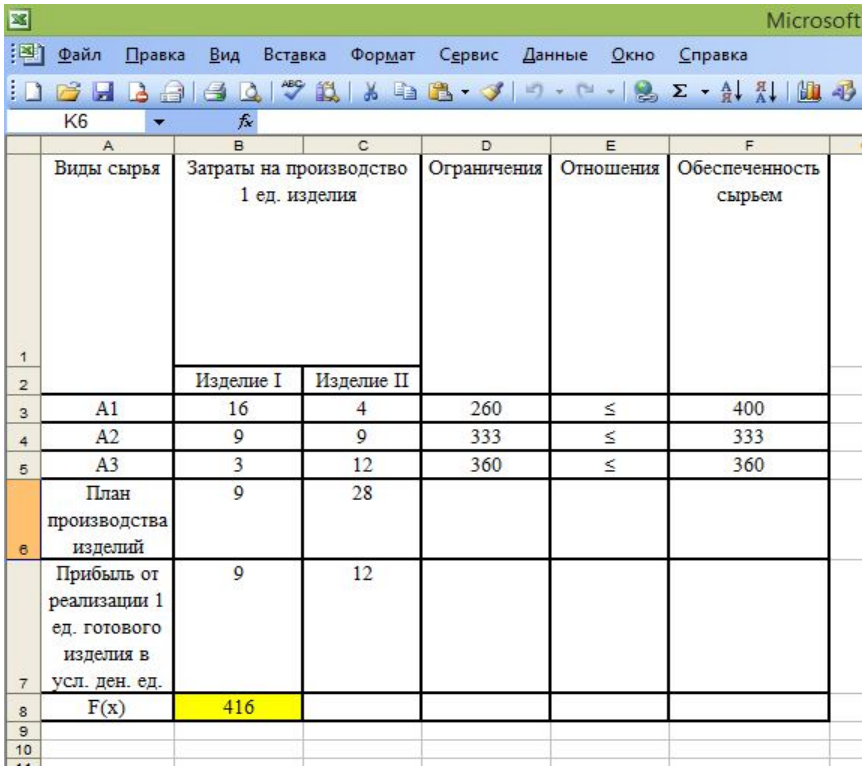


Рис. 4. Окно "Результаты поиска решения"

Если решение существует, то появится окно с соответствующим сообщением. При этом значения переменных к целевой функции будут математически посчитаны (рис. 4).

Результаты решения сохраним в виде листов "Отчет по результатам", "Отчет по устойчивости" (рис. 5, 6).



	A	B	C	D	E	F
1	Виды сырья	Затраты на производство 1 ед. изделия		Ограничения	Отношения	Обеспеченность сырьем
2		Изделие I	Изделие II			
3	A1	16	4	260	≤	400
4	A2	9	9	333	≤	333
5	A3	3	12	360	≤	360
6	План производства изделий	9	28			
7	Прибыль от реализации 1 ед. готового изделия в усл. ден. ед.	9	12			
8	F(x)	416				
9						
10						

Рис. 4. Полученное решение задачи

Целевая ячейка (Максимум)

Ячейка	Имя	Исходное значение	Результат
$B$8	F(x) Изделие I	416	416

Изменяемые ячейки

Ячейка	Имя	Исходное значение	Результат
$B$6	План производства изделий Изделие I	9	9
$C$6	План производства изделий Изделие II	28	28

Ограничения

Ячейка	Имя	Значение	Формула	Статус	Разница
$B$3	A1 Изделие I	16	$B$3>=0	не связан.	16
$C$3	A1 Изделие II	4	$C$3>=0	не связан.	4
$B$4	A2 Изделие I	9	$B$4>=0	не связан.	9
$C$4	A2 Изделие II	9	$C$4>=0	не связан.	9
$B$5	A3 Изделие I	3	$B$5>=0	не связан.	3
$C$5	A3 Изделие II	12	$C$5>=0	не связан.	12
$D$3	A1 Ограничения	260	$D$3<=$F$3	не связан.	140
$D$4	A2 Ограничения	333	$D$4<=$F$4	связанное	0
$D$5	A3 Ограничения	360	$D$5<=$F$5	связанное	0

Рис. 5. Отчет по результатам

Изменяемые ячейки

Ячейка	Имя	Результ. значение	Нормир. градиент
$B$6	План производства изделий Изделие I	9	0
$C$6	План производства изделий Изделие II	28	0

Ограничения

Ячейка	Имя	Результ. значение	Лагранжа Множитель
$B$3	A1 Изделие I	16	0
$C$3	A1 Изделие II	4	0
$B$4	A2 Изделие I	9	0
$C$4	A2 Изделие II	9	0
$B$5	A3 Изделие I	3	0
$C$5	A3 Изделие II	12	0
$D$3	A1 Ограничения	260	0
$D$4	A2 Ограничения	333	1
$D$5	A3 Ограничения	360	0

Рис. 6. Отчет по устойчивости

Таким образом, максимальное значение целевой функции равно 416 при плане производства изделия I, равного 9, и плане производства изделия II, равного 28.

Данный алгоритм позволяет вычислить диапазон устойчивости переменных исходной задачи при отыскании оптимального решения. Отчет по устойчивости содержит сведения о чувствительности решения к малым изменениям в изменяемых ячейках или формулах ограничений [2].

Подводя итоги исследования, отметим, что использование табличного процессора MS Excel позволяет быстро находить решение задачи об оптимальном плане выпуска продукции. Подобный алгоритм можно применить при решении многих экономических задач с большим количеством переменных и ограничений, таких как: оптимального распределения ресурсов [4], оптимального рациона питания [3], оптимального распределения потоков товарных поставок по транспортной сети и др.

Список литературы

1. Невежин В. П., Кружилов С. И. Сборник задач по курсу «Экономико-математическое моделирование». – М.: Городец, 2005. – 320 с.

2. Моргунова Н. А., Моргунова Е. Ю. Решение задачи об оптимизации рациона питания в MS EXCEL // Математические методы и инновационные научно-технические разработки: сборник научных трудов / Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2014. – С. 166–171.

3. Моргунова Н. А., Моргунова Е. Ю. Решение задачи о минимизации целевой функции // Актуальные проблемы и перспективы преподавания математики: сборник научных статей V международной научно-практической конференции / Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2014. – С. 91–96.

Получено 17.06.16

N. A. Morgunova, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: morgunova_na@mail.ru)

E. Yu. Morgunova, financier, Sberbank of Russia (Kursk) (e-mail: e.morgunova@list.ru)

MS EXCEL APPLICATION IN ECONOMIC TASKS

In the article the task of linear programming on search of the optimal solution on the basis of a simplex method with use of the tabular MS Excel processor with results in the form of a sheet with the decision, and also the report on results and the report on stability is considered step by step.

The given algorithm allows after creating of the table with basic data and input of a formula of criterion function in the corresponding cell, choosing the Search of the Decision in the Service Function menu to fill fields in the appeared window on input of restrictions of a task. By using of the Add, Remove, Change buttons it is possible to delete the restrictions allocated in the list or to make corrections to them. Further pressing of the button Parameters in the opened window it is possible to determine limiting time of search of the decision, the maximum number of iterations, accuracy and other. After entering of all parameters and pressing of the Execute button if the solution is found, the window with the corresponding message appears. Results of the decision can be kept in the file of a task in the form of the scenario or in the form of single sheets the Report on results, the Report on stability, the Report on limits.

The given task of the optimum output plan is used as an example of work of MS Excel and contains small quantity of variables and restrictions, however this method is possible to application and in case of the solution of many other economic tasks: about optimal resource allocation, an optimum food allowance, optimum distribution of flows of commodity deliveries on a transportation network and other tasks requiring the complex analysis with a large number of variables which are described by systems of the equations with several unknown and a set of restrictions for decisions.

Key words: *mathematical modeling, search for solutions, the target function, the system of restrictions.*

References

1. Nevezhin V. P., Kruzhilov S. I. Sbornik zadach po kursu «Ehkonomiko-matematicheskoe modelirovanie». – M.: Gorodec, 2005. – 320 s.

2. Morgunova N. A., Morgunova E. Yu. Reshenie zadachi ob optimizacii raciona pitaniya v MS EXCEL // Matematicheskie metody i innovacionnye nauchnotekhnicheskie razrabotki: sbornik nauchnyh trudov / Yugo-Zap. gos. un-t. – Kursk, 2014. – S. 166–171.

3. Morgunova N. A., Morgunova E. Yu. Reshenie zadachi o minimizacii celevoj funkcii // Aktual'nye problemy i perspektivy prepodavaniya matematiki: sbornik nauchnyh statej V mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii / Yugo-Zap. gos. un-t. – Kursk, 2014. – S. 91–96.

УДК 521.872

А. В. Хмелевская, преподаватель, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: aquarel85@mail.ru)

Д. С. Коптев, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: dmitrii_spartak@mail.ru)

А. Н. Шевцов, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: Aleksey_shevtsov@mail.ru)

А. Н. Щитов, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: shchitov.1996@mail.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКОВ ЗАЯВОК, ПОСТУПАЮЩИХ В ПРИЁМНУЮ КОМИСИИЮ ЮЗГУ

Рассматриваются потоки заявок, поступающих с определённой интенсивностью в приёмную комиссию ЮЗГУ. В результате данных исследований входящего потока заявок определяется работоспособность служб системы приёмной комиссии, работа которых была проанализирована и рассчитана ранее для каждой службы в отдельности.

Основным объектом изучения теории массового обслуживания (ТМО) являются системы массового обслуживания (СМО). СМО представляют собой класс математических схем, разработанных для формализации процессов функционирования систем, которые по своей сути являются процессами обслуживания в широком смысле этого слова. СМО изучает системы со случайным характером поступления заявок и

случайным временем обслуживания. Примерами СМО являются ЭВМ, вычислительные системы, комплексы и сети передачи данных, автоматические телефонные станции, транспортные системы, промышленные предприятия и предприятия обслуживания.

Основными элементами СМО являются входной поток заявок, очереди заявок, ожидающих обслуживания, каналы (приборы) обслуживания, выходной поток обслуженных заявок. СМО классифицируются по следующим признакам: количеству каналов обслуживания, организации ожидания заявок, количеству фаз обслуживания, взаимосвязи с потоками заявок. По количеству каналов обслуживания СМО делятся на одно- и многоканальные, по организации ожидания заявок – на системы с отказами и системы с ожиданием или с очередями. СМО последнего типа бывают с приоритетами или без приоритетов (с равноценными или неравноценными заявками), а также комбинированного типа. По количеству фаз обслуживания СМО бывают одно- и многофазные. Системы, сочетающие в себе свойства многоканальных и многофазных систем, называются сетями массового обслуживания, для которых характерны более сложные связи, как, например, повторное обслуживание заявок на определенных фазах. По взаимосвязи СМО с потоками заявок системы делятся на разомкнутые (открытые) и замкнутые. Если интенсивность входного потока заявок не зависит ни от количества заявок, находящихся в СМО, ни от количества обслуженных заявок, то СМО называются разомкнутыми. В противном случае СМО являются замкнутыми.

Ключевые слова: *поток заявок, теория массового обслуживания, системы массового обслуживания, входной поток заявок, выходной поток обслуженных заявок, очереди заявок.*

***

Целью данной статьи является выявление показателя качества обслуживания с точки зрения количества принятых заявок в единицу времени, в ходе которого производится анализ и оптимизация работы служб приёмной комиссии ЮЗГУ.

В современных цифровых сетях интегрального обслуживания в условиях перезагрузки сети качество обслуживания заметно ухудшается, увеличивается вероятность отказов и среднее время обслуживания. В таких случаях целесообразно управлять организацией сервера узла связи, оптимально выбирать классическую структуру сервера, рассчитывая на максимальный трафик. При этом процесс оптимизации сервера основывается на модели входящего потока вызовов (заявок).

Поэтому разработка методов автоматизации обработки входных потоков сообщений, аппроксимации обработки входных потоков сообщений, аппроксимации и построения модели входных потоков сервера является актуальной.

В рассматриваемой модели для построения входящего потока вызовов в центральном сервере приёмной комиссии ЮЗГУ были получены данные.

Измерения проводились в течение трёх месяцев; объём измеренных данных превысил 750 часов. Все измерения сведены в таблицы. Для каждой из служб приёмной комиссии ЮЗГУ была вычислена относительная пропускная способность и абсолютная пропускная способность системы. В результате данных вычислений были получены оптимальные значения среднего числа каналов для каждой службы. Приёмная комиссия работает в течение 9 часов в сутки, без перерывов и выходных.

В таблице 1 приведён фрагмент измерений моментов поступлений заявок в сервере входящего потока вызовов (в минутах); интервалом анализа выбраны 15 минут, а на рисунке 1 и 2 приведены гистограммы интервалов времени между поступающими заявками с интервалами 1 и 10 заявок.

Статистический ряд распределения количества К заявок в час приведён в таблице 1. При этом объём выборки превышает 750 часов, а количество поступающих заявок превышает 2000.

Результаты обработки результата приведены в таблице 2.

Этапы обработки измеренных значений потоков приведены ниже для службы 1 (служба приёма заявок от абитуриентов, лично посетивших приёмную комиссию) [1].

Для рассмотрения службы 1 приёмной комиссии произведём расчёт следующих вероятностных характеристик. Приведем гистограмму, характеризующую зависимость количества обслуженных заявок в конкретный рабочий промежуток времени.

Таблица 1

Статистика методов поступления заявок

Время работы	Интервал наблюдения, мин	Количество заявок	Интенсивность поступления
8:00 – 9:00	15	5	0,333333333
	15	3	0,2
	15	5	0,333333333
	15	5	0,333333333
9:00 – 10:00	15	2	0,133333333
	15	1	0,066666667
	15	4	0,266666667
	15	2	0,133333333
10:00 – 11:00	15	1	0,066666667
	15	4	0,266666667
	15	3	0,2
	15	2	0,133333333
11:00 – 12:00	15	5	0,333333333
	15	3	0,2
	15	4	0,266666667
	15	4	0,266666667
12:00 – 13:00	15	5	0,333333333
	15	4	0,266666667
	15	1	0,066666667
	15	4	0,266666667
13:00 – 14:00	15	5	0,333333333
	15	1	0,066666667
	15	3	0,2
	15	5	0,333333333
14:00 - 15:00	15	5	0,333333333
	15	5	0,333333333
	15	5	0,333333333
	15	3	0,2
15:00 – 16:00	15	1	0,066666667
	15	2	0,133333333
	15	3	0,2
	15	5	0,333333333
16:00 – 17:00	15	1	0,066666667
	15	5	0,333333333
	15	4	0,266666667
	15	4	0,266666667

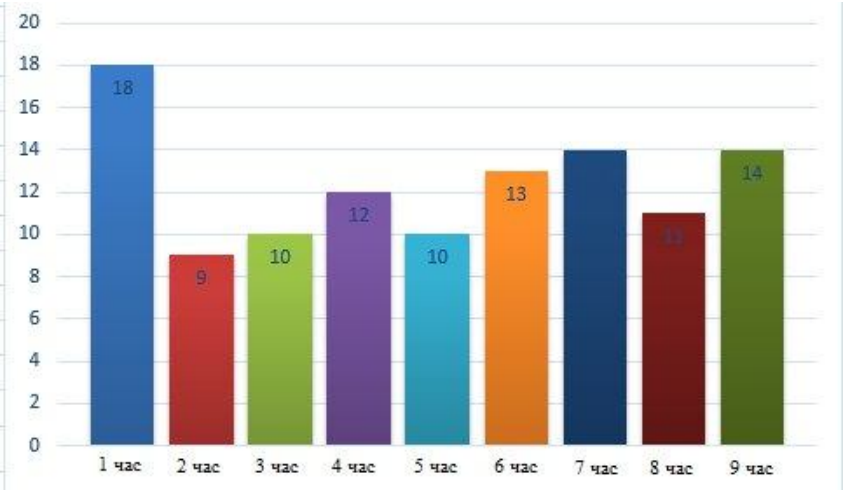


Рис. 1. Гистограмма, характеризующая показатель качества обслуживания с точки зрения количества принятых заявок в единицу времени для службы 1

Рассмотрим основные вероятностные характеристики системы массового обслуживания. Вероятность отказа при условии, что очередь не будет составлять более 7–10 человек, определится по формуле

$$P_{отк} = \frac{\rho^n}{n!} \cdot P_0, \qquad (1)$$

где $P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{n} \frac{\rho^k}{n!}}$ при $k = 0,1,...,n$,

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$,

λ – интенсивность поступления заявок;

μ – время обслуживания.

При подстановке экспериментальных данных получим

$$P_{отк} = \frac{\rho^n}{n!} \cdot P_0 = 0,0825.$$

Данное значение соответствует критерию работоспособности системы массового обслуживания ($P_{отк} < 10\%$).

Относительная пропускная способность системы вычисляется по формуле

$$g = 1 - P_{отк} = 0,9175.$$

Абсолютная пропускная способность системы вычисляется как

$$A = \chi \cdot g = 4,5875.$$

В результате вышеприведённых вычислений получим оптимальное среднее число каналов системы:

$$\overline{K} = \rho \cdot (1 - P_{отк}) = 1,62 \approx 2.$$

Проанализировав полученные параметры, пришли к выводу, что результат расчёта системы массового обслуживания совпадает с результатом, полученным в статье [1]. Такое совпадение результатов говорит об оптимальном выборе каналов, которые не дают сбоя при работе системы.

Произведём аналогичный расчёт для остальных служб приёмной комиссии ЮЗГУ и убедимся в их работоспособности при заявленном в статье количестве каналов для обработки поступающих на них заявок.

Рассмотрим службу 2 (служба, приёма заявок, работающая с абитуриентами, приславшими свои персональные данные в электронном виде), где количество заявок превышает 2500. В данном случае время ожидания заявки в очереди неограниченно.

Таблица 2

Статистика методов поступления заявок

Время работы	Интервал наблюдения, мин	Количество заявок	Интенсивность поступления
8:00 – 9:00	15	6	0,4
	15	7	0,466667
	15	7	0,466667
	15	7	0,466667
9:00 – 10:00	15	7	0,466667
	15	5	0,333333
	15	7	0,466667
	15	6	0,4
10:00 – 11:00	15	7	0,466667
	15	5	0,333333
	15	5	0,333333
	15	5	0,333333
11:00 – 12:00	15	5	0,333333
	15	5	0,333333
	15	5	0,333333
	15	6	0,4
12:00 – 13:00	15	6	0,4
	15	6	0,4
	15	7	0,466667
	15	5	0,333333
13:00 – 14:00	15	5	0,333333
	15	7	0,466667
	15	7	0,466667
	15	6	0,4
14:00 – 15:00	15	6	0,4
	15	6	0,4
	15	7	0,466667
	15	7	0,466667
15:00 – 16:00	15	6	0,4
	15	6	0,4
	15	5	0,333333
	15	5	0,333333
16:00 ч 17:00	15	7	0,466667
	15	5	0,333333
	15	5	0,333333
	15	5	0,333333

При проведении расчёта основных вероятностных характеристик системы массового обслуживания получили следующие характеристики:

– относительная пропускная способность системы $g = 0,874$, абсолютная пропускная способность $A = 4,305$,

– оптимальное среднее число каналов системы $\overline{K} = \rho \cdot (1 - P_{отк}) = 1,925 \approx 2$.

Представим гистограмму заявок, поступающих в приёмную комиссию по электронной почте (рис. 2).

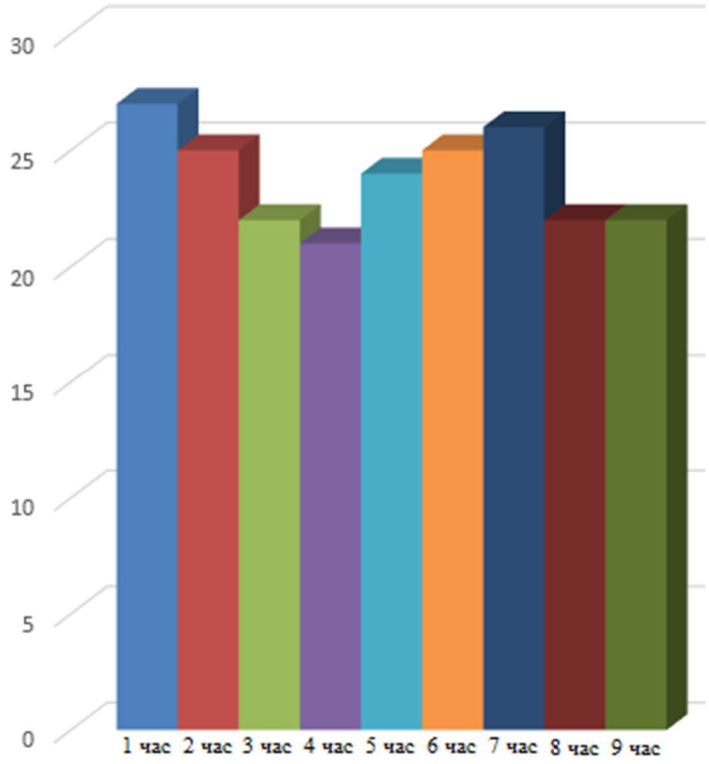


Рис. 2. Гистограмма, характеризующая показатель качества обслуживания заявок, поступающих на электронную почту для службы 3

Рассмотрим службу 3 (служба, консультирующая абитуриентов по различным направлениям подготовки), где количество заявок превышает 3000.

Таблица 3

Статистика методов поступления заявок

Время работы	Интервал наблюдения, мин	Количество заявок	Интенсивность поступления
8:00 – 9:00	15	6	0,4
	15	5	0,333333
	15	7	0,466667
	15	5	0,333333
9:00 – 10:00	15	7	0,466667
	15	6	0,4
	15	7	0,466667
	15	5	0,333333

Окончание табл. 3

Время работы	Интервал наблюдения, мин	Количество заявок	Интенсивность поступления
10:00 – 11:00	15	6	0,4
	15	6	0,4
	15	7	0,466667
	15	6	0,4
11:00 – 12:00	15	6	0,4
	15	6	0,4
	15	6	0,4
	15	6	0,4
12:00 – 13:00	15	7	0,466667
	15	5	0,333333
	15	7	0,466667
	15	5	0,333333
13:00 – 14:00	15	7	0,466667
	15	5	0,333333
	15	6	0,4
	15	7	0,466667
14:00 – 15:00	15	6	0,4
	15	6	0,4
	15	5	0,333333
	15	5	0,333333
15:00 – 16:00	15	7	0,466667
	15	7	0,466667
	15	7	0,466667
	15	5	0,333333
16:00 – 17:00	15	5	0,333333
	15	5	0,333333
	15	6	0,4
	15	5	0,333333

При проведении расчёта основных вероятностных характеристик системы массового обслуживания получили следующие характеристики:

– относительная пропускная способность системы $g = 0,809$;

– абсолютная пропускная способность $A = 4,043$;

– оптимальное среднее число каналов системы $\overline{K} = \rho \cdot (1 - P_{отк}) = 1,838 \approx 2$.

Для рассмотренной службы 3 приёмной комиссии приведём гистограмму (рис. 3).

Рассмотрим службу 4 (служба обработки персональных данных абитуриентов), количество заявок превышает 3200.

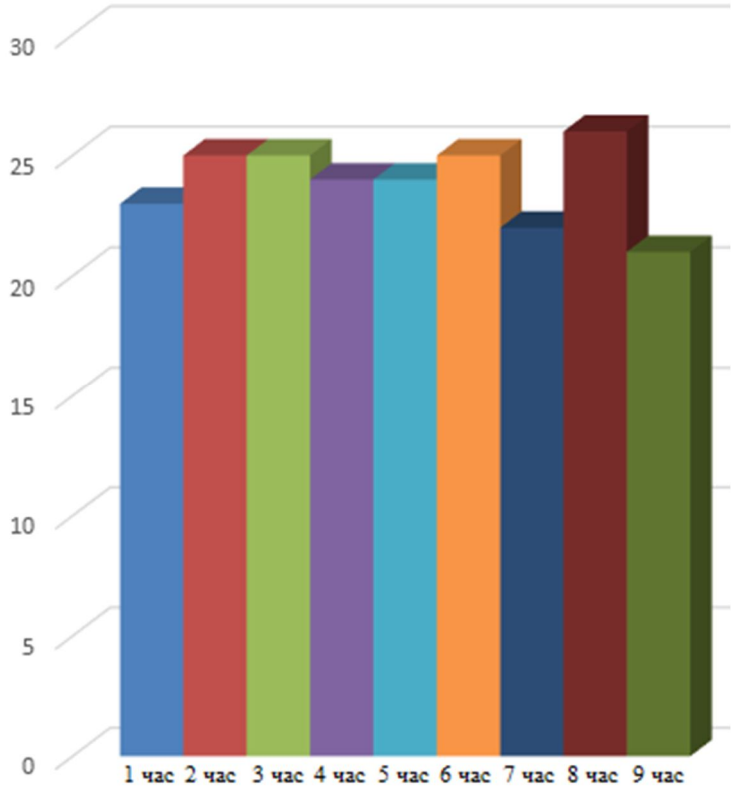


Рис. 3. Гистограмма, характеризующая показатель качества обслуживания с точки зрения количества обслуженных заявок в единицу времени (для службы 3)

Таблица 4

Статистика методов поступления заявок

Время работы	Интервал наблюдения, мин	Количество заявок	Интенсивность поступления
8:00 – 9:00	15	5	0,333333
	15	5	0,333333
	15	7	0,466667
	15	6	0,4
9:00 – 10:00	15	6	0,4
	15	6	0,4
	15	7	0,466667
	15	6	0,4
10:00 – 11:00	15	7	0,466667
	15	6	0,4
	15	7	0,466667
	15	7	0,466667
11:00 – 12:00	15	5	0,333333
	15	6	0,4
	15	6	0,4
	15	7	0,466667

Окончание табл. 4

Время работы	Интервал наблюдения, мин	Количество заявок	Интенсивность поступления
12:00 – 13:00	15	5	0,333333
	15	5	0,333333
	15	6	0,4
	15	5	0,333333
13:00 – 14:00	15	6	0,4
	15	7	0,466667
	15	5	0,333333
	15	6	0,4
14:00 – 15:00	15	6	0,4
	15	7	0,466667
	15	5	0,333333
	15	6	0,4
15:00 – 16:00	15	6	0,4
	15	6	0,4
	15	6	0,4
	15	7	0,466667
16:00 – 17:00	15	7	0,466667
	15	5	0,333333
	15	5	0,333333
	15	6	0,4

При проведении расчёта основных вероятностных характеристик системы массового обслуживания получили следующие характеристики:

– относительная пропускная способность системы $g = 0,905$;

– абсолютная пропускная способность $A = 4,23$;

– оптимальное среднее число каналов системы $\overline{K} = \rho \cdot (1 - P_{отк}) = 2,23 \approx 3$.

Для рассмотренной службы 4 приёмной комиссии приведём гистограмму (рис. 4).

Рассмотрим службу 5 (служба привлечения абитуриентов, имеющих наивысший приоритет по конкурсу), количество заявок превышает 700.

При проведении расчёта основных вероятностных характеристик системы массового обслуживания получили следующие характеристики:

– Относительная пропускная способность системы $g = 0,8$;

– абсолютная пропускная способность $A = 3,98$;

– оптимальное среднее число каналов системы $\overline{K} = \rho \cdot (1 - P_{отк}) = 0,9 \approx 1$.

Для рассмотренной службы 5 приёмной комиссии приведём гистограмму (рис. 5).

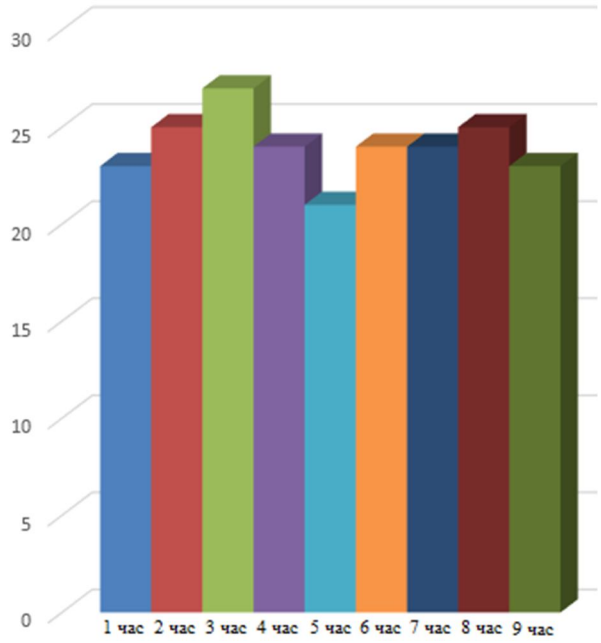


Рис. 4. Гистограмма, характеризующая показатель качества обслуживания с точки зрения количества обслуженных заявок в единицу времени (для службы 4)

Таблица 5

Статистика методов поступления заявок

Время работы	Интервал наблюдения, мин	Количество заявок	Интенсивность поступления
8:00 - 9:00	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
9:00 - 10:00	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
10:00 - 11:00	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
11:00 – 12:00	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
12:00 – 13:00	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
	15	1	0,066667

Окончание табл. 5

Время работы	Интервал наблюдения, мин	Количество заявок	Интенсивность поступления
13:00 – 14:00	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
14:00 – 15:00	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
15:00 – 16:00	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
16:00 – 17:00	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
	15	1	0,066667
	15	1	0,066667

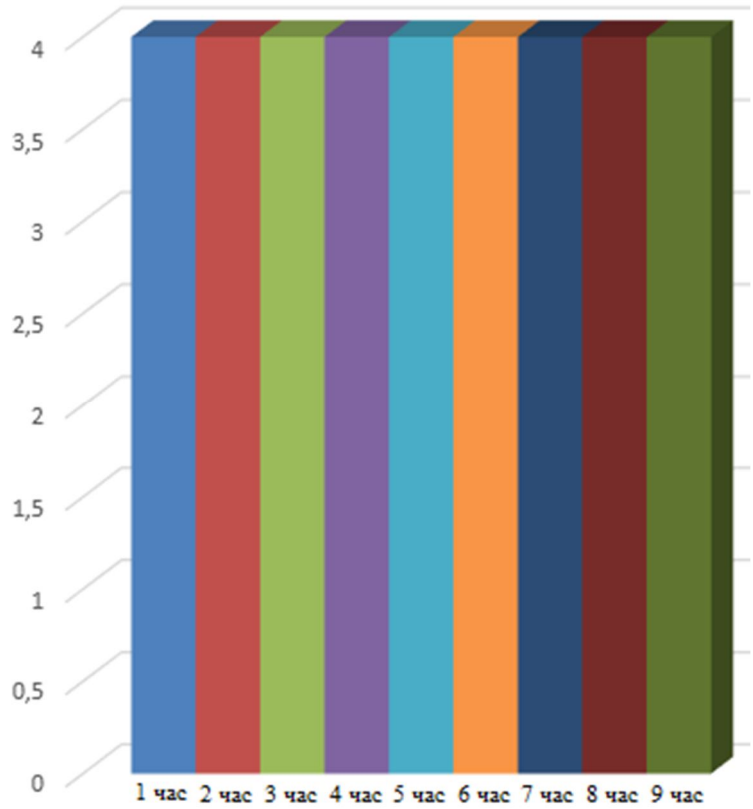


Рис. 5. Гистограмма, характеризующая показатель качества обслуживания с точки зрения количества обслуженных заявок в единицу времени (для службы 5)

В результате проведённого исследования убедились в выборе оптимального количества операторов для служб 1, 2, 3 приёмной комиссии. Пришли к выводу, что служба 4 нуждается в ещё одном операторе, о чём говорит рассчитываемое среднее число каналов системы, которое получилось равным $\overline{K} = 2,23 \approx 3$. А служба 5 имеет избыток операторов (среднее число каналов системы $\overline{K} = 0,9 \approx 1$). Следовательно, для наибольшей оптимизации приёмной комиссии ЮЗГУ необходимо одного оператора из службы 5 перевести в службу 4. При такой организации приёмная комиссии должна работать в бесперебойном режиме с определённой, известной вероятностью отказов.

Список литературы

1. Хмелевская А. В. Оптимальное количество операторов CALL-центра на базе приёмной комиссии ЮЗГУ // ВАК. – 2016. – № 2. – С. 57–64.

2. Крылов В. В., Самохвалова С. С. Теория телетрафика и ее приложения. – СПб: БВХ-Петербург, 2005. – 288 с.

3. Дьяконов В. П. Моделирование в Simulink 4: специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002. – 528 с.

5. Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 390 с.

5. Лоу А., Кельтон В. Имитационное моделирование: учебное пособие. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2004. – 847 с.

Получено 11.07.16

A. V. Chmielewska, Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: aquarel85@mail.ru)

D. S. Koptev, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: dmitrii_spartak@mail.ru)

A. N. Shevtsov, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: Aleksey_shevtsov@mail.ru)

A. N. Schitov, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: shchitov.1996@mail.ru)

STUDY OF FLOW APPLICATIONS RECEIVED BY THE SELECTION COMMITTEE SWSU

The flow of orders received with a certain intensity in the selection committee SWSU. As a result of this research incoming flow of requests is determined by a selection committee operation system services whose work was analyzed and calculated previously for each service separately.

The main object of study queuing (TMO) are queuing systems theory (SMO). CMOs are a class of mathematical schemes designed to formalize the systems functioning processes that are inherently processes of care in the broadest sense of the word. SMO studies with a random character application receipt and random service time. Examples of SMO are computers, computer systems, systems and data networks, automatic telephone exchanges, transportation systems, industrial enterprises and service enterprises.

The main elements of the QS are input stream applications, the queue of applications waiting for service channels (devices) service, the output stream of the served requests. CMOs are classified according to the following criteria: the number of service channels, companies standby applications, the number of maintenance phases, the relationship with the flow of applications. By the number of service channels CMOs are divided into single and multichannel, the expectations for the organization of applications - on system failures and system with waiting or queuing. CMO of the latter type are the priorities or without priorities (with equivalent or unequal application forms), as well as the combined type. By the number of the QS service phases are single and multiphase. Systems that combine the properties of multi-channel and multi-phase systems, called queuing networks, which are characterized by more complex communication, such as re-service applications for certain phases. In conjunction with the QS Feed applications are divided into open (open) and zamknutye. If the intensity of the input flow of requests does not depend on the number of entities in the CDM or the number of requests served, the SMO called that position. Otherwise SMO are closed.

Key words: *serial automata-based encoder, block cipher, stream cipher.*

References

1. Hmelevskaya A. V. Optimal'noe kolichestvo operatorov CALL-centra na baze priyomnoj komissii YUZGU // VAK. – 2016. –№ 2. – S. 57–64.

2. Krylov V. V., Samohvalova S. S. Teoriya teletrafika i ee prilozheniya. – SPb.: BVH-Peterburg, 2005. – 288 s.

3. D'yakonov V. P. Modelirovanie v Simulink 4. Special'nyj spravochnik. – SPb.: Piter, 2002. – 528 s.

5. Karpov YU. G. Imitacionnoe modelirovanie sistem. Vvedenie v modelirovanie s AnyLogic 5. – SPb.: BHV-Peterburg, 2006. – 390 s.

5. Lou A., Kel'ton V. Imitacionnoe modelirovanie: uchebnoe posobie. – 3-e izd. – SPb.: Piter, 2004. – 847 s.

УДК 004.02

А. М. Потапенко, канд. техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: tkkaf@inbox.ru)

А. Е. Севрюков, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: alsevryukov@yandex.ru)

ВАРИАНТЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СОЦИАЛЬНО–ЭКОНОМИЧЕСКОГО И ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Определены главные условия обеспечения эффективного использования результатов космической деятельности, которыми является дальнейшее развитие отечественной орбитальной группировки космических аппаратов различного назначения, максимально глубокая интеграция результатов космической деятельности с федеральными, региональными и муниципальными системами мониторинга и управления, в том числе с активно формирующейся в регионах и муниципальных образованиях системой оказания государственных и коммерческих услуг юридическим и физическим лицам.

Оценены факторы, влияющие на использование результатов космической деятельности в регионе, определены задачи социально-экономического и инновационного развития области с использованием результатов космической деятельности, решение которых способно придать экономике регионов инновационный характер, усилить рыночные механизмы, повысить качество жизни населения, расширить спектр оказываемых услуг.

Проанализированы причины отсутствия целостной региональной инфраструктуры использования результатов космической деятельности в интересах органов исполнительной власти области, органов местного самоуправления, предприятий и организаций, населения, к которым можно отнести отсутствие целостной областной инфраструктуры использования результатов космической деятельности, отсутствие целостной системы подготовки и повышения квалификации специалистов, неразвитость законодательного и технологического нормативного обеспечения процессов создания и использования информационных ресурсов.

Сформулированы приоритетные задачи социально-экономического и инновационного развития области, для решения которых целесообразно использование результатов космической деятельности, что позволяет комплексно использовать спутниковые навигационные технологии системы ГЛОНАСС и другие результаты космической деятельности для придания региональной экономике инновационного характера, усиления рыночных механизмов, повышения качества жизни населения, расширения спектра оказываемых услуг в различных отраслях.

Ключевые слова: *результаты космической деятельности, ГЛОНАСС, совокупный информационный ресурс, мониторинг, картографический комплект.*

***

За годы развития отечественной космонавтики созданы уникальные спутниковые технологии и наземная инфраструктура, позволяющие не только решать задачи получения и обработки космической информации, создавать и эксплуатировать космические системы и комплексы дистанционного зондирования Земли, спутниковой навигации, связи и гидрометеорологического обеспечения, выполнять уникальные программы фундаментальных космических исследований на околоземной орбите, но и реализовывать наукоемкие проекты, обеспечивающие эффективное применение результатов космической деятельности в целях развития экономики страны и улучшения жизни граждан.

Главным условием обеспечения эффективного использования результатов космической деятельности является дальнейшее развитие отечественной орбитальной группировки космических аппаратов различного назначения, максимально глубокая интеграция результатов космической деятельности с федеральными, региональными и муниципальными системами мониторинга и управления, в том числе с активно формирующейся в регионах и муниципальных образованиях системой оказания государственных и коммерческих услуг юридическим и физическим лицам.

Комплексное использование результатов способно придать экономике регионов инновационный характер, усилить рыночные механизмы, повысить качество жизни населения, расширить спектр оказываемых услуг. Задача обеспечения эффективности использования результатов космической деятельности (далее – РКД) приобрела особое государственное значение.

Главная проблема в сфере использования РКД в регионе состоит в отсутствии целостной региональной инфраструктуры использования РКД в интересах органов исполнительной власти области, органов местного самоуправления, предприятий и организаций, населения, а проводимые работы, как правило, носят ведомственный характер, решают частные вопросы и не имеют четкой координации. В результате появляется дублирование выполняемых мероприятий, применение различных технологий обработки и представления пространственных данных, что препятствует формированию единого информационного пространства Курской области и не способствует целевому использованию финансовых средств, в том числе и выделяемых различными ведомствами для решения собственных задач на территории области. Кроме того, такое положение дел не обеспечивает решение системообразующих базовых задач, что ставит под сомнение эффективность проводимых мероприятий в целом.

К основным причинам такого положения следует отнести:

– отсутствие целостной областной инфраструктуры использования результатов космической деятельности, в первую очередь инфраструктуры информационного обеспечения администрации области, органов местного самоуправления, а также системы оказания услуг юридическим и физическим лицам;

– недостаточная информированность должностных лиц, конечных пользователей о готовых к использованию и создаваемых спутниковых навигационных технологиях с использованием системы ГЛОНАСС, средств дистанционного космического мониторинга территорий и объектов и других результатов космической деятельности;

– отсутствие целостной системы подготовки и повышения квалификации специалистов – пользователей спутниковых навигационных технологий с использованием системы ГЛОНАСС, средств дистанционного космического мониторинга и других результатов космической деятельности;

– отсутствие необходимой координации деятельности в области внедрения спутниковых навигационных технологий с использованием системы ГЛОНАСС, средств космического мониторинга территорий и объектов и других результатов космической деятельности в области;

– неразвитость законодательного и технологического нормативного обеспечения процессов создания и использования информационных ресурсов, получаемых в результате космической деятельности.

На сегодняшний день практика внедрения отдельных космических технологий, продуктов и услуг в регионах России позволяет констатировать, что в современных условиях эффективное использование РКД является одним из действенных антикризисных механизмов,

обеспечивающих значительную экономию финансовых и материальных средств, что обусловлено:

– жизненной необходимостью ускорения перехода Курской области к инновационной модели развития;

– необходимостью качественной модернизации экономики Курской области в информационной сфере;

– готовностью широкого спектра космических технологий, продуктов и услуг к практическому внедрению в реальные социально-экономические процессы Курской области.

Космическая деятельность является определяющей во многих важных сферах хозяйственной деятельности, в том числе:

– сокращения времени на оценку геопространственных факторов и принятия решений органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами муниципального самоуправления;

– повышения эффективности управления транспортом;

– снижения стоимости и сроков выполнения картографических работ;

– уменьшения сроков геодезических работ и их стоимости.

В соответствии с приоритетными направлениями применения РКД в Курской области к приоритетным задачам социально-экономического и инновационного развития области, для решения которых целесообразно использование РКД, следует отнести:

– создание условий для внедрения и развития современных технологий, повышения энергетической и экологической эффективности экономики;

– создание совокупного информационного ресурса Курской области, интегрированного с базовым картографическим комплектом, структурированного по видам социально-экономической деятельности и позиционированного в пространстве, времени и системе координат;

– повышение уровня защиты населения и территории Курской области от угроз природного и техногенного характера за счет комплексного использования космических технологий;

– создание постоянно действующих систем мониторинга и управления критически важными и потенциально опасными объектами, сложными инженерными сооружениями на основе СВТП;

– обеспечение эффективного и устойчивого развития агропромышленного комплекса и достижение траектории устойчивого роста;

– мониторинг и управление использованием земель и объектов, в том числе планирование и управление градостроительством и имуществом;

– реализация мониторинга и диспетчеризации общественного, ведомственного и специального транспорта;

– создание и обеспечение функционирования системы оперативного экологического мониторинга территорий и объектов;

– создание и обеспечение функционирования системы мониторинга состояния площадных объектов, территориально разнесенной инфраструктуры;

– мониторинг и управление развитием дорожной инфраструктурой;

– пространственное планирование территорий и объектов;

– обеспечение безопасности транспортных коридоров;

– привлечение дополнительных инвестиций в Курскую область;

– формирование базовой инфраструктуры образования в сфере использования результатов космической деятельности [1, 3].

Комплексное использование спутниковых навигационных технологий с использованием системы ГЛОНАСС и других результатов космической деятельности способно придать региональной экономике инновационный характер, усилить рыночные механизмы, повысить качество жизни населения, расширить спектр оказываемых услуг в различных отраслях, включая транспорт, здраво-

охранение, образование, промышленное производство, торговлю и услуги, строительство, природопользование и охрану окружающей среды, сельское хозяйство, дорожное хозяйство, геодезию и картографию.

Помимо вышеперечисленного данные технологии обеспечивают мониторинг и контроль за критически важными, потенциально опасными и социально значимыми объектами на территории региона, а также за реализацией мер по устранению чрезвычайных ситуаций.

Использование спутниковых навигационных технологий с использованием системы ГЛОНАСС и других результатов космической деятельности оказывает значительный управленческий, экономический, социальный и экологический эффект, а также повышает безопасность жизнедеятельности населения, в частности:

– повышается качество расходования бюджетных средств;

– увеличиваются поступления в бюджет региона;

– уменьшается количество выбросов вредных веществ; уменьшаются последствия терактов и техногенных катастроф;

– повышается скорость реагирования на происшествия оперативными службами; снижается количество происшествий и число погибших в них;

– увеличивается эффективность контроля соблюдения правил перевозок;

– повышается рентабельность использования транспортных средств различного назначения;

– увеличивается пропускная способность дорог и скорость движения по ним; повышается качество и снижается время выполнения кадастровых и геодезических работ.

Задача обеспечения эффективности использования результатов космической деятельности приобрела особое государственное значение. Это вызвано, прежде всего, принятым руководством страны курсом на инновационное развитие России, обеспечение технологического прорыва и модернизацию экономики на основе внедрения качественно новых технологий и услуг. В этих целях на федеральном уровне определены соответствующие поручения Председателя Правительства Российской Федерации (протокол от 10 августа 2010 г. № ВП–П7–44пр) [2].

Задача доведения результатов космической деятельности до конечных пользователей имеет общенациональный, межведомственный и межрегиональный характер, требует комплексного подхода на основе программно–целевого метода [3].

Использование этого метода позволит:

– обеспечить рациональное использование ресурсов и концентрацию финансовых средств, выделяемых из федерального бюджета, бюджета Курской области, а также средств различных министерств (С/Х, МЧС, и т.д.) с привлечением внебюджетных источников при решении наиболее важных и актуальных задач в области использования результатов космической деятельности;

– обеспечить координацию работ и ликвидацию дублирования мероприятий в этой области, реализуемых в различных программах и проектах, что обеспечит повышение эффективности расходования бюджетных средств на предоставление продуктов и услуг конечным пользователям;

– увязать и гармонизировать цели, задачи и мероприятия Программы с федеральными целевыми и государственными программами, а также приоритетными направлениями развития Российской Федерации, интересами региональных партнеров, профильными федеральными, областными, муниципальными и другими программами и проектами;

– внедрить в практику мониторинг хода и результатов хозяйственно-экономической деятельности, координацию работ и ликвидацию дублирования

мероприятий в этой области, реализуемых в различных программах и проектах, оперативное использование его результатов, что обеспечит повышение эффективности расходования бюджетных средств на предоставление продуктов и услуг на основе использования современных спутниковых навигационных технологий ГЛОНАСС и других результатов космической деятельности, в том числе за счет осуществления объективного контроля;

– сформировать и обеспечить эффективное использование региональной навигационно-информационной инфраструктуры внедрения спутниковых навигационных технологий ГЛОНАСС, средств ДЗЗ и других результатов космической деятельности в Курской области, обеспечивающей потребности в космических продуктах и услугах широкого круга конечных пользователей;

– сформировать юридические, экономические организационные и технологические условия для использования РКД в Курской области;

– обеспечить подготовку и переподготовку профессиональных кадров для Курской области в этой новой инновационной наукоёмкой отрасли деятельности [4];

– обеспечить устойчивое межведомственное и межрегиональное взаимодействие и информационное сопряжение федеральной, региональной и муниципальной инфраструктуры внедрения спутниковых навигационных технологий с использованием системы ГЛОНАСС, средств ДЗЗ и других результатов космической деятельности;

– обеспечить комплексный подход при получении, совместной обработке, хранении и предоставлении информации, полученной космическими и другими информационными средствами [5];

– сформировать и реализовать единую техническую и технологическую политику при использовании результатов космической деятельности в интересах администрации Курской области и органов местного самоуправления;

– реализовать механизмы государственно-частного партнерства, сформировать необходимые условия и правила рынка продуктов и услуг на основе использования современных спутниковых навигационных технологий с использованием системы ГЛОНАСС, средств ДЗЗ и других результатов космической деятельности;

– создать условия для повышения эффективности деятельности структурных подразделений администрации области и органов местного самоуправления [6].

Таким образом, программно-целевой метод в сочетании с ускоренным развитием рыночных механизмов является единственно возможным для решения масштабной задачи – обеспечения эффективного использования результатов космической деятельности в интересах социально-экономического развития Курской области.

Список литературы

1. Основы государственной политики в области использования результатов космической деятельности в интересах модернизации экономики Российской Федерации и развития ее регионов на период до 2030 года: утверждено Президентом РФ 14.01.2014 № Пр-51. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. Поручения Председателя Правительства Российской Федерации В. В. Путина: протокол от 10 августа 2010 г. № ВП–П7–44пр. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Разработка областной целевой программы «Использование спутниковых навигационных технологий с использованием системы ГЛОНАСС и других результатов космической деятельности в интересах социально-экономического и инновационного развития Курской области на 2013–2015 годы»: отчет о НИР /

Юго-Западный государственный университет. – ГК №15/1.247.12 П от 29.12.2012 г. – Курск, 2013.

4. Потапенко А. М., Михайлов С. Н., Заичко В. А. Система подготовки и повышения квалификации специалистов по вопросам использования результатов космической деятельности на примере Курской области // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2013. – № 6 (51). – С. 55–59.

5. Андронов В. Г., Клочков И. А., Мордавченко Т. В. Формирование угловых параметров космической сканерной съемки в режимах трехосного программного управления осью визирования КА // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. – № 6. – 2010 – С. 43–47.

6. Основные направления системного решения задач региональной информатизации / В. Г. Андронов, С. Г. Емельянов, С. Н. Михайлов, А. М. Потапенко // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2008.– Т. 6, № 10. – С. 7–13.

Получено 27.06.16

A. M. Potapenko, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tkkaf@inbox.ru)

A. E. Sevryukov, Senior Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: alsevryukov@yandex.ru.)

OPTIONS FOR SOLVING THE PROBLEMS OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE REGION AND INNOVATION WITH THE RESULTS OF SPACE ACTIVITIES

Identify the main conditions for ensuring the efficient use of space activities, which is a further development of the domestic constellation of spacecraft for various purposes, the most deep integration of space activities results with federal, regional and municipal monitoring and control systems, including the actively developing in the regions and municipalities system of the provision of public and commercial services to businesses and individuals.

Estimated the factors influencing the use of the results of space activities in the region, identified the socio-economic and innovative development of the region with space activities results, the solution of which can give the economy of the regions innovative, strengthen market mechanisms, improve the quality of life of the population, to expand the range of services provided.

The reasons for the lack of an integrated regional infrastructure use the results of space activities in the interests of the executive power of the region authorities, local governments, businesses and organizations, the public, which include the lack of an integrated regional infrastructure use the results of space activities, the lack of an integrated system of training and development professionals, undeveloped the legislative and regulatory process ensuring the creation and use of information resources.

Formulated the priorities of socio-economic and innovative development of the region, for which it is advisable to use the results of space activities, which allows integrated use of satellite navigation system GLONASS technology and other space activities to make the regional innovative nature of the economy, strengthening of market mechanisms to improve the quality of life, expanding the range of services in various sectors.

Key words: *space activities, GLONASS, combined information resource monitoring, mapping kit.*

References

1. Osnovy gosudarstvennoj politiki v oblasti ispol'zovaniya rezul'tatov kosmicheskoj deyatel'nosti v interesah modernizacii ehkonomiki Rossijskoj Federacii i razvitiya ee regionov na period do 2030 goda: utverzhdeno Prezidentom RF 14.01.2014 № Pr-51. – Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

2. Porucheniya Predsedatelya Pravitel'stva Rossijskoj Federacii V. V. Putina: protokol ot 10 avgusta 2010 g. № VP–P7–44pr. – Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

3. Razrabotka oblastnoj celevoj programmy «Ispol'zovanie sputnikovyh navigacionnyh tekhnologij s ispol'zovaniem sistemy GLONASS i drugih rezul'tatov kosmicheskoj deyatel'nosti v interesah social'no-ehkonomicheskogo i innovacionnogo razvitiya Kurskoj oblasti na 2013–2015 gody: otchet o NIR / Yugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet. – GK

№15/1.247.12 P ot 29.12.2012 g. – Kursk, 2013.

4. Potapenko A. M., Mihajlov S. N., Zaichko V. A. Sistema podgotovki i povysheniya kvalifikacii specialistov po voprosam ispol'zovaniya rezul'tatov kosmicheskoj deyatel'nosti na primere Kurskoj oblasti // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2013. – № 6 (51). – S. 55–59.

5. Andronov V. G., Klochkov I. A., Mordavchenko T. V. Formirovanie uglovyh parametrov kosmicheskoj skanernoj s"emki v rezhimah trekhosnogo programmnogo upravleniya os'yu vizirovaniya KA // Izv. Vuzov. Geodeziya i aehrofotos"yomka. – 2010. – № 6. – S. 43–47.

6. Osnovnye naprav-leniya sistemnogo resheniya zadach regio-nal'noj informatizacii / V. G. Andronov, S. G. Emel'yanov, S. N. Mihajlov, A. M. Potapenko // Informacionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy. – 2008. – T. 6, № 10. – S. 7–13.

УДК 004.031+517.8

А. Г. Курочкин, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: ak.kursk@gmail.com)

МЕТОД ПЛАНИРОВАНИЯ МАРШРУТА ПОДВИЖНОГО РОБОТА НА МЕСТНОСТИ

Метод использует подход известного эвристического алгоритма А-звездочка. В работе рассматривается вопрос организации поиска точек маршрута на местности. Местность имеет стандартное описание в виде матрицы ячеек. Алгоритм-звездочка использует в каждой ячейке 2 вида расстояния. Первое расстояние – это длина пройденного пути. Второе расстояние – это эвристическая оценка остатка пути. При выборе следующей ячейки А-звездочка анализирует окрестность текущей ячейки. После этого выбирается ячейка с минимальной суммой двух расстояний. Недостаток данного алгоритма определяется наличием переборных шагов при попаданини в тупик.

Для снятия этой проблемы матрица ячеек расширяется новыми данными в виде дополнительной строки и столбца – бинарных флагов. Эти флаги описывают состояния строк и столбцов исходной матрицы на предмет наличия глобального свойства по проходимости группы ячеек без обхода препятствий. За счет наличия цифровой карты местности данное свойство является легко вычислимым. Двоичный флаг строки или столбца матрицы на этапе анализа соседних ячеек позволяет снизить неопределенность выбора текущей ячейки. Как результат, время поиска (планирования) маршрута уменьшается за счет преимущественного движения по свободным строкам или столбцам (при их наличии). В данном методе вводится процедура поиска ближайшей свободной строки или столбца, ячейки которых войдут в точки маршрута. Модифицированный метод дополняется пирамидальной сортировкой анализируемых ячеек. Этот шаг необходим для уменьшения числа сравнений анализируемых ячеек с целью выбора новой родительской ячейки.

Ключевые слова: *маршрут, алгоритм поиска, бинарный флаг, подвижный робот.*

***

Актуальность

Успехи современной вычислительной техники в области создания параллельных специализированных систем и устройств, сопряженные с достижениями в области управления мехатронными машинами, и организация интеллектуальных аппаратно-программных комплексов мониторинга движения подвижных объектов (роботов) вывели на передовой уровень проблематику создания автономно действующих робототехнических машин (РТМ) [1]. Данное направление уточняется как создание интеллектуальных машин (механизмов), осуществляющих скоординированные пространственно-временные перемещения в рабочем пространстве.

Для обеспечения автономного движения робота к целевой позиции важнейшее значение имеет алгоритм планирования (поиска) маршрута с учетом имеющихся объектов-препятствий. Необходимость учета препятствий и прокладка маршрута, оптимизированного по определенному критерию (длина, время,

расход топлива и др.), определяют актуальность работы.

Постановка и формализация задачи

Задача автономного перемещения подвижного робота с учетом картографической привязки исходной позиции, главной цели, потенциальных препятствий является достаточно нетривиальной по постановке, определению ограничений. Кроме того, она, безусловно, является оригинальной по методу и алгоритму решения, так как при обеспечении автономности выполнения должна наследовать основной принципы интеллектуальной деятельности человека, а именно: работа с неполными (неточными) данными, генерация альтернатив, свобода выбора текущего шага в процессе вычислений (принятия решений) [2].

Пусть на некотором участке 3-мерного пространства заданы исходная позиция $O(x_o, y_o, z_o)$ и главная цель $G(x_G, y_G, z_G)$, причем $x_o \neq x_G$, $y_o \neq y_G$, $z_o, \neq z_G$ и $x_o > x_G$, $y_o > y_G$, $z_o, > z_G$ (начало координат – левый нижний угол). Рассматривается автономное движение подвижного робота, способного совершать базовые геометрические действия, а также и физико-механические работы в опорных точках местности [2]. Абстрагируясь от конкретного содержания физико-механических работ робота, в работе для сохранения общности изложения рассматривается задача планирования в общей постановке «исходная позиция → цель». При необходимости координаты позиции «цель» трактуются как опорная точка и метод рекурсивно применяется.

Метод планирования маршрута на основе А-звездочка

Движение робота понимается как обособленный вид работы, непосредственно связанной с расходом топливного ресурса и характеризуемой количественными и качественными показателями времени прохождения маршрута, минимальной, средней и максимально возможными скоростями, типом грунта и др.

Среди количественных параметров как базовые можно выделить [2]:

– длину маршрута – $L_{общ}$;

– время прохождения маршрута – $T_{общ;}$

– количество опорных точек k (ориентиров, маяков на местности) $OT_1 – OT_k$;

– расход топливного ресурса на маршруте – E и др.

Типовая исходная ситуация для организации поиска маршрута имеет вид, приведенный на рис. 1.

Согласно рисунку 1 рабочее пространство поиска (ЦКМ) разбивается сеткой с шагом Δ_x, Δ_y на ячейки, образуя матрицу ячеек $M = \{m_{ij}\}$. В исходной ситуации считаются заданными координаты робота (зеленая ячейка), цели (красная ячейка) и координаты препятствий, имеющих произвольную геометрию (серые ячейки).

Собственно, организация поиска сводится на текущем шаге цикла перебора ячеек матрицы M к выбору следующей (родительской) ячейки, имеющей минимум целевой функции, например функции оценки расстояний.

Согласно стандартной процедуре анализа и выбора каждая ячейка m_{ij} матрицы M имеет 8 соседей (рис. 2).

В работе в качестве базовой процедуры локального поиска выбран эвристический алгоритм A^* (А-звездочка).

Согласно A^* ячейка матрицы описывается следующими количественными характеристиками:

– длина пройденного пути, вычисляемая как $G_{k+1} = G_k + L_{ij}$;

– эвристическая оценка длины пути, оставшегося до цели H.

При этом подвижный робот может перемещаться как по горизонтали/вертикали, так и по диагонали.

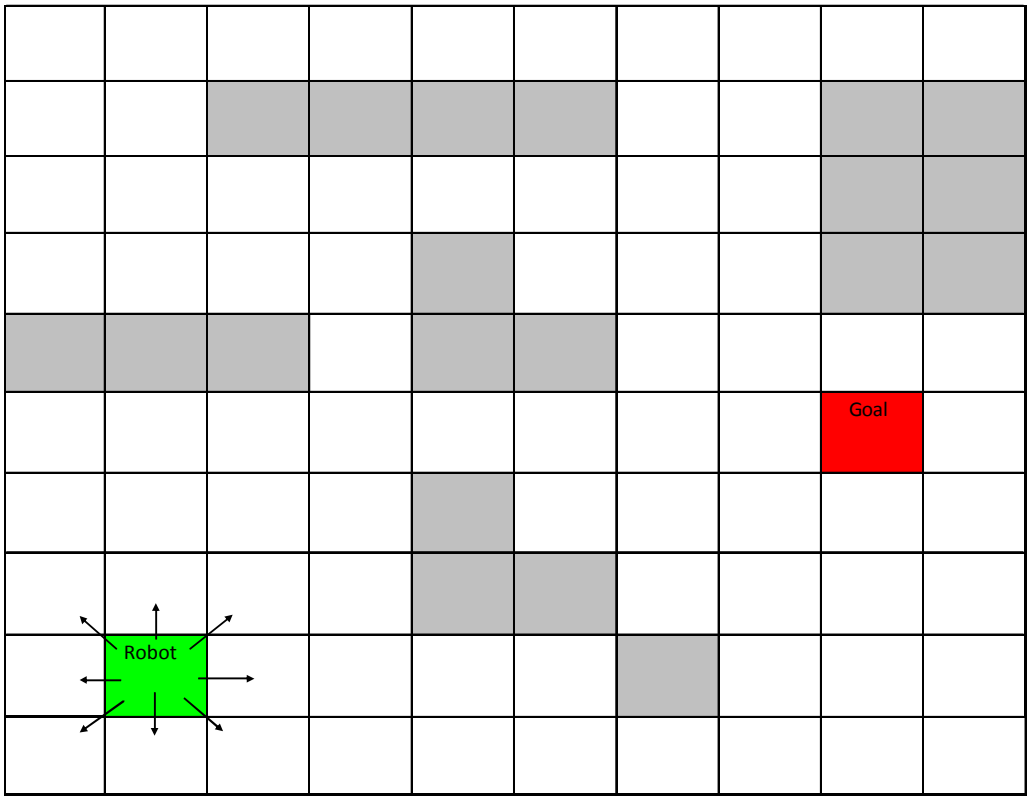


Рис. 1. Типовая исходная ситуация планирования маршрута

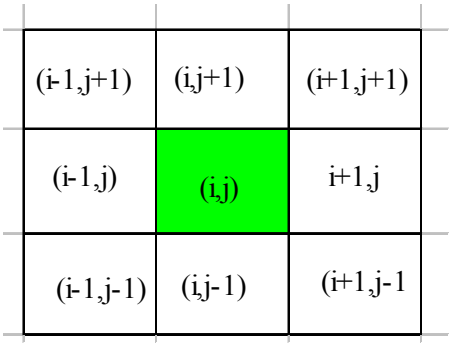


Рис. 2. Матричная топология ячеек, соседних с ячейкой (ij)

Таким образом, сложность перемещения робота между клетками оценивается на каждом шаге как минимизация функции F:

$$F = G + H \rightarrow \min. \qquad (1)$$

Сущность A^* заключается в выполнении следующих шагов:

1) текущая ячейка (вначале это ячейка с исходной позицией робота) заносится в список закрытых вершин (для исключения повторных обращений к ней);

2) для m_{ij} генерируются координаты 8 соседних ячеек, выполняется проверка выхода за границы ЦКМ;

3) проверяются биты статуса ячеек по проходимости: если status=busy, то такие ячейки заносятся в список закрытых вершин;

4) выделенные свободные ячейки относительно текущей m_i заносятся во временный открытый список;

5) выполняется расчет расстояний G, H и суммарного расстояния F для всех ячеек из временного списка;

6) ячейки из временного открытого списка заносятся в главный открытый список;

7) если новая ячейка уже есть в главном открытом списке, то проверяется суммарная стоимость расстояния через эту ячейку. Если $F_{new} > F_{old}$, то переход на п. 8. Если же $F_{new} \le F_{old}$, то смена текущей ячейки на новую ячейку из главного списка и переход на п. 1;

8) сортировка главного списка открытых вершин по минимальному расстоянию F и выбор ячейки (координат) как минимума;

9) если сортированный главный список открытых вершин содержит более 1 ячейки с минимальным расстоянием, то выбор родительской ячейки – по правилу первой ячейки с большим индексом столбца (движение вправо), затем с большим индексом строки (вверх);

10) первая ячейка из сортированного главного списка открытых вершин помечается как родительская, переход на п.1;

11) останов алгоритма поиска в случаях:

– в главный список открытых вершин добавлена целевая ячейка (путь найден),

– главный список открытых вершин пуст (путь не найден);

12) обратным перемещением от цели к исходной ячейке восстанавливаем родительские ячейки, координаты которых являются маршрутом движения робота.

Таким образом, несмотря на введенную эвристику оставшегося расстояния до цели, в п. 9 применяется директивное правило выбора, не связанное ни с исходной матрицей, ни с координатами цели. Это означает, что в п. 9 поиск является, по сути, «слепым».

Первый шаг анализа ячеек связан с проверкой непроходимости через соседние ячейки. Ячейкам матрицы местности соответствует бинарная карта проходимости, где ij-й бит бинарной карты соответствует ij-й ячейке матрицы.

В результате на текущем шаге анализа соседних потомков ij-й ячейки матрицы учитывается статус ячейки $status_{ij}$:

$$status_{ij} = \begin{cases} 0, \text{ (free)} - \text{ ij-я ячейка свободна,} \\ 1, \text{ (busy)} - \text{ ij-я ячейка непроходима.} \end{cases} \quad (2)$$

После отсечения по картограмме проходимости ячеек, не преодолимых роботом, осуществляется анализ целевой функции на предмет выбора ячейки, имеющей минимальную сумму длин согласно (1).

Для этого на втором шаге осуществляется анализ свободных ячеек (не более 8) по длине пройденного расстояния G и оставшегося до цели H (рис. 3).

G8 **F8=G8+H8** H8	G1 **F1=G1+H1** H1	G2 **F2=G2+H2** H2
G7 **F7=G7+H7** H7	(i,j)	G3 **F3=G3+H3** H3
G6 **F6=G6+H6** H6	G5 **F5=G5+H5** H5	G4 **F4=G4+H4** H4

Рис. 3. Пространство анализа ячеек по критерию суммы расстояний

Вычисление такой ячейки связано с упорядочением группы ячеек $(i*1, j*1)'$ относительно ячейки m_{ij} и выбором лучших кандидатов на текущий экстремум функции (1): $(i*1, j*1)'$ – литерал, обозначающий соседние ячейки;

«*» – операция инкремента или декремента индекса строки или столбца.

Операция возвращает координаты ячейки $k_1\ k_2'$, которая может стать родительской (на следующем шаге поиска):

$$k_1k_2' = \arg(\mathrm{SORT}(F_1', F_2', F_3', F_4', F_5', F_6', F_7', F_8')|_{\min}), \quad (3)$$

где F_k' – проходимые по (2) ячейки.

Если ячейка с координатами k_1k_2' ранее уже была активирована, то возникает необходимость проверки на более корот-

кий путь, чем через текущую ячейку. Например, перемещение по диагонали квадратной ячейки всегда дает более короткий путь, чем по катетам прямоугольного треугольника. В результате сравнения выбранная из окрестности текущей ячейки новая ячейка может иметь оценку расстояния F_k' больше, чем собственная оценка этой ячейки. Тогда путь через текущую ячейку будет не минимальным по расстоянию, а ячейка не может быть родительской. Необходима следующая итерация алгоритма A^* с новой ячейкой. Текущая ячейка заносится в закрытый список вершин.

Модифицированный метод планирования маршрута на основе А-звездочка

Как определено, A^*, несмотря на введение эвристической функции оценки расстояния, характеризуется неопределенностью выбора следующей ячейки при равных значениях суммарной функций расстояний. В связи с этим предлагается ввести объективную дополнительную информацию об особенностях исходной ЦКМ, на которой выполняется работа. Эта информация представляется двоичными флагами, обозначающими свободные от препятствий строки и столбцы матрицы (рис. 4).

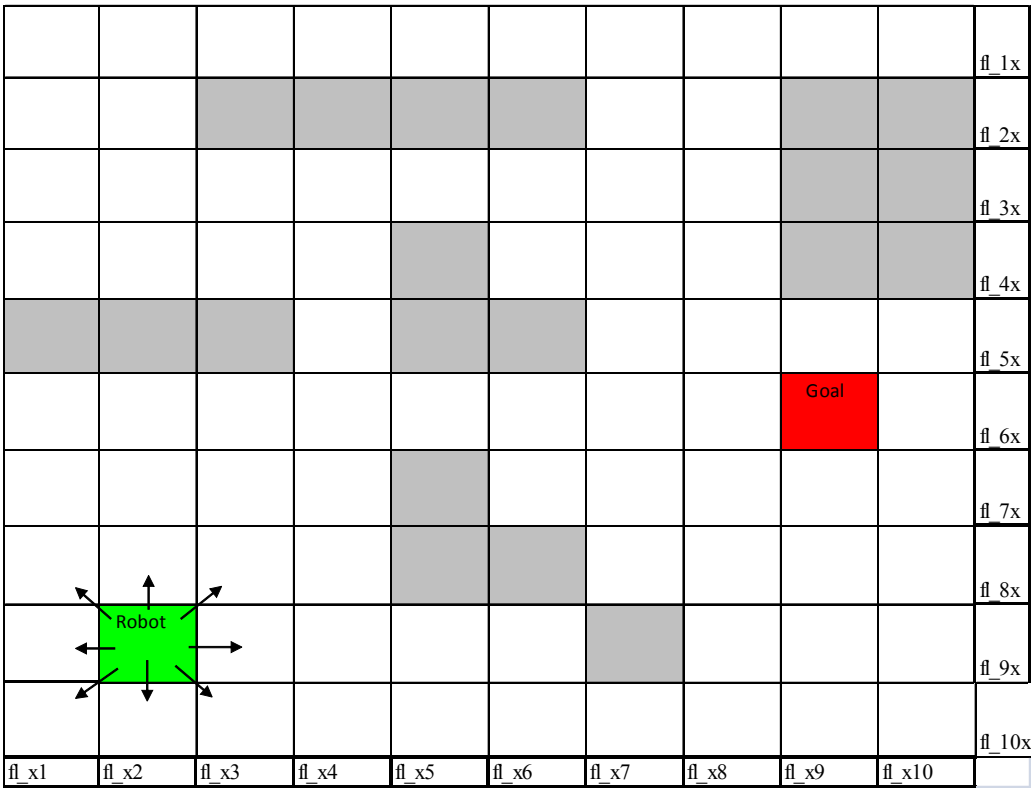


Рис. 4. Исходная ситуация планирования маршрута, расширенная флагами

Для квадратной матрицы n×n дополнительно вводятся строка флагов и столбец флагов fl_x1 –fl_xn и fl_1x – fl_nx соответственно.

Каждый бит флага информирует робота о том, что соответствующий столбец/строка свободные или занятые:

$$\forall k \mid \text{fl_xk} = \begin{cases} 1, \text{ если } \&_{j=1}^{n}(\text{stastus } (m_{xj}) = \text{free}), \\ 0 \text{ в противном случае,} \end{cases} \quad (4)$$

$$\forall k \mid \text{fl_kx} = \begin{cases} 1, \text{ если } \&_{j=1}^{n}(\text{stastus } (m_{jx}) = \text{free}), \\ 0 \text{ в противном случае,} \end{cases} \quad (5)$$

где k – индекс ячейки в строке или столбце.

В результате при выполнении проверок на проходимость ячеек по (4) и (5) возможна смена родительской ячейки, сортировка соседних ячеек по расстоянию. В построение маршрута вводится дополнительный шаг приоритетного выбора такой следующей ячейки, которая входит в свободную строку или столбец.

В модифицированном методе предлагается на шаге анализа данных после (3) проводить дополнительную проверку принадлежности ячейки-кандидата к свободной строке или столбцу:

$$\forall k \mid k_1 k_2' \Leftrightarrow fl_xk=$$

$$=\begin{cases} 1, \text{ если } k_2'=k, \\ 0 \text{ в противном случае,} \end{cases}$$

$$\forall k \mid k_1 k_2' \Leftrightarrow fl_kx =$$

$$=\begin{cases} 1, \text{ если } k_1'=k, \\ 0 \text{ в противном случае.} \end{cases}$$

Другое усовершенствование метода связано с применением пирамидальной сортировки соседних ячеек по расстоянию F, позволяющей уменьшить число сравнений с p^2 до $\log_2 p$.

Схема пирамидальной сортировки приведена на рис. 5.

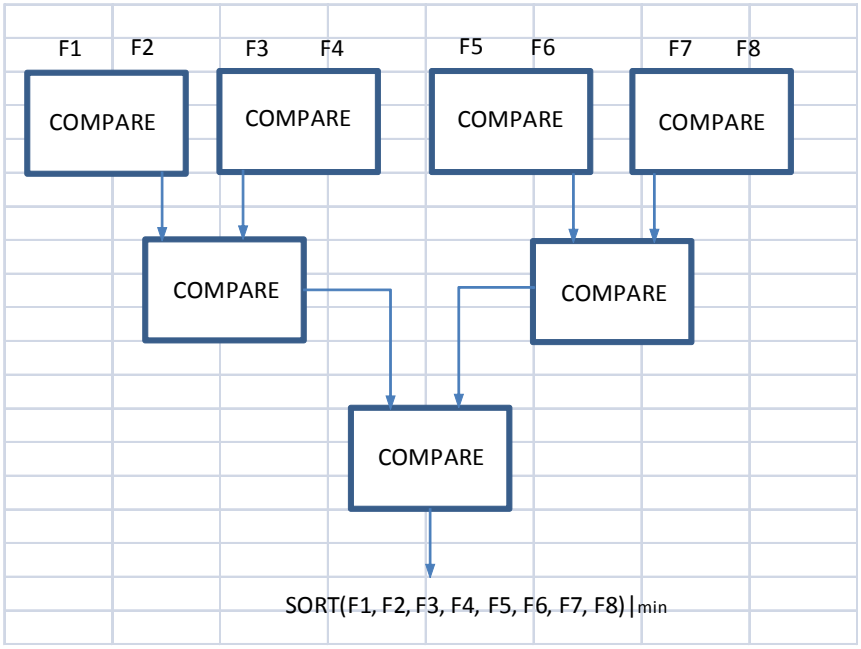


Рис. 5. Пирамидальная схема сортировки

Таким образом, на основе A^* разработан модифицированный метод планирования маршрута, включающий следующие этапы:

а) подготовка расширенной матрицы ячеек, содержащей дополнительные строку и столбец, каждый бит которых имеет информацию о наличии свободного столбца или строки в исходной матрице;

б) проверка и выбор соседних с текущей ячеек на проходимость по картограмме проходимости;

в) оценка проходимых ячеек по минимальному суммарному расстоянию путем сортировки расстояний для этих ячеек;

г) дополнительная проверка подмножества ячеек с минимальным расстоянием по строке-флагу и столбцу-флагу и выбор такой родительской ячейки, кото-

рая расположена или приближена к строке-флагу или столбцу-флагу.

Научная новизна метода определяется модификацией известной поисковой процедуры A* и ее включением в систематический алгоритм поиска в глубину. На рис. 6 показаны различные результаты поиска по двум методам.

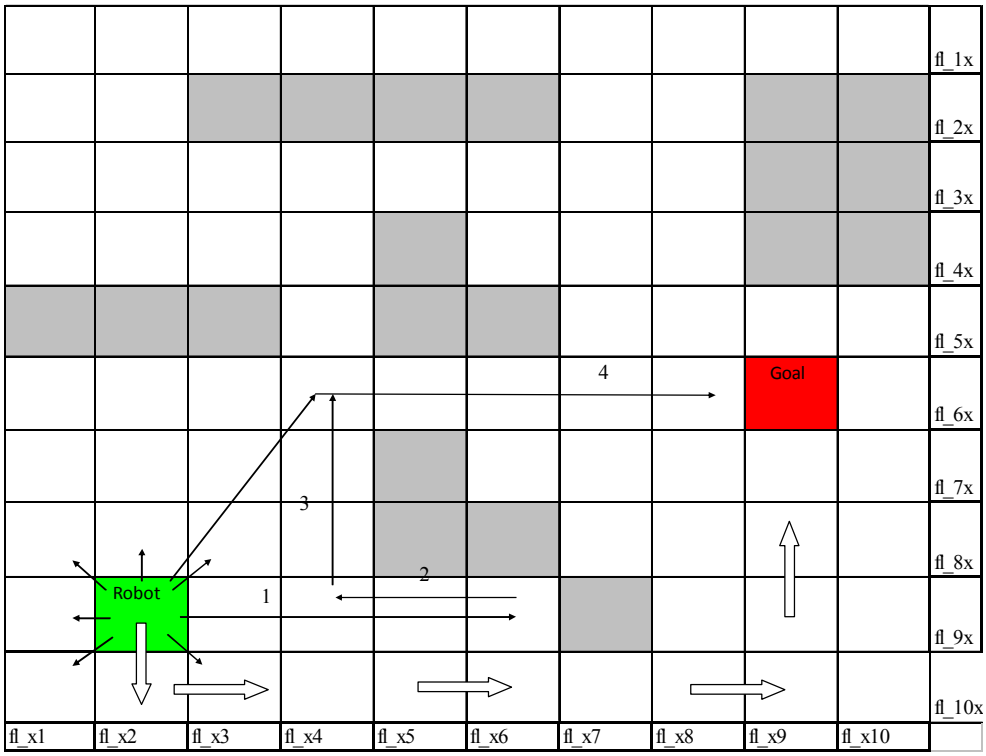


Рис. 6. Результаты поиска по A* и модифицированному методу

По A* результат поиска показан тонкими линиями. В ситуации неопределенности робот среди равных альтернатив может выбрать ячейку по диагонали вверх-вправо или ячейку вправо.

В первом случае маршрут робота будет наименьшим и равным 8 клеткам матрицы.

Во втором случае робот выполнит прямые и возвратные движения (показаны участки 1-2-3-4), ведущие к цели, потратив 14 клеток.

По модифицированному методу (он показан фигурными стрелками) робот потратит 11 клеток, двигаясь к цели с максимальной скоростью, так как найденные свободные участки прямолинейные и на них гарантированно нет препятствий.

Выводы

Предложен метод поиска маршрута, использующий дополнительную информацию в исходных данных и позволяющий находить маршрут, содержащий длинные (по размерам матрицы) прямолинейные участки. Кроме дополнительной информации в виде битовых вектора-строки и вектора-столбца в методе на этапе выбора ячейки с минимальной суммой расстояний в модифицированном методе предложено использовать пирамидальную схему сортировки, обеспечивающую при значениях временного списка ячеек-кандидатов, кратных 2^q, минимальное время выделения первых ячеек с одинаковыми расстояниями. Данная модификация имеет приоритетное значение для автономного движения роботов в составе группы [3, 4] и анализа сложных объектов [5, 6].

Список литературы

1. Емельянов С. Г., Курочкин А. Г., Гривачев А. В. Модифицированная мо-

дель Туэ как базовая модель координации группы машин при разрешении конфликтов // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации: сборник материалов XII Междунар. науч.-техн. конф. / Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2015. – С. 129–132.

2. Лоторев П. В., Курочкин А. Г., Гривачев А. В. Математическая модель динамической коррекции маршрута подвижного робота // Наукоемкие технологии. – 2016. – Т. 17, № 3. – С. 21–25.

3. Курочкин А. Г., Емельянов С. Г., Титенко Е. А. Анализ алгоритмов поиска по образцу для управления группой роботов // Наукоемкие технологии. – 2014. – Т. 15, № 12. – С. 4–8.

4. Гривачев А. В. Математическая модель описания предметной области управления группой роботов // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации: сборник материалов XII Междунар. науч.-техн. конф. / Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2015. – С. 105–107.

5. Многоагентные системы в технической диагностике сложных технических объектов / Е. А. Титенко [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2015. – № 3 (60). – С. 18–25.

Получено 15.07.16

A.G. Kurochkin, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: ak.kursk@gmail.com)

THE METHOD FOR ROUTE PLANNING OF THE MOBILE ROBOT ON THE GROUND

The method uses an approach known heuristic algorithm A-star. This paper considers the waypoints search on the area. The area has a standard description of a cell Matrix.

The algorithm uses each cell of the matrix type two distances. The first distance - the length of the path traveled. The second distance - a heuristic evaluation unclimbed route. When you select the next cell A-star neighborhood analyzes the current cell. After that, select the cell with the minimum sum of the two distances. The drawback of this algorithm is determined by the presence of then iterative steps in the transition to a standstill

The Matrix expands with new data in the form of an additional row and column - binary flags. These flags describe the state of the rows and columns of the initial matrix the presence of the global properties for cross-cell group without obstacle avoidance. This property is easily computable since there is a digital map of the area. Binary flag rows or column of the matrix can reduce the uncertainty of the current cell selection. Search time (planning) of the route is reduced due to the preemptive movement on free rows or columns (if available). The method includes a search procedure is the nearest free row or column where the cell will enter the waypoint. The modified method is supplemented HeapSort of analysis of cells. This step is necessary to reduce the count of comparisons the analyzed cells with the aim of selecting a new parent cell.

Key words: *a route search algorithm, a binary flag, the mobile robot.*

References

1. Emel'yanov S. G., Kurochkin A. G., Grivachev A. V. Modificirovannaya model' Tueh kak bazovaya model' koordinacii gruppy mashin pri razreshenii konfliktov // Optiko-ehlektronnye pribory i ustrojstva v sistemah raspoznavaniya obrazov, obrabotki izobrazhenij i simvol'noj informacii: sbornik materialov XII Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. / Yugo-Zap. gos. un-t. – Kursk, 2015. – S. 129–132.

2. Lotorev P. V., Kurochkin A. G., Grivachev A. V. Matematicheskaya model' dinamicheskoj korrekcii marshruta podvizhnogo robota // Naukoemkie tekhnologii. – 2016. – T. 17, № 3. – S. 21–25.

3. Kurochkin A. G., Emel'yanov S. G., Titenko E. A. Analiz algoritmov poiska po obrazcu dlya upravleniya gruppoj robotov // Naukoemkie tekhnologii. – 2014. – T. 15, № 12. – S. 4–8.

4. Grivachev A. V. Matematicheskaya model' opisaniya predmetnoj oblasti upravleniya gruppoj robotov // Optiko-ehlektronnye pribory i ustrojstva v sistemah raspoznavaniya obrazov, obrabotki izobra-

zhenij i simvol'noj informacii: sbornik materialov XII Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. / Yugo-Zap. gos. un-t. – Kursk, 2015. – S. 105–107.

5. Mnogoagentnye sistemy v tekhnicheskoj diagnostike slozhnyh tekhnicheskih ob"ektov / E. A. Titenko [i dr.] // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2015. – № 3 (60). – S. 18–25.

УДК 519.248

А. В. Хмелевская, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: aquarel85@mail.ru)

Д. С. Коптев, магистрант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: d.s.koptev@mail.ru)

А. Н. Шевцов, студент,ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: aleksey_shevtsov95@mail.ru)

А. Н. Щитов, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: a.n.schitov@mail.ru)

ВАРИАНТ АЛГОРИТМА МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБЩЕГО ВИДА (G/G/N/K) С ПРОИЗВОЛЬНЫМ ЗАКОНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОСТУПАЮЩИХ ЗАЯВОК

Аналитические исследования систем массового обслуживания с «произвольным» распределениям интервалов времени между событиями и интервалов обслуживания затруднены из-за математических трудностей, хотя в инженерной практике часто применяются соотношения, основанные на использовании некоторых моментных характеристик. Адекватные представления о работе сетевых устройств, моделируемых системами общего вида – массового обслуживания, можно получить с использованием методов имитационного моделирования.

Специализированные пакеты имитационного моделирования, такие как «MATLAB/Simulinc» и др., обладают следующими достоинствами:

– пакеты имитационного моделирования автоматически представляют большинство функциональных возможностей, требующихся для создания имитационной модели, что позволяет существенно сэкономить сократить время, необходимое для выполнения моделирования;

– имитационные модели, созданные с помощью пакетов моделирования, проще модифицировать и использовать;

– пакеты имитационного моделирования обеспечивают более совершенные механизмы обнаружения ошибок.

Для создания входного потока требований на обслуживание в любой системе существует две возможности:

– по зарегистрированной реальной трассе (процесс N_t) с использованием алгоритма оценивания последовательности времени по целочисленному процессу, получить последовательность интервалов времени $\tau_k, k = 0,1,2...$ и использовать ее для формирования потока требований;

– методами имитационного моделирования получить входной поток требований с заданным распределением интервалов времени между требованиями.

Разрабатываемый алгоритм предназначен для анализа работы СМО, классифицируемой как G/G/n/k. Известно, что такие практически важные характеристики, как вероятность отказа, среднее количество заявок, поступающих в систему, среднее время обслуживания системой и др., аналитически получить достаточно сложно даже при известных плотностях распределения времени поступления и обслуживания. В данной статье рассматривается алгоритм моделирования СМО общего вида, на основе которого можно оценить работу конкретной системы массового обслуживания, поток заявок которой описывается произвольным законом распределения.

***Ключевые слова**: произвольный закон распределения, алгоритм моделирования, процесс поступления и обработки заявок, система массового обслуживания общего вида.*

***

Моделирование случайной величины с произвольным законом распределения

Пусть случайная величина *x* задана в интервале (a_0, a_n) кусочно-постоянной функцией *f(x)*. Это значит, что интервал разбит на *n* частичных интервалов и плотность распределения *f(x)* на каждом из них постоянна (рис. 1) [1].

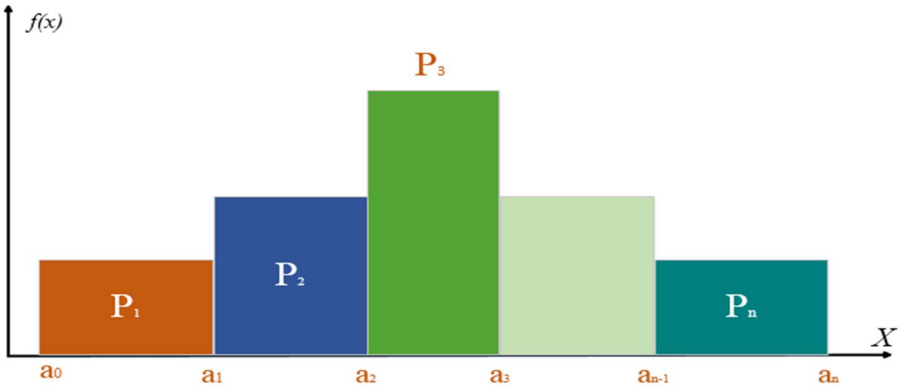


Рис. 1. Плотность распределения произвольной функции

Целесообразно выбрать величины a_k так, чтобы вероятности попадания в любой частичный интервал P_k были одинаковы, т.е.

$$\int_{a_{k-1}}^{a_k} f(x)\,dx = \frac{1}{n},$$

где $k = 1,2,...,n$.

Из условия постоянства функции на каждом частичном интервале следует, что случайная величина x может быть определена по формуле

$$X = a_{k-1} + z\left(a_k - a_{k-1}\right) \quad (k = 1,2,...,n),$$

где z – возможное значение (реализация) случайной величины, равномерно распределенной в интервале (0,1);

a_{k-1} – левая граница частичного интервала;

a_k – правая граница частичного интервала.

Попадание в любой частичный интервал можно рассматривать как событие, входящее в полную группу несовместных событий. Поэтому процедура моделирования в общем случае состоит в следующем.

1. С помощью датчика случайных чисел с равномерным распределением, вырабатывающего величину ***z***, моделируют дискретную случайную величину – номер интервала ***k***.

2. Вторично разыгрывают случайную величину ***z*** и определяют возможное значение случайной величины ***x***.

Схема алгоритма показана на рисунке 2.

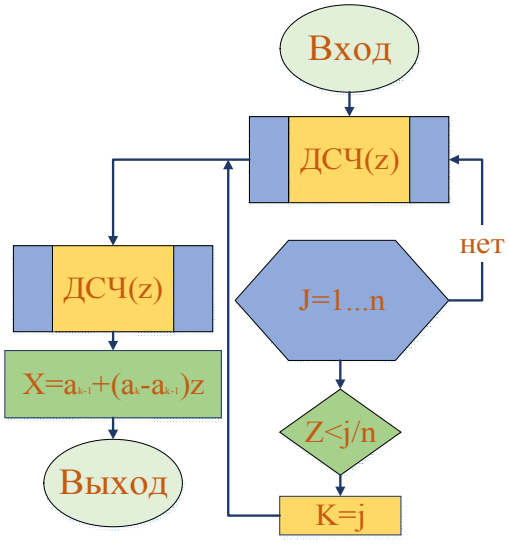


Рис. 2. Алгоритм моделирования случайных величин с произвольным распределением

Рассмотрение общинной логики процессов поступления и ухода

Программу удобно собирать из блоков нескольких подпрограмм. Это позволяет сделать более понятной ее логику и взаимодействие компонентов. Кроме основной программы программа включает в себя подпрограммы для инициализации, синхронизации, генерации отчетов и случайных величин с произвольным законом распределения.

На рисунке 3 показана блок-схема поступления требования.

В первую очередь генерируется время следующего поступления и помещается в список событий. Затем проверяется занятость устройства. Когда устройство занято, число требований в очереди увеличивается на 1, и выполняется проверка, заполнена ли память, выделенная для хранения очереди. Если очередь уже заполнена, генерируется сообщение об ошибке, и моделирование прекращается. Если в очереди еще есть место, время поступления требования помещается в конец очереди [2].

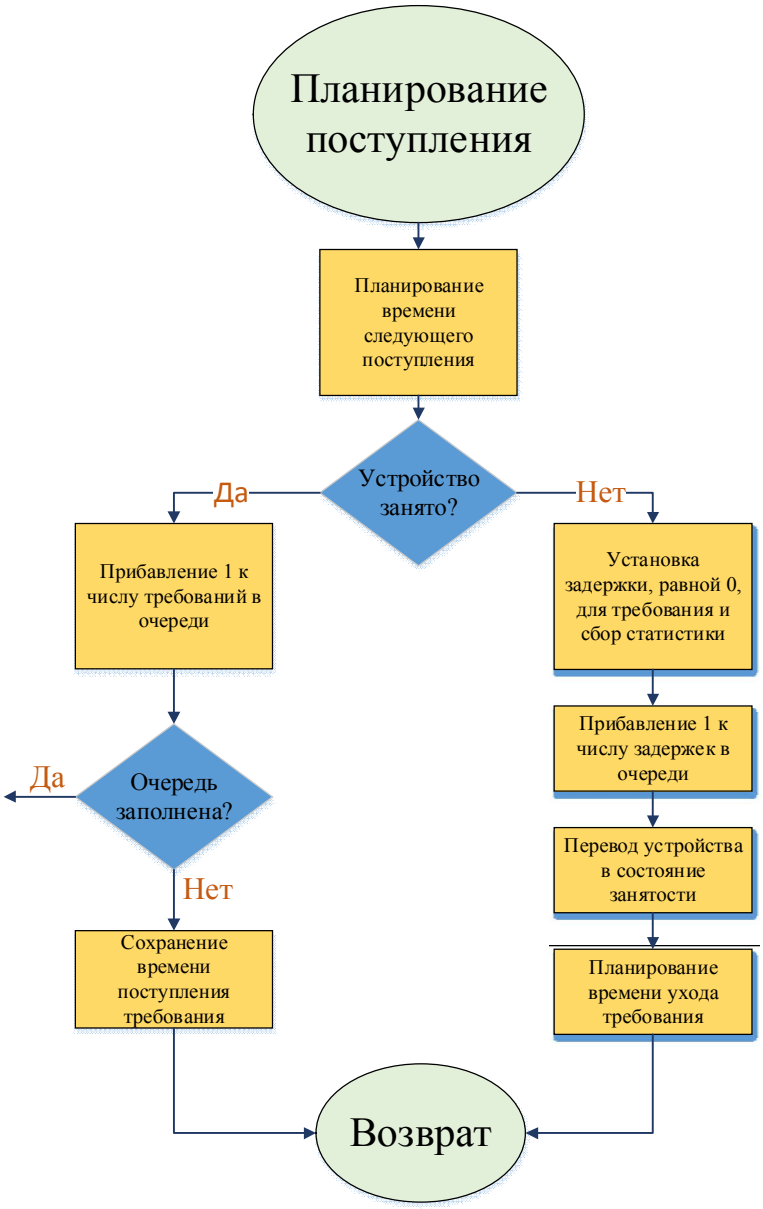


Рис. 3.Схема процесса поступления

Если устройство свободно на момент поступления требования, то задержка требования в очереди будет равной 0, что, как бы то ни было, считается задержкой, и число задержек требований возрастает на 1. Устройство переводится в состояние занятости, а в списке событий планируется время ухода по окончании обслуживания поступившего требования.

Логика программы ухода требования изображена на рисунке 4.

Если после ухода требования очередь остается пустой, устройство переходит в состояние незанятости, а учет ухода требований отменяется, поскольку следующим событием должно быть поступление.

Если же после ухода в очереди остается еще одно или несколько требований, первое в очереди требование оставляет очередь и переходит на обслуживание.

При этом длина очереди уменьшается на 1, а продолжительность задержки данного требования вычисляется и регистрируется соответствующим статистическим счетчиком. Число задержек в очереди увеличивается на 1, и планируется время ухода требования, перешедшего на обслуживание. После этого оставшиеся в очереди требования (если таковые имеются) передвигаются на одну позицию выше [3].

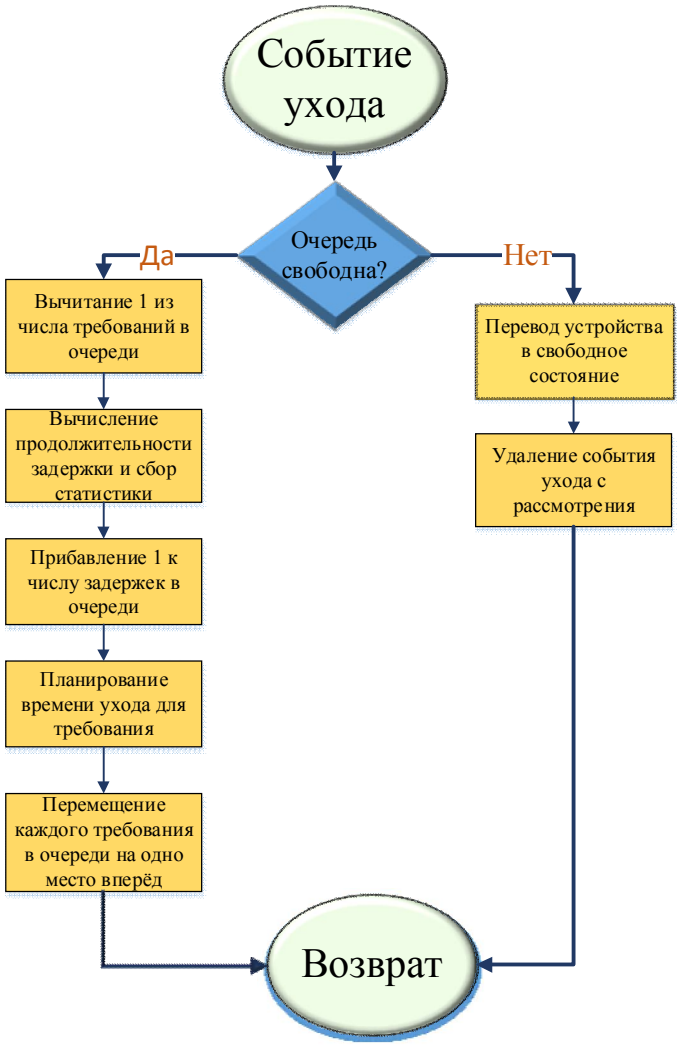


Рис. 4. Схема процесса ухода

Поток управления в механизме продвижения времени от события к событию представлен на рисунке 5.

Общая характеристика алгоритма

В начале работы программы необходимо установить параметры будущего моделирования, количество поступающих требований и выбрать распределения времени поступления и обслуживания [4].

В программе вычисляются такие характеристики, как вероятность отказа, среднее количество требований в системе, средняя задержка в зависимости, характеристики выходного потока от следующих параметров: коэффициент вариации входного потока, различные загрузки устройства, различное количество каналов устройства, различный размер буфера.

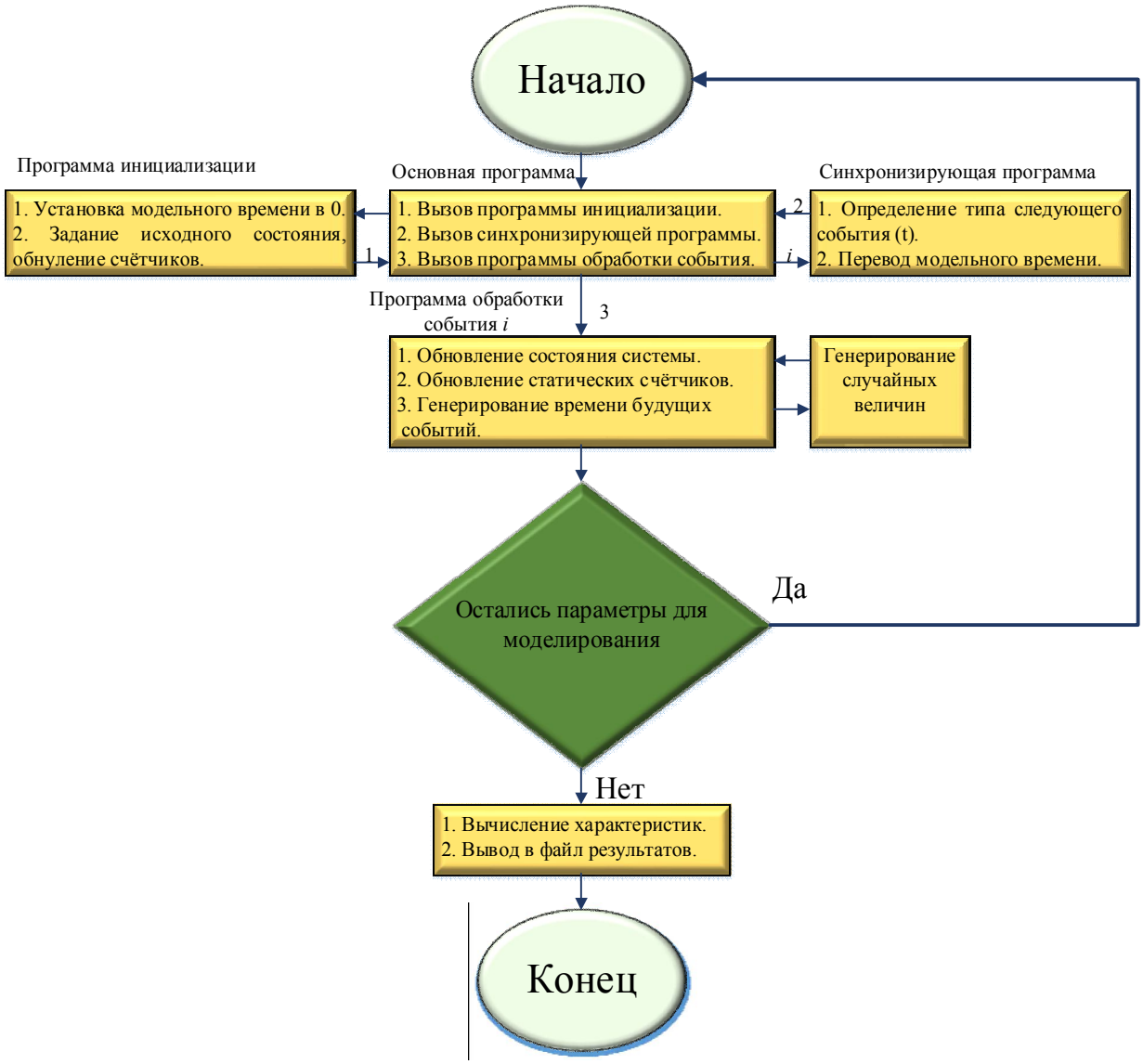


Рис. 5. Поток управления в механизме продвижения времени от события к событию

После того как входные параметры установлены, вычисляются необходимые параметры распределений и генерируются массивы входного потока и потока обслуживания, обнуляются статистические счетчики, устанавливается время следующего ухода на t_k.

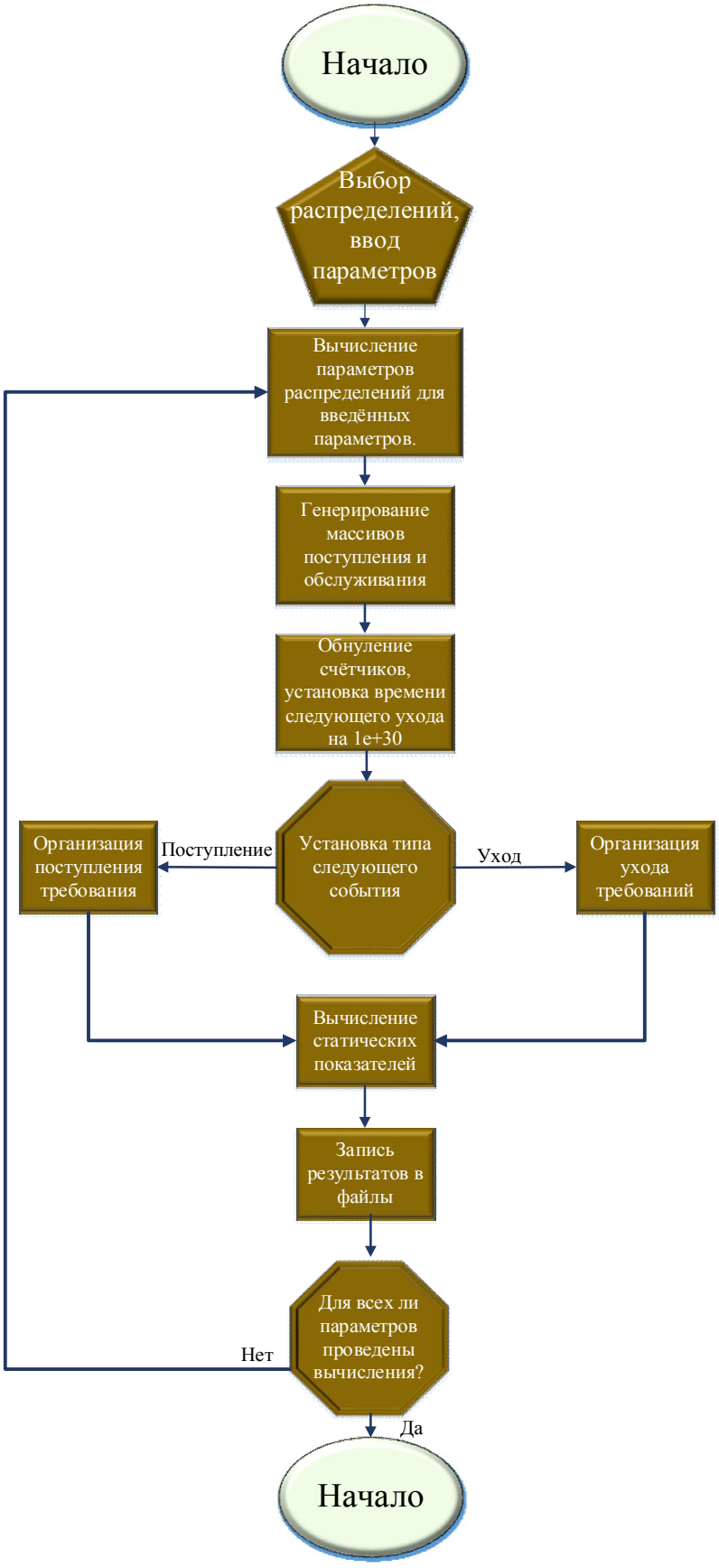


Рис. 6. Функциональная схема алгоритма

В начале моделирования вызывается синхронизирующая функция, которая используется для того, чтобы сравнить время возникновения событий и установить тип следующего события, которое имеет наименьшее время возникновения. В случае возникновения временной связи выбирается тип события с меньшим номером. После этого часы модельного времени переводятся на время возникновения выбранного типа события. Программу несколько усложняет необходимость проверки того, не является ли список событий пустым. При этом исходим из того, что все события должны произойти до времени, которое равно t_k. Если возникает такая ситуация, генерируется сообщение об ошибке вместе с текущим временем, и моделирование прерывается [5].

После того как определен тип следующего события вызывается соответствующая функция ухода или поступления требования. Перед обработкой каждого события (любого типа) вызывается функция, которая необходима для получения статистики непрерывного времени. Вначале вычисляется время, прошедшее после последнего события, затем время последнего события меняется на текущее время для подготовки к следующему входу в эту функцию. Далее обновляются зависимости числа требований и функция занятости [6, 7].

Моделирование выполняется до тех пор, пока не зарегистрируются задержки всего установленного количества требований, после чего вычисляются требуемые характеристики работы системы, результаты записываются в файл и моделирование повторяется для следующего значения определяемого в начале параметра, такого как загрузка, коэффициент вариации входного потока и т.д.

Функциональная схема алгоритма изображена на рисунке 6.

Выводы

В данной статье приведён алгоритм имитационного моделирования систем массового обслуживания на основе СМО общего вида (G/G/n/k). Показано, что для не пуассоновского характера трафика, когда интервалы времени между событиями представляют собой процесс восстановления, целесообразно моделировать работу СМО общего вида с помощью произвольного закона распределения.

На основании предложенного алгоритма имитационного моделирования в дальнейшем возможно построение программы СМО общего вида, классифицируемой как G/G/n/k, в среде динамического моделирования «MATLAB/ Simulink». Данная программа сможет позволить смоделировать и рассчитать среднее количество заявок, поступающее в систему, среднее время обслуживания заявки системой, вероятность отказа в обслуживании в зависимости от загрузки системы при фиксированных коэффициентах вариации интервалов времени обслуживания и интервалов времени между заявками на входе, при фиксированном размере буфера.

Список литературы

1. Алгоритм имитационного моделирования системы массового обслуживания в среде динамического моделирования MATLAB/SIMULINK / А. В. Хмелевская, Д. С. Коптев, А. Н. Шевцов, А. Н. Щитов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2016. – № 1(18). – 77 с.

2. Рассчёт оптимального количества операторов Call-центра на базе приёмной комиссии ЮЗГУ / А. В. Хмелевская, Д. С. Коптев, А. Н. Шевцов, А. Н. Щитов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, инфор-

матика. Медицинское приборостроение. – 2016. – № 2 (19). – 66 с.

3. Снетков Н. Н. Имитационное моделирование экономических процессов: учебно-практическое пособие. – М., 2008. – 227 с.

4. Дьяконов В. П. Simulink 4. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002. – 528 с.

5. Тарасов В. Н. Вероятностное компьютерное моделирование сложных систем для анализа их производительности: дис. … д-ра техн. наук: 05.13.18. – Оренбург, 2002. – 244 с.

6. Хмелевская А. В., Уланов А. В., Богомазов А. Ю. Численный анализ многоканальных систем массового обслуживания // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2012. – № 2. – Ч. 2. – 55 с.

7. Шевцов А. Н., Щитов А. Н. Моделирование телекоммуникационных систем с помощью СМО // Математика и ее приложения в современной науке и практике: материалы V Международной научно-практической конференции. – Курск, 2015. – С. 128–132.

Получено 17.07.16

A. V. Chmelewskaya, Senior Lecturer, Southwestern State University (Kursk) (e-mail: aquarel85@mail.ru)

D. S. Koptev, Undergraduate, Southwest State University (Kursk) (e-mail: d.s.koptev@mail.ru)

A. N. Shevtsov, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: aleksey_shevtsov95@mail.ru)

A. N. Schitov, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: a.n.schitov@mail.ru)

OPTION ALGORITHMS FOR SIMULATION OF QUEUING SYSTEM GENERAL FORM (G/G/N/K) WITH AN ARBITRARY DISTRIBUTION OF INCOMING APPLICATIONS

Analytical study queuing systems with a "random" distribution of intervals between events, and service intervals are difficult because of the mathematical difficulties, while in engineering practice frequently used ratio, based on the use of certain torque characteristics. Adequate representation of the network devices, the general form of simulated systems - queuing can be obtained using simulation techniques.

Specialized simulation packages such as «MATLAB / Simulinc», etc. have the following advantages:

– Simulation packages automatically represent most of the functionality required to create a simulation model; that allows you to save considerably reduce the time required for the simulation;

– Simulation models, created with the help of simulation packages easier to modify and use;

– Simulation packages provide more sophisticated error detection mechanisms.

To create the input requirements for service on any system, there are two possibilities:

– For a registered real track (Nt process) using the time sequence estimation algorithm for integer process to obtain a sequence of time intervals and use it to generate a flow requirements.

– Simulation methods to obtain input stream with the specified requirements of the distribution of time intervals between the requirements.

The developed algorithm is designed for the analysis of SMO, classified as G / G / n / k. It is known that practically important characteristics such as the probability of failure, the average number of requests coming into the system, the system mean time to service et al., Analytical is difficult to obtain even distribution of densities in the known time of arrival and service. This article describes the simulation algorithm SMO general form, on which you can evaluate the performance of a particular queuing system, the flow of applications which described random distribution law.

***Key words**: arbitrary distribution law, the simulation algorithm, receipt and processing of applications process, queuing system of general form.*

References

1. Algoritm imitacionnogo modelirovaniya sistemy massovogo obsluzhivaniya v srede dinamicheskogo modelirovaniya MATLAB/SIMULINK / A. V. Hmelevskaya, D. S. Koptev, A. N. Shevcov, A. N. Shchitov // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2016. – № 1(18). – 77 s.

2. Rasschyot optimal'nogo kolichestva operatorov Call-centra na baze priyomnoj komissii YUZGU / A. V. Hmelevskaya, D. S. Koptev, A. N. SHevcov, A. N. Shchitov // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2016. – № 2 (19). – 66 s.

3. Snetkov N. N. Imitacionnoe modelirovanie ehkonomicheskih processov: uchebno-prakticheskoe posobie. – M., 2008. – 227 s.

4. D'yakonov V. P. Simulink 4. Special'nyj spravochnik. – SPb.: Piter, 2002. – 528 s.

5. Tarasov V. N. Veroyatnostnoe komp'yuternoe modelirovanie slozhnyh sistem dlya analiza ih proizvoditel'nosti: dis. … d-ra tekhn. nauk: 05.13.18. – Orenburg, 2002. – 244 s.

6. Hmelevskaya A. V., Ulanov A. V., Bogomazov A. Yu. CHislennyj analiz mnogokanal'nyh sistem massovogo obsluzhivaniya // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2012. – № 2. – Ch. 2. – 55 s.

7. Shevcov A. N., Shchitov A. N. Modelirovanie telekommunikacionnyh sistem s pomoshch'yu SMO // Matematika i ee prilozheniya v sovremennoj nauke i praktike: materialy V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Kursk, 2015. – S. 128–132.

УДК 007:621

А. В. Гривачев, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: Garpun-22@mail.ru)

СТРУКТУРНО-АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ ПОДХОД ДЛЯ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПОДВИЖНЫХ РОБОТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ КЛАСТЕРОВ

В статье рассмотрен подход к оценке роботов как сложных комплексов, состоящих из разнородных систем. С позиций системного анализа робот представляется единой системой, подчиняющейся базовым принципам декомпозиции на частные системы. Проверяются условия по функциональной завершенности и модульной конструкции, иерархичности систем и связности отдельных элементов. В этом случае эффективность робота будет оцениваться через анализ возможностей отдельных систем. Подход не использует статистические оценки первичных переменных. Он основан на декомпозиции и выделении общих и индивидуальных признаков систем в роботе.

Разнообразие подходов к разработке подвижных роботов привело к проблемной ситуации сравнительной оценки роботов. Они имеют много различных тактико-технических, технологических, экономических и других показателей. В этих условиях преимущественно применяются эвристические оценки, основанные на экспертных предпочтениях.

Метод анализа иерархий взят за основу для аналитической оценки роботов. Метод имеет недостаток, состоящий в субъективной роли привлекаемых экспертов. Данный недостаток делает оправданным введение в метод анализа иерархий этапов, позволяющих получить дополнительную информацию, помогающую принять более обоснованное решение. В работе метод дополнен этапами проверочной предобработки и постобработки полученного вектора эффективности робота. Итерационный характер метода позволяет управлять размером набора переменных для описания систем.

Особенность метода заключается в декомпозиции робота на системы и построении проверочных квалиметрических диаграмм. По этим диаграммам выполняется сравнение роботов с характеристиками некоторого «идеального» робота. Получается, что экземпляры робота сравниваются не между собой, а с идеальной гипотетической машиной.

Ключевые слова: *эффективность, робот, сложная система, разнородные показатели, метод анализа иерархий.*

***

Направленность исследования

Одним из магистральных направлений развития робототехнических комплексов (РТК) в XXI веке является интенсификация исследований и разработок в части интеллектуализации возможностей таких комплексов. Основу интеллек-

туализации наземных РТК составляют современные достижения в области создания гибких производственных линий, промышленных конвейеров, интеллектуальных навигационных средств и средств пространственной ориентации, бионических сенсоров, интеллектуальных планово-поисковых систем, однородных реконфигурируемых вычислительных систем и др. Робототехника выступает отраслью, в которой полученные решения интегрируются в единый объект, способный в идеале самостоятельно осуществлять целенаправленные действия, не уступающие по качеству действиям человека, в том числе в динамично меняющейся обстановке.

Вместе с тем в силу исторически сложившихся обстоятельств имеющиеся РТК в большинстве случаев представляют собой набор достаточно самостоятельно созданных и разрозненных технических изделий в разное время и на разной технологической основе. В этой связи достаточно проблематичным является вопрос оценки РТК как сложных организационно-технических систем, имеющих частично совпадающие количественные и качественные показатели.

Описание проблемной ситуации

Как известно, под роботом понимается дистанционно (автономно) управляемая машина (механизм), оснащенная средствами технического зрения для восприятия информации из внешней среды, обработки информации и принятия частных или общих решений по порядку действий, исполнительными органами и способная целенаправленно вести себя в динамично меняющейся обстановке. Характерной особенностью робота считаются его функциональные возможности частично или полностью выполнять двигательные и интеллектуальные функции человека, при чем в отличие от обычной автоматической системы интеллектуальный РТК характеризуется многоцелевым назначением, большей универсальностью, возможностью автономной перестройки на выполнение разнообразных функций в процесс достижения главной цели (ГЦ) [1, 2].

С позиций системного анализа РТК представляется единой системой, подчиняющейся базовым принципам декомпозиции на частные системы, их функциональной завершенности и модульного построения, иерархичности систем и связности отдельных элементов. В этом случае эффективность РТК будет оцениваться через анализ возможностей (полезных работ), отдельных систем, соотнесенных с общей оценкой (затратами) РТК. Для оценки эффективности РТК представляется в виде совокупности трех частных систем – транспортная (T), функциональная (F) и система управления (C) соответственно. Анализ возможностей данных систем в составе РТК с точки зрения их вклада в общую оценку эффективности будет проводиться по содержательным признакам систем в отношении достижения РТК поставленной ГЦ. При этом с точки зрения интеллектуализации действий РТК наибольшее значение имеют признаки и возможности системы управления осуществлять локальные автономные самостоятельные действия и координировать их в составе группы.

Многообразие технических, технологических, конструкторских вариантов реализации основных блоков и функций систем РТК является сдерживающим фактором их сопоставительной объективной оценки, так как РТК характеризуются частично совпадающим набором показателей и характеристик. Для разрешения данного вопроса предлагается подход к описанию систем через набор общих и индивидуальных показателей. Полезность данной схемы определяется тем, что по мере унификации алгоритмов и протоколов работы систем, стандартизации узлов, модулей, блоков индивидуальные показатели и характеристики бу-

дут переходить в общую группу. С другой стороны, вновь появившиеся технические, технологические и конструкторские решения будут отражаться в группе индивидуальных показателей и характеристик, открывая тем самым новые пути развития РТК.

Известные методы решения

Разнообразие подходов и технологических решений по разработке наземных РТК привело к проблемной ситуации сравнительной оценки роботов, имеющих существенно различные тактико-технические, технологические, экономические и другие показатели. В этих условиях преимущественно применяются эвристические оценки, основанные на экспертных предпочтениях. Основной недостаток таких оценок связывается с субъективной ролью экспертов.

Классическая теории целенаправленных процессов Г. Б. Петухова [3] принимает показатель и метод оценивания эффективности РТК как комплексное свойство, проявляющееся в совокупности его результативности, ресурсоемкости и оперативности.

Оценка эффективности робототехнического комплекса будет основана на его представлении в виде совокупности трех больших систем – транспортная, функциональная и управления (T, F, C соответственно), характеризуемых разнообразием технических, технологических, конструкторских вариантов реализации основных блоков и функций.

Тогда классический подход приводит к относительной оценке эффективности W по трем системам комплекса:

$$W_T = \frac{R(T(x_1, x_2, ...x_{k1}))}{S(y_1, y_2, ...y_z)},$$

$$W_F = \frac{R(F(x_1, x_2, ...x_{k2}))}{S(y_1, y_2, ...y_z)}, \qquad (1)$$

$$W_C = \frac{R(C(x_1, x_2, ...x_{k3}))}{S(y_1, y_2, ...y_z)},$$

где W_T, W_F, W_C – показатели эффективности транспортной, функциональной, управляющей систем РТК;

$R(T(x_1, x_2, ...x_{k1}))$, $R(F(x_1, x_2, ...x_{k2}))$, $R(C(x_1, x_2, ...x_{k3}))$ – полезная работа, выполняемая каждой из подсистем в отдельности;

$S(y_1, y_2, ...y_z)$ – затраты РТК.

Итоговая оценка качества РТК формируется как

$$W = \frac{R(T(x_1, x_2, ...x_{k1}), F(x_1, x_2, ...x_{k2}), C(x_1, x_2, ...x_{k3}))}{S(y_1, y_2, ...y_z)}. \qquad (2)$$

Тем не менее для вычисления отдельных функций выполнения полезных работ требуется знать веса (приоритеты) для отдельных элементарных показателей в составе $R(T(x_1, x_2, ...x_{k1}))$, $R(F(x_1, x_2, ...x_{k2}))$, $R(C(x_1, x_2, ...x_{k3}))$.

Показатель эффективности в этом случае получает вероятностный смысл, а для его определения необходимо иметь априорное распределение вероятностей исходных факторов. Оно может быть получено путём статистических испытаний или на основе имитационного моделирования, что не всегда возможно или целесообразно в силу значительных или необоснованных затрат ресурсов.

Для разрешения противоречия по РТК предлагается подход к описанию систем через набор общих и индивидуальных показателей, характеристик. Полезность данной декомпозиции определяется тем, что по мере унификации узлов, модулей, блоков, алгоритмов и протоколов работы значимые индивидуальные показатели и характеристики будут переходить в группы общих показателей и характеристик. С другой стороны, вновь появившиеся решения и варианты будут отражаться в группе индивидуальных показателей и характеристик, открывая тем самым новые пути развития РТК.

В связи с этим представляется актуальным разработка структурно-алгоритмических моделей и методов оценки сложноструктурированных объектов (РТК) с частично совпадающими характеристиками и показателями функционирования.

Традиционно для сравнения таких сложных объектов, как РТК, используются метод анализа иерархий (МАИ) и его модификация [4], позволяющие на основе экспертных оценок вычислить интегральные показатели эффективности альтернатив РТК и осуществить их ранжирование.

Вместе с тем непосредственное применение МАИ для оценки эффективности РТК имеет ряд ограничений, связанных с субъективизмом мнений экспертов:

1. Критерии качества работы эксперта в большинстве своем основываются на отклонении от некоей статистической характеристики, например математического ожидания.

2. В рамках метода анализа иерархий нет средств для проверки достоверности данных.

3. Метод дает только способ ранжирования образцов РТК, но не имеет внутренних средств для интерпретации рейтингов.

Указанные ограничения делают оправданным введение в МАИ этапов, позволяющих получить дополнительную информацию, помогающую принять более обоснованное решение. Для выбора оптимального образца РТК необходимо использовать дополнительную информацию, т.е. такую информацию, которая при задании векторного критерия осталась неформализованной и потому неиспользованной.

Предлагаемый модифицированный метод включает шесть основных этапов:

1) подготовка исходных данных;

2) предобработка исходных данных;

3) квалиметрическая оценка;

4) кластеризация исходных данных;

5) этапы МАИ;

6) итоговая постобработка триад.

1. На этапе подготовки исходных данных происходит структурирование исходной задачи по трем основным системам РТК. Для этого задается набор альтернатив сравниваемых РТК и множество признаков и характеристик различных видов РТК. Исходя из выбранных набора альтернатив и множества признаков путем усечения отбираются только такие признаки и характеристики, которые актуальны для рассматриваемой группы альтернатив РТК. Затем полученное усеченное множество признаков и ТТХ распределяется по трем основным системам РТК – транспортной системе, функциональной системе и системе управления. При этом один и тот же признак может относиться к нескольким системам, но с различными весовыми коэффициентами, устанавливаемыми позднее, что определяет нелинейный характер зависимостей между системами РТК.

2. На этапе предобработки исходных данных из полученных групп признаков и характеристик для каждой системы РТК выделяются общие и индивидуальные признаки и ТТХ, на основании которых строится обобщенное пространство признаков для каждой из систем РТК, включающее индивидуальность каждой системы РТК. Другими словами, формируется множественное описание с дополнительной информацией по индивидуальным показателям и характеристикам.

3. На этапе квалиметрической оценки осуществляется проверка информативности или полноты полученных обобщенных пространств для каждой из систем РТК. Для этого происходит заполнение признаков каждой из четырех систем, производится нормирование показателей для приведения их к сравнимому виду и строятся квалиметрические диаграммы. Для каждой из квалиметрических диаграмм производится расчет отношения площади полученной диаграммы к площади квалиметрической диаграммы так называемого «идеального

робота». Рассчитанное отношение сравнивается с заданным пороговым значением. Если оно меньше порогового значения, *то выполняется изменение пространства признаков, направленное на увеличение площади диаграммы,* выполняется переход на этап 1.

4. На этапе кластеризации исходных данных производится решение задачи кластеризации исследуемых РТК на основе исходных данных признаков и ТТХ с помощью самоорганизующихся карт Кохонена (СОК). Входными данными для СОК являются исходные данные признаков и ТТХ исследуемых РТК и база данных признаков и ТТХ исследуемых ранее МРТК. Такой подход позволит с течением времени накопить достаточно объемную базу ТТХ РТК и повысить точность результатов решения задачи кластеризации РТК. Кроме того, с фактическим появлением новых РТК, имеющих какие-то характерные отличительные особенности, данная система позволит обоснованно выделить их в отдельный новый класс. Если сравниваемые РТК попали в один кластер, то для проведения дальнейших расчетов система определяет весовые коэффициенты для расчета матриц относительной важности параметров и ТТХ РТК на следующем этапе в зависимости от кластера, в который попали анализируемые РТК и весовые коэффициенты для свертки тетрад приоритетов на последнем этапе. Соотношение между кластерами или классами РТК и весовыми коэффициентами задается экспертами с использованием стандартных процедур экспертного оценивания. Если же сравниваемые РТК не попали в один кластер, то считается, что данные модели РТК являются несравнимыми по своим ТТХ, и осуществляется переход на этап 1.

5. Выполняются типовые процедуры МАИ матричной обработки, по результатам которых формируются векторы приоритетов (тетрады) для каждого сравниваемого РТК. Таким образом, отдельный вариант РТК будет описываться тетрадой чисел *в интервале* [0;1], характеризующих системы РТК.

6. На этапе постобработки тетрад производится свертка тетрады приоритетов МАИ для каждого РТК с получением интегрального показателя с использованием весовых коэффициентов, определяемых на основе класса РТК на 4 этапе.

Для этого используется представление об идеальной точке в нормированном четырехмерном пространстве. Используя евклидову метрику, вычисляется расстояние между идеальной точкой и точкой, описывающей состояние РТК. Интегральным показателем, описывающим РТК, будет величина, обратная полученному расстоянию, т.е. чем РТК по вектору-тетраде ближе к идеальной точке, тем данный образец лучше.

Особенность метода заключается в использовании декомпозиции РТК на четыре системы и построении *проверочных* квалиметрических диаграмм, соотносящихся с характеристиками некоторого «идеального» образца РТК, а также в использовании весовых коэффициентов для расчета матриц относительной важности параметров и свертки тетрад, определяемых методом экспертных оценок по результатам кластеризации исходных данных. Решение по выбору приоритетной альтернативы РТК осуществляется на основании свертки трехмерного вектора в единый показатель эффективности:

$$I = \frac{1}{\sqrt{\varpi_1\left(1-x_1\right)^2+\varpi_2\left(1-x_2\right)^2+\varpi_3\left(1-x_3\right)^2+\varpi_4\left(1-x_4\right)^2}}, \quad (3)$$

где ω – вес признака.

Декомпозиция РТК на системы и *итерационные выделения в рамках каждой из них значимых показателей и характеристик* обеспечивают введение дополнительной информации для объективного принятия решений.

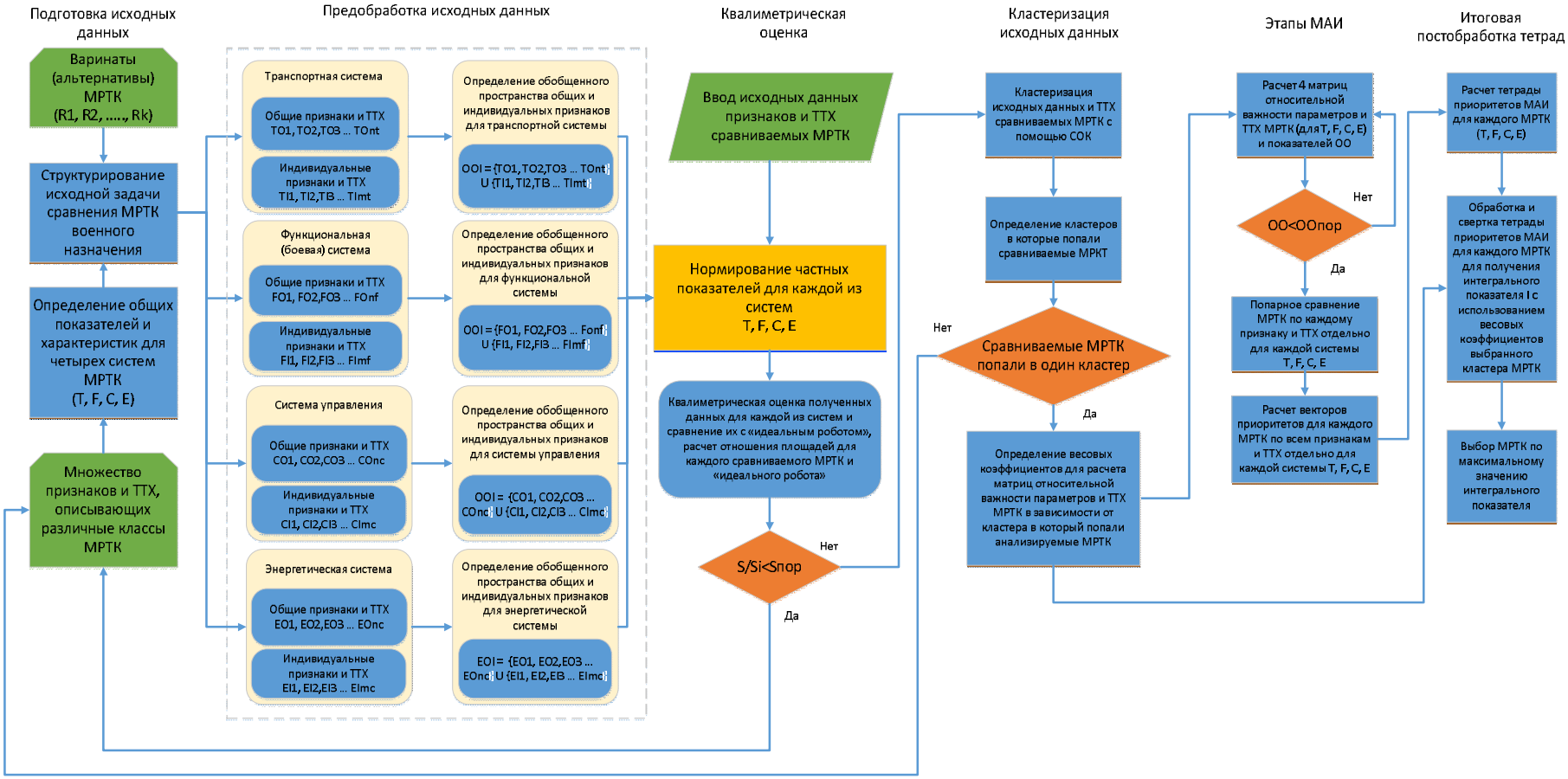


Рис. Этапы метода анализа иерархий для сравнения РТК

Особенность метода заключается в использовании декомпозиции РТК на системы и построении *проверочных* квалиметрических диаграмм, соотносящихся с характеристиками некоторого «идеального» образца РТК. Решение по выбору приоритетной альтернативы РТК осуществляется на основании свертки трехмерного вектора в единый показатель эффективности *I*.

Таким образом, декомпозиция комплекса на системы и *итерационные выделения в рамках каждой из них значимых показателей и характеристик* обеспечивают введение дополнительной информации для объективного принятия решений.

Выводы

Традиционный подход к сравнительной оценке сложных организационно-сложных объектов использует количественные статистические или экспертные значения, что справедливо для объектов, имеющих гомогенную структуру и набор показателей для описания систем. Робототехнический комплекс является ярким представителем объекта с гетерогенной структурой и разнородными показателями.

Для оценивания таких гетерогенных объектов предложен расширенный метод, основанный на методе анализа иерархий. Расширение реализуется введением проверочного этапа полноты и информативности показателей описания систем в составе объекта. Предлагаемый метод опирается на декомпозицию объекта на гомогенные функционально завершенные системы, имеющие общепринятые и индивидуальные показатели различной природы. В результате их объединения и нормализации строятся квалиметрические диаграммы. Для каждой из квалиметрических диаграмм производится расчет отношения площади полученной диаграммы к площади квалиметрической диаграммы так называемого «идеального робота». Рассчитанное отношение сравнивается с заданным пороговым значением. Если оно меньше порогового значения, то выполняется изменение пространства признаков, направленное на увеличение площади диаграммы, т.е. удаление неинформативных показателей или введение новых показателей, стимулирующих увеличение площади диаграммы.

Таким образом, получен новый инструмент сравнительной оценки сложных организационно-технических объектов, основанный на декомпозиции и итерационном сравнении систем с системами «идеального объекта», что позволяет разрешить трудности сравнения объектов с частично совпадающими показателями и характеристиками.

Список литературы

1. Курочкин А. Г., Емельянов С. Г., Титенко Е. А. Анализ алгоритмов поиска по образцу для управления группой роботов // Наукоемкие технологии. – 2014. – Т. 15, № 12. – С. 4–8.

2. Гривачев А. В., Емельянов С. Г., Титенко Е. А. Модифицированная продукционная система для решения задачи структурного распознавания образов // Наукоемкие технологии. – 2014. – Т. 15, № 12. – С. 9–12.

3. Петухов Г. Б. Основы теории эффективности целенаправленных процессов. – Ч. 1. Методология, методы, модели. – М.: Министерство обороны СССР, 1989. – 647 с.

4. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях // Аналитические сети. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 360 с.

5. Титенко Е. А. Многоагентные системы в технической диагностике сложных технических объектов / Е. А. Титенко [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2015. – Т. 1. – № 3 (60). – С. 18–25.

Получено 17.07.16

A. V. Grivachov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: Garpun-22@mail.ru)

STRUCTURAL AND ALGORITHMIC APPROACH FOR COMPARATION PURPOSES OF THE MOBILE ROBOTS WITH SELF-ORGANIZING CLUSTERS

The article describes the approach to the assessment of a complex robot systems consisting of heterogeneous systems. The robot has a total system that has the basic principles of decomposition on private systems. Check the conditions on the functional completeness and modular design, hierarchical systems and the connection of individual elements. In this case, the robot performance will be evaluated through the analysis of individual systems capabilities. This approach does not use a statistical evaluation of the primary variables. It is based on the decomposition and allocation of common and individual characteristics of systems in the robot.

The variety of approaches to the development of mobile robots has led to a problem situation the comparative evaluation of robots. They have many different tactical and technical, technological, economic and other indicators.

Hierarchy analysis method used as the basis for the analytical evaluation of robots. The method has the disadvantage of subjective role for experts. This shortcoming justifies the addition of the analytic hierarchy process steps, allowing to obtain additional information to help make better decisions. To eliminate the drawbacks of the method steps of verification supplemented reprocessing and post-processing the resulting vector efficiency of the robot. The iterative nature of the method makes it possible to control the size of a set of variables to describe the system.

Feature of the method is to decompose the robot on the system and the construction of check qualimetric diagrams. For these charts, comparison of robots with the characteristics of a "perfect" robot. It turns out that the robot copies are not compared with each other, with an ideal hypothetic machine.

Key words: *the effectiveness, the robot, a complex system, heterogeneous indicator, method of the hierarchies analysis.*

References

1. Kurochkin A. G., Emel'yanov S. G., Titenko E. A. Analiz algoritmov poiska po obrazcu dlya upravleniya gruppoj robotov // Naukoemkie tekhnologii. – 2014. – T. 15, № 12. – S. 4–8.

2. Grivachev A. V., Emel'yanov S. G., Titenko E. A. Modificirovannaya produkcionnaya sistema dlya resheniya zadachi strukturnogo raspoznavaniya obrazov // Naukoemkie tekhnologii. – 2014. – T. 15, № 12. – S. 9–12.

3. Petuhov G. B. Osnovy teorii ehffektivnosti celenapravlennyh processov. – CH. 1. Metodologiya, metody, modeli. – M.: Ministerstvo oborony SSSR, 1989. – 647 s.

4. Saati T. L. Prinyatie reshenij pri zavisimostyah i obratnyh svyazyah // Analiticheskie seti. – M.: Izd-vo LKI, 2008. – 360 s.

5. Titenko E. A. Mnogoagentnye sistemy v tekhnicheskoj diagnostike slozhnyh tekhnicheskih ob"ektov / E. A. Titenko [i dr.] // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2015. – T. 1, № 3 (60). – S. 18–25.

УДК 004.056.5

А. А. Евсеева, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск)
(e-mail: evseeva_a.a@mail.ru)

И. В. Калуцкий, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kalutsky_igor@mail.ru)

А. Г. Спеваков, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: aspev@yandex.ru)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОССИЙСКОГО И КИТАЙСКОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В ОБЛАСТИ ОБРАБОТКИ И ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ.

В настоящей работе проанализированы общие принципы законодательного регулирования вопросов информационной безопасности в России и в Китае, в частности вопросы обработки и защиты персональных данных. В статье сопоставляются основные нормативно-правовые акты в этой области, сравнивается терминология, применяемая в двух странах. В ходе исследования был сделан вывод, что законодательная база Китая содержит множество законов и постановлений, касающихся защиты и обработки персональных данных. Но несмотря на обилие нормативных документов, законодательная база в этой

области не имеет четкой структуры, все законы разрознены и нуждаются в существенной доработке. Особое внимание в статье уделено различиям в области применения законов и в их территориальной юрисдикции. Авторами тщательно проанализированы и сопоставлены требования, предъявляемые к операторам персональных данных в КНР и РФ. Рассмотрены случаи, в которых обработка личной информации выполняется без согласия субъекта данных. В работе были указаны права субъекта персональных данных на получение необходимой ему информации. Авторы отмечают, что в настоящее время в китайских законах не существует конкретного определения конфиденциальной информации, тем не менее существуют специальные правила обработки, которые применяются к определенным видам персональных данных. В результате проведенного исследования был сделан вывод, что в России и Китае применяется существенно разный подход к законотворчеству. Нормативно-правовая база КНР в области защиты и обработки персональных данных недостаточно проработана, многие вопросы в этой сфере все еще не освещены.

Ключевые слова: *информационная безопасность, персональные данные.*

***

Ввиду улучшения отношений между Россией и Китаем значительно возросло количество российских и китайских организаций, взаимодействующих друг с другом. Поэтому тема информационной безопасности и особенно защиты персональных данных для взаимодействующих лиц становится наиболее актуальной.

Для того чтобы более четко представить себе картину современного международного сотрудничества, были проанализированы общие принципы законодательного регулирования вопросов информационной безопасности в России и в Китае, в частности вопросы обработки персональных данных. Проблемы, связанные с правильной трактовкой и применением законодательства Российской Федерации и КНР, периодически мешают работе межгосударственных организаций. При разработке и использовании правовых и нормативных документов, а также при организации защиты информации важно правильно ориентироваться во всем блоке действующей законодательной базы в этой области в каждой из рассматриваемых стран.

Целью данной статьи является сравнительный анализ российского и китайского законодательства в области обработки и защиты персональных данных, выявление общих закономерностей и отличительных особенностей.

На данный момент Китай не принял ни одного законодательного акта, который непосредственно касается сбора, хранения, передачи, обработки и защиты персональных данных. Тем не менее Гражданский кодекс и Закон деликтной ответственности обеспечивают защиту прав на неприкосновенность частной жизни. Существуют также и другие законы и предписания, как правило, решающие вопросы защиты персональных данных в отдельных промышленных отраслях или же относящиеся к информации конкретного характера.

Основные законы по данной области могут быть найдены в следующих нормативных документах:

– Конституция КНР;

– Постановление Постоянного комитета Всекитайского собрания народных представителей (ВСНП) по укреплению защиты информационной сети.

Основные отраслевые законы:

– Постановление Постоянного комитета Всекитайского собрания народных представителей по пересмотру Закона о защите прав потребителей КНР;

– Положение о защите личной информации пользователей в сфере Интернета и телекоммуникаций;

– Положение о защите персональных данных в сфере почтовых и курьерских услуг;

– Положение о защите персональных данных в сфере онлайн-транзакций;

– Положение о защите персональных данных в сфере медицинской документации;

– Положение о защите персональных данных в области информации о здоровье населения.

Российское законодательство более полно регулирует вопросы защиты и об-

работки персональных данных. Существует ряд основных и отраслевых законов в этой области:

– Конвенция о защите физических лиц при автоматизированной обработке персональных данных (с изменениями от 15 июня 1999 года);

– Конституция РФ (в редакции от 21.07.2014);

– Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» (в редакции от 13.07.2015);

– Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ «О персональных данных» (в редакции от 21.07.2014).

Конкретные положения о защите данных также могут быть найдены в различных отраслевых законах, например:

– Трудовой кодекс России (глава 14) (в редакции от 29.12.2015);

– Воздушный кодекс России (статья 85.1) (в редакции от 26.04.2016);

– Федеральный закон от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» (в редакции от 26.04.2016).

Существуют также специальные местные предписания и официальные требования, регулирующие сбор, хранение и обработку персональных данных, изданные Президентом РФ, Правительством РФ, Роскомнадзором, ФСТЭК или же ФСБ.

В китайском законодательстве каждый вид законов и предписаний относится к собственному типу персональных данных. Например, постановления ВСНП относятся к электронной информации, которая способна идентифицировать личность отдельных граждан, и электронной информации, касающейся личной жизни граждан.

Положение о защите личной информации пользователей в сфере Интернета и телекоммуникаций определяет личную информацию пользователя как:

– информацию, которая может быть использована для идентификации пользователя (в том числе имя, дата рождения, идентификационный номер, адрес, номер телефона и номера счета и связанных с ними пароли) самостоятельно или в сочетании с другой информацией;

– информацию, которая содержит в себе время и место последнего подключения пользователя, собирается операторами телекомпаний и провайдерами информационных сервисов в течение всего времени пользования сетью.

Положение о защите персональных данных в области информации о здоровье населения определяет «информацию о здоровье населения» как

– основные демографические данные;

– информацию о предоставленных медицинских услугах;

– другую информацию о здоровье населения.

Информация о здоровье нации складывается из всех видов данных медицинской сферы, здравоохранения и центров планирования семьи и на всех ее уровнях в процессе управления и обеспечения сервисов в соответствии с законодательством и нормами, а также должностных обязательств.

В российском законодательстве область применения законов имеет ряд отличий. Законы о защите данных регулируют все личные данные, которые обрабатываются операторами данных или третьими лицами. Персональные данные – любая информация, относящаяся прямо или косвенно к определенному или определяемому физическому лицу (субъекту персональных данных). Российское законодательство о защите персональных данных не делает различие между прямыми и косвенными персональными данными. Поэтому личные данные рассматриваются как «прямые» или «косвенные» в зависимости от ситуации.

Китайское законодательство, в отличие от российского, регулирует исключительно сбор и использование личной информации.

Российские законы и нормы распространяются на любое действие или совокупность действий, совершаемых с использованием средств автоматизации или без использования таких средств с персональными данными, включая сбор, запись, систематизацию, накопление, хранение, уточнение (обновление, изменение), извлечение, использование, передачу (распространение, предоставление, доступ), обезличивание, блокирование, удаление, уничтожение персональных данных.

Правовое регулирование в двух странах различается и по территориальной юрисдикции. Китайские постановления действуют исключительно на территории КНР (не включая Гонконг, Макао и Тайвань). Российские законы о защите персональных данных не содержат какого-либо конкретного пункта, касающегося их правового или территориальной эффекта. Поэтому, как правило, предполагается, что национальные постановления о защите данных применяются к обработке информации, происходящей в России, сбору, а также использованию персональных данных российских граждан (субъектов данных), независимо от того, где находятся операторы, обрабатывающие данные. В контексте трансграничного потока данных российское законодательство о защите персональных данных в некоторой степени может также применяться при условии, что гражданин России является участником соответствующего соглашения о передаче данных.

Российский федеральный закон о персональных данных гласит, что его действие не распространяется на обработку персональных данных физическими лицами для личных нужд, организацию и хранение документов с персональными данными в соответствии с законодательством об архивном деле, обработку персональных данных, которые могут быть отнесены к государственной тайне, обработку в связи с деятельностью физического лица в качестве индивидуального предпринимателя. В китайском законодательстве исключений на действие норм и правил нет.

Российское законодательство обязывает оператора персональных данных предварительно уведомить Роскомнадзор перед началом обработки. В Китае предварительное уведомление или регистрация оператора не требуется.

Требования, предъявляемые операторам персональных данных в обеих странах, также различаются. Действующее законодательство КНР не дает конкретное определение оператора данных, но обозначает ряд обязательств, которые необходимо соблюдать юридическим лицам, осуществляющим сбор и использование личной информации:

– действовать в соответствии с принципами законности, правомерности и необходимости при сборе и использовании персональных данных;

– получать согласие каждого лица, чьи персональные данные подлежат обработке;

– не использовать информацию, полученную путем нарушения существующего законодательства;

– убедиться, что используемая информация строго конфиденциальна и не подлежит разглашению или продаже третьему лицу.

В свою очередь, российский оператор персональных данных обязан:

– определить категорию личной информации, цель и продолжительность обработки;

– получить согласие субъекта данных (если иное не предусмотрено законом);

– назначить ответственного за защиту персональных данных, принять меры по предотвращению несанкционированного доступа и незаконной обработки информации;

– уведомить Роскомнадзор и получить разрешение на обработку (если иное не предусмотрено законом);

– центр обработки данных разместить исключительно на территории Российской Федерации.

В соответствии с основными постановлениями КНР в области обработки персональных данных оператору требуется персональное согласие физического лица на обработку его личной информации, но не указано, в какой конкретной форме и каким способом это согласие может быть получено. Согласие субъекта персональных данных в Российской Федерации может быть получено в любой форме, если иного не требует существующее законодательство. Закон о защите персональных данных четко определяет информацию, которая должна быть указана в форме согласия.

Случаи, в которых обработка персональных данных может осуществляться без согласия субъекта, указаны в законодательствах обеих стран, но имеют разную степень конкретизации.

Основные законы и постановления в области информационной безопасности КНР позволяют обрабатывать личную информацию без согласия в случаях, если она необходима для удовлетворения потребностей национальной безопасности или для расследования уголовного дела.

Российское законодательство определяет более широкий спектр случаев:

– обработка в целях, определенных международным договором или законодательством РФ;

– расследование уголовного дела;

– защита жизни, здоровья или других жизненно важных интересов субъектов данных;

– защита прав и интересов оператора обработки данных или для общественных целей при условии, что нет нарушения прав и свобод субъекта данных;

– для профессиональной журналистской, научной, литературной или иной творческой деятельности при условии, что нет нарушения прав и свобод субъекта данных;

– для статистических или научных целей при условии, что сбор информации был сделан анонимно;

– если данные были выложены в публичный доступ самим субъектом персональных данных;

– обязательные к публикации в соответствии с законодательством РФ.

В настоящее время в китайских законах не существует конкретного определения конфиденциальной информации, тем не менее существуют специальные правила обработки, которые применяются к определенным видам персональных данных, таких как медицинские записи, информация о здоровье населения, личная информация, собранная в коммерческих банках, информация по кредитам. Российский Закон о персональных данных относит к конфиденциальным данным любую информацию, связанную с национальностью, расовой и этнической принадлежностью, политическими взглядами, религиозными или философскими убеждениями, состоянием здоровья субъекта.

Нормативные документы Министерства Промышленности и Информационных Технологий КНР гласят, что операторы связи и интернет-провайдеры обязаны предоставить пользователям следующие сведения:

– цели, методы и объем собираемой информации;

– способы, с помощью которых пользователь может получить и убедиться в достоверности используемой информации;

– последствия отказа в предоставлении информации.

Согласно российскому законодательству субъект персональных данных может получить в центре обработки следующую информацию:

– цель сбора и обработки данных;

– объем обрабатываемых данных;

– информацию об операторе персональных данных;

– прочую информацию, предоставляемую в рамках закона.

В ходе проведения сравнительного анализа законодательств России и Китая были рассмотрены основные документы, регулирующие защиту персональных данных в этих государствах. Сопоставление соответствующих нормативно-правовых актов позволило сделать вывод, что в двух странах применяется существенно разный подход к законотворчеству. В работе указаны основные различия в терминологии, проведено сравнение требований, предъявляемых к операторам персональных данных, описаны случаи, в которых обработка личной информации выполняется без согласия субъекта данных, рассмотрены права субъекта на получение необходимой информации. Выявленные различия показывают, что по сравнению с Российской Федерацией Китайская Народная Республика на данный момент не располагает столь же объемной и полной нормативной базой в области обработки персональных данных. Многие вопросы защиты информации в Китае пока еще недостаточно проработаны и освещены, ввиду чего межгосударственные организации, хранящие или обрабатывающие личную информацию пользователей, сталкиваются с некоторыми трудностями. В связи с чем взаимодействующим организациям одной страны приходится изучать все особенности и отличия законодательства другой страны. Исходя из результатов проведенного исследования видится весьма актуальной задача разработки справочника либо методических указаний по правоприменительной практике законодательства в области обработки, хранения и защиты персональных данных обоих государств для организаций, осуществляющих взаимодействие на коммерческой и других основах.

Список литературы

1. О персональных данных: федеральный закон Российской Федерации от 8 июля 2006 г. № 152-ФЗ (в редакции от 21.07.2014). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. Data protection in China [Электронный ресурс]. – URL: http://uk. practicallaw.com/ 4-519-9017?q = china+data+ protection (дата обращения: 12.03.2016 г.).

3. Provisions on Protecting the Personal Information of Telecommunications and Internet Users [Электронный ресурс]. – URL: http://lawinfochina.com/display.aspx?id=14971&lib=law&SearchKeyword=Personal Information&SearchCKeyword= (дата обращения: 15.03.2016 г.)

4. Hong Xue. Cyber Law in China // Kluwer Law International, 2010. – 98 с.

5. Yun Zhao. National Space Law in China. – Brill Nijhoff, 2015. – 332 с.

6. Южин А.А. Специфика мошенничества в сфере компьютерной информации: теория и практика // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2015. – № 3. – С. 143–147.

Получено 29.06.16

A. A. Evseeva, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: evseeva_a.a@mail.ru)

I. V. Kalutsky, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kalutsky_igor@mail.ru)

A. G. Spevakov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: aspev@yandex.ru)

COMPARATIVE ANALYSIS OF RUSSIAN AND CHINESE LEGISLATION IN THE AREA OF PROCESSING AND PROTECTION OF PERSONAL DATA

The article analyzed general legal system's principles of information security in Russia and China, in particular questions about processing and protection personal data. Article compared basic regulations in that area. It compares the terminology used in China and Russia.

The study concluded that China's legal system contains many laws and regulations relating to the protection and processing of personal data, but legal system of China in this area doesn't has clear structure and they need serious revision. Special attention in the article is focused on the difference of laws' use area and their territorial jurisdiction.

Authors of the article analyzed and compared requirements to personal data operators of Russia and China. Considered the cases when process of a personal data can be made without consent of the citizen. In the article we were given the rights of personal data subject to obtain the information it needs. The authors note that currently does not exist in Chinese laws specific definition of confidential personal data, but there are special rules for processing some kinds of personal data.

The study concluded that in Russia and China used significantly different approaches to lawmaking. The legal system of China in the area of personal data is not well designed. Many questions need to be answered.

Key words: *information security, personal data.*

References

1. O personal'nyh dannyh: fede-ral'nyj zakon Rossijskoj Federacii ot 8 iyulya 2006 g. № 152-FZ (v redakciyai ot 21.07.2014). – Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

2. Data protection in China [Ehlektronnyj resurs]. – URL: http://uk. practi-callaw.com/ 4-519-9017?q = china + data+ protection (data obrashcheniya: 12.03.2016 g.).

3. Provisions on Protecting the Personal Information of Telecommunications and Internet Users [Ehlektronnyj resurs]. – URL: http://lawinfochina.com/display.aspx?id=14971&lib=law&SearchKeyword=Personal Information&SearchCKeyword= (data obrashcheniya: 15.03.2016 g.)

4. Hong Xue. Cyber Law in China // Kluwer Law International, 2010. – 98 s.

5. Yun Zhao. National Space Law in China // Brill Nijhoff, 2015. – 332 s.

6. Yuzhin A.A. Specifika moshennichestva v sfere komp'yuternoj informa-cii: teoriya i praktika // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2015. – № 3. – S. 143–147.

УДК 004.6:550

В. В. Кожушко, магистрант, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (e-mail: bagrusss@gmail.com)

Д. Л. Цыганов, магистрант, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (e-mail: dts@gmail.ru)

А. Ю. Попов, канд. техн. наук, доцент, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (email: alexpopov@bmstu.ru)

А. И. Карнюшкин, канд. техн. наук, доцент, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (e-mail: him_expert@mail.ru)

В. В. Хаустов, д-р геол.-минерал. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: okech@mail.ru)

СТРАТЕГИИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СУБД MYSQL, ПРИМЕНЯЕМОЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Рассмотрены основные параметры конфигурации сервера MySQL, отвечающие за кэширование и использование ресурсов персонального компьютера. Уделено внимание средствам ведения журнала и анализа стратегий выполнения медленных запросов. Приводятся примеры анализа планов выполнения запросов с помощью оператора Explain. Указаны узкие места при анализе порядка выполнения операторов в SQL-инструкциях. Рассмотрены основные пункты плана выполнения запросов, получаемых оператором Explain. Уделяется внимание запросам с оператором соединения таблиц JOIN, приводятся способы увеличения их скорости исполнения. Рассмотрена оптимизация запросов, содержащих условные выборки (WHERE), операторы соединения (JOIN) и сортировки (ORDER BY). Рассмотрена структура B-Tree индексов в подсистеме хранения данных InnoDB в MySQL. Приведены правила и примеры проведения индексации таблиц для эффективного выполнения запросов с использованием индексов. Предложены способы оптимизации: корректировка и построение покрывающих индексов, денормализация данных. Ука-

заны примеры запросов и проведено их совершенствование на основе предложенных методов. Разработан скрипт на языке Python версии 2.7 для измерения времени выполнения заданного количества запросов в СУБД MySQL. Проведена экспериментальная оценка предложенных методов оптимизации на таблицах с большим количеством хранимой информации в операционной системе, основанной на ядре Linux версии 3.18.72 (Ubuntu 14.04.01 LTS), файловой системе ext4 с использованием жесткого диска (HDD). Полученные результаты сведены в итоговую таблицу для наглядного представления. Сделаны выводы об итоговых результатах выполненных оптимизаций запросов, проведенных на тестовых данных.

Ключевые слова: *сервис, база данных, операционные системы.*

***

Введение

Современная особенность наук об окружающей среде заключается в том, что они оперируют огромными массивами разнородных данных [1]. Рост количества хранимых данных и пользователей вынуждает разработчиков искать пути обеспечения высокого качества функционирования сервисов и низкого времени отклика пользовательского интерфейса. Одной из главных причин низкой скорости обработки запросов является работа с базой данных (БД), которая не оптимизирована: нерациональные запросы, некорректное использование индексов, неоптимальные значения параметров конфигурации. Каждый из этих пунктов может стать темой отдельного исследования на определённых наборах данных, однако среднестатистическому разработчику необходимы рецепты, позволяющие быстро обойти проблемы производительности без досконального изучения документации по системе управления базами данных (далее СУБД) и сосредоточить своё внимание на бизнес-логике приложения.

Одной из самых распространённых реляционных СУБД является MySQL. Она кросс-платформенна, свободно распространяется по лицензии GNU [2] и используется такими компаниями, как Google, Adobe, Facebook [2] и др.

Оптимизация производительности сводится к следующим задачам: корректировка параметров СУБД; выявление медленных запросов, их анализ; корректировка запросов и индексов; денормализация данных (при необходимости).

Основные параметры

Рассмотрим настройку MySQL в операционных системах на основе ядра Linux. По умолчанию файл настроек расположен по пути /etc/mysql/my.cnf [2]. Рассмотрим общие наиболее важные параметры:

thread_cache_size — параметр указывает количество потоков, возвращаемых в пул при отключении клиента. При новом подключении поток исполнения (thread) не создаётся, а берётся из кеша, что позволяет экономить ресурсы при больших нагрузках. Значение по умолчанию 0, рекомендуемое значение от 8 до 16. Если наблюдается рост значения переменной состояния ***Threads_Created***, то следует ещё увеличить ***thread_cache_size*** [3–5];

max_sort_length – указывает, сколько байт из начала полей типа BLOB или TEXT использовать при сортировке. По-умолчанию 1024 [3,4]. Если полнотекстовая сортировка не важна, можно сократить время выполнения запроса, устанавливая значение в 2 и более раза меньшее, чем стандартное [3; 4];

low_priority_updates — снижает приоритет операций INSERT/UPDATE по сравнению с SELECT. Актуально, если в БД чаще выполняются поисковые запросы [3; 4];

max_connections — максимальное количество параллельных соединений к серверу БД. Необходимо увеличить значение при возникновении ошибки «Too many connections» [2–4];

innodb_buffer_pool_size – размер памяти, выделяемый InnoDB для хранения и индексов и данных. Можно увеличи-

вать вплоть до общего размера всех InnoDB таблиц или до 80% ОЗУ, в зависимости от того, что меньше [2–4];

innodb_flush_log_at_trx_commit – допустимые значения: 0, 1, 2. При значении равном 0, лог сбрасывается на диск каждую секунду, вне зависимости от происходящих транзакций. При значении, равном 1, лог сбрасывается на диск при каждой транзакции. При значении, равном 2, лог пишется при каждой транзакции, но не сбрасывается на диск никогда, оставляя это на совести ОС. По умолчанию используется 1, что является самой надёжной настройкой, но не самой быстрой. В общем случае можно смело использовать 2, данные могут быть утеряны лишь в случае краха ОС и лишь за несколько секунд (зависит от настроек ОС). 0 — самый быстрый режим, но данные могут быть утеряны как при крахе ОС, так и при крахе самого сервера MySQL (впрочем данные лишь за 1-2 с) [2– 4].

Выявление медленных запросов

Одной из причин медленной работы СУБД являются долгие запросы. СУБД MySQL имеет встроенные средства для поиска таких запросов и записи в файл информации о них. Для активации логгирования необходимо отредактировать файл конфигурации MySQL, расположенный по пути /etc/mysql/my.cnf [2], и перезагрузить демон СУБД. Ниже приведены параметры для логгирования:

slow_query_log — допустимые значения: 0, 1. При значении 1 включено ведение логов медленных запросов;

slow_query_log_file – путь к файлу, в который записываются медленные запросы. Например, "/var/log/mysql/log-slow-queries.log";

long_query_time – время выполнения запроса в секундах. При превышении указанного значения запрос считается медленным и записывается в лог медленных запросов;

log-queries-not-using-indexes – при наличии данного параметра в файле конфигурации MySQL будет записывать в лог запросы, которые не используют индексы.

На рисунке 1 представлен фрагмент файла медленных запросов.

При указании корректных значений четырёх параметров, описанных выше, в лог попадают как запросы, время выполнения которых превысило значение ***long_query_time***, так и запросы, не использующие индексы. После обнаружения долгих запросов следует переходить к анализу запросов.

```
# User@Host: tp_user[tp_user] @ localhost [127.0.0.1]  Id:    28
# Query_time: 0.001861  Lock_time: 0.000100 Rows_sent: 96  Rows_examined: 253
SET timestamp=1453081066;
SELECT * FROM  `User` u WHERE `email` IN (SELECT DISTINCT user_email FROM `Post`
 FORCE INDEX (ForumShortName_UserEmail) WHERE forum_short_name='rzmg8aypc')  ORD
ER BY u.`name` asc LIMIT 96;
```

Рис. 1. Фрагмент лога медленных запросов

Анализ запросов

Рассмотрим пример с таблицей пользователей (94594 записей) и постов (1000000 записей), которые заполнены случайными данными. Схема базы данных представлена на рисунке 2.

DDL код создания таблиц пользователей (User) и постов (Post) приведён в листинге 1. Следует отметить необходимость явного задания первичного ключа, в противном случае MySQL создаст скрытый суррогатный ключ [2; 3].

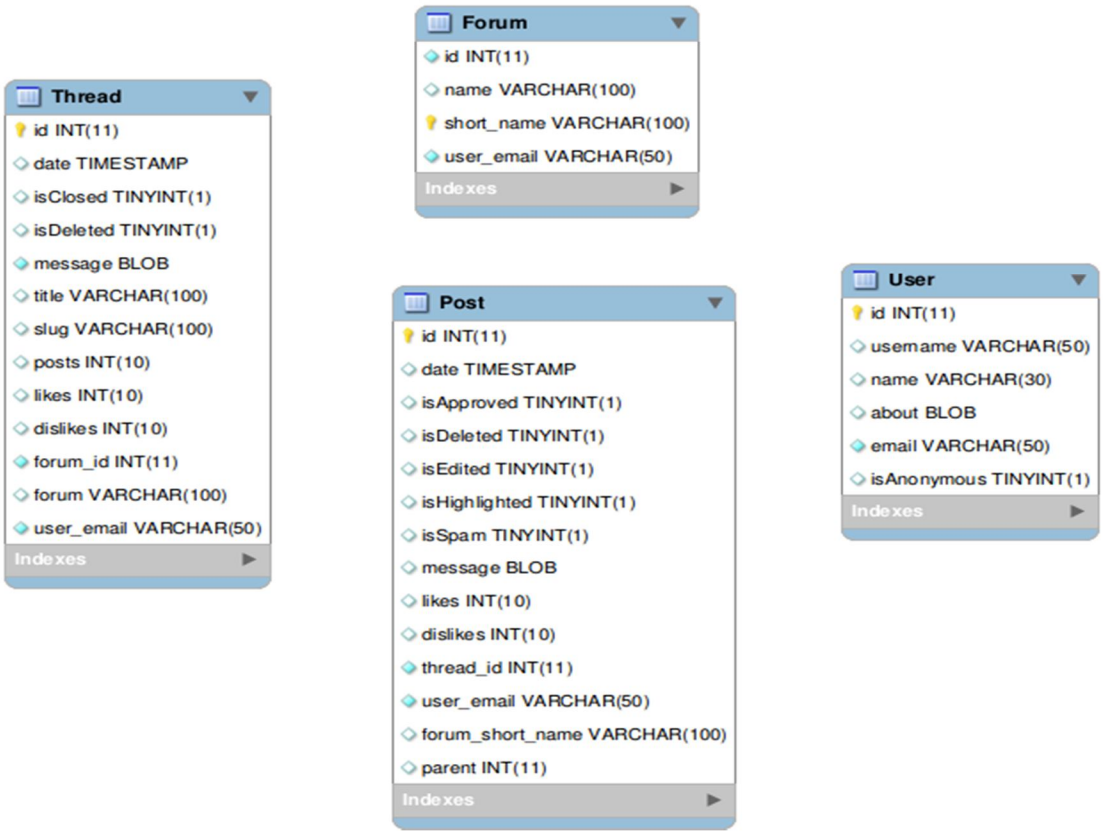


Рис. 2. Схема тестовой БД

Листинг 1

```
CREATE TABLE `User` (
  `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `username` varchar(50) DEFAULT NULL,
  `name` varchar(30) DEFAULT NULL,
  `about` blob,
  `email` varchar(50) NOT NULL,
  `isAnonymous` tinyint(1) DEFAULT '0',
  PRIMARY KEY (`id`),
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;
CREATE TABLE `Post` (
  `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `date` timestamp NULL DEFAULT NULL,
  `isApproved` tinyint(1) DEFAULT '0',
  `isDeleted` tinyint(1) DEFAULT '0',
  `isEdited` tinyint(1) DEFAULT '0',
  `isHighlighted` tinyint(1) DEFAULT '0',
  `isSpam` tinyint(1) DEFAULT '0',
  `message` blob,
  `likes` int(10) unsigned DEFAULT '0',
  `dislikes` int(10) unsigned DEFAULT '0',
  `thread_id` int(11) NOT NULL,
  `user_email` varchar(50) NOT NULL,
  `forum_short_name` varchar(100) DEFAULT NULL,
```

```
 `parent` int(11) DEFAULT NULL,
 PRIMARY KEY (`id`),
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;
SELECT SQL_NO_CACHE u.* FROM Post p JOIN User u ON u.email = p.user_email
WHERE p.forum_short_name = '871gtcmgr6' ORDER BY p.user_email DESC.
```

Рассмотрим запрос, который возвращает список пользователей, которые оставили хотя бы одно сообщение в форуме из листинга 1. SQL_NO_CACHE означает не записывать в кэш результат запроса. Для измерения скорости выполнения запросов разработан скрипт на python 2.7, который представлен в листинге 2.

Листинг 2

```
1 #!/usr/bin/python
2 # coding: utf8
3 import MySQLdb #библиотека для работы с MySQL
4 from datetime import datetime #модуль для работы со временем
5 import sys #библиотеку для работы с параметрами адресной строки
6
7 #функция принимает 2 параметра: количество итераций и SQL запрос
8 def benchmark(count, sql):
9    #подключаемся к MySQL на локальную машину
10    #пользователь user, пароль somepass
11    #к схеме test_db
12    db = MySQLdb.connect(host="localhost",
13                         user="user",
14                         passwd="somepass",
15                         db="test_db")
16    cur = db.cursor() #получаем объект (курсор) для выполнения запросов
17    time=datetime.now() #получаем текущее время
18    for i in range(1, int(count)): #count раз выполняем запрос
19                         cur.execute(sql)
20    time=datetime.now()-time #фиксируем время выполнения запросов
21    print time #вывод времени выполнения запроса
22    #закрываем курсор и подключение к БД
23    cur.close()
24    db.close()
25
26 #вызываем функцию benchmark
27 #первый параметр командной строки - количество итераций
28 #второй параметр командной строки - SQL запрос к БД
29 benchmark(sys.argv[1], sys.argv[2])
```

Проведем тестирование на ПК со следующими характеристиками:

- процессор – Core i7 2630QM 2 ГГц;
- ОЗУ – 8 ГБ, частота 1333 МГц;
- жесткий диск – 750 ГБ, 5400 об/мин;
- ОС – Ubuntu 14.04 LTS;
- СУБД – MySQL 5.6.29.

Запуск скрипт из листинга 2 приведён в листинге 3. Используем стандартные настройки MySQL.

Листинг 3

```
$ python testMySQL.py 1 "SELECT SQL_NO_CACHE u.* FROM Post p INNER JOIN User u ON u.email = p.user_email WHERE p.forum_short_name = '871gtcmgr6' ORDER BY p.user_email DESC\G".
```

Время выполнения одного такого запроса составило около 23 мин 19 с. Использование индексов может существенно повысить скорость выполнения запроса. Одним из основных инструментов, помогающих при проектировании индексов для таблиц, является оператор Explain.

Работа с Explain

Этот оператор показывает план выполнения запроса (EXPLAIN ***[explainable_stmt]***). Из плана можно узнать, в каком порядке MySQL обращается к таблицам, участвующим в запросе, содержащим, например, оператор JOIN.

С полным перечнем наименований можно ознакомиться в документации [2]. При оптимизации следует обратить внимание на следующие колонки:

possible_keys – индексы, которые можно использовать при данном запросе;

key – индекс, который используется при выполнении запроса. В ряде случаев оптимизатор MySQL может использовать неподходящий индекс. Для явного указания ключа (индекса), который необходимо использовать, следует добавить в запрос инструкцию FORCE INDEX (index_name) после имени таблицы;

Extra – в этом параметре содержится дополнительная информация. Следует обратить внимание на:

1) *Using filesort* – MySQL не может взять отсортированные данные из индекса, поэтому производит сортировку. Запросы с таким значением в поле Extra может выполняться долго, особенно в таблицах с большим количеством строк, поэтому желательно использовать отсортированные данные из индексов везде, где это возможно;

2) *Using temporary* – MySQL нужно создать дополнительную таблицу, чтобы сохранить промежуточный результат;

3) *Using index* – используемый индекс является покрывающим, т.е. MySQL все данные берёт из индекса (хранимого в ОЗУ) и не выполняет чтение с диска, следовательно, запрос выполняется быстрее;

4) *Using index condition* – чтение с диска может быть выполнено в том случае, когда в индексе не окажется всей нужной информации;

5) *Using where* – условие WHERE используется для выбора конкретных данных, отсылаемых клиенту. Если не требуется выводить всю таблицу, но при этом в поле EXTRA отсутствует *Using where,* в запросе может быть ошибка.

Рассмотрим план выполнения запроса из листинга 2, который представлен на рисунке 3.

Из рисунка 3 видно, что сначала просматривается таблица User (u), к которой присоединяются записи из таблицы Post (p). Оператор JOIN (INNER JOIN) предполагает полный просмотр записей в одной из таблиц. При выполнении запроса оптимизатор MySQL строит план, согласно которому соединение таблиц начинается с той, в которой меньше количество строк при отсутствии подходящих индексов. В данном случае выполнение запроса состоит из следующих этапов:

1) просмотр каждой строки в таблице User (u);

2) поиск строк в таблице Post (p), удовлетворяющих условию p.forum_short_name = '871gtcmgr6' и добавление их в буфер;

3) присоединение записей из таблицы Post к таблице User, удовлетворяющих условию u.email = p.user_email;

4) файловая сортировка результата соединения таблиц.

```
mysql> explain SELECT SQL_NO_CACHE u.* FROM Post p JOIN User u ON u.email = p.user_email
WHERE p.forum_short_name = '871gtcmgr6' ORDER BY p.user_email DESC\G
*************************** 1. row ***************************
           id: 1
  select_type: SIMPLE
        table: u
         type: ALL
possible_keys: NULL
          key: NULL
      key_len: NULL
          ref: NULL
         rows: 91435
        Extra: Using temporary; Using filesort
*************************** 2. row ***************************
           id: 1
  select_type: SIMPLE
        table: p
         type: ALL
possible_keys: NULL
          key: NULL
      key_len: NULL
          ref: NULL
         rows: 925018
        Extra: Using where; Using join buffer (Block Nested Loop)
2 rows in set (0,00 sec)
```

Рис. 3. Вывод Explain без индексов

Индексы в MySQL

Одним из основных приёмов увеличения производительности MySQL является индексирование. Индексы - это специальные структуры данных, позволяющие обеспечить более быстрый доступ к информации за счёт хранения этих структур в оперативной памяти [2; 3]. Для уменьшения времени выполнения запросов необходимо наличие индексов, покрывающих весь набор SQL-запросов.

Индексы бывают разных типов. В данной статье рассматриваются самые распространённые из них – основанные на структуре данных B-Tree (рис. 4).

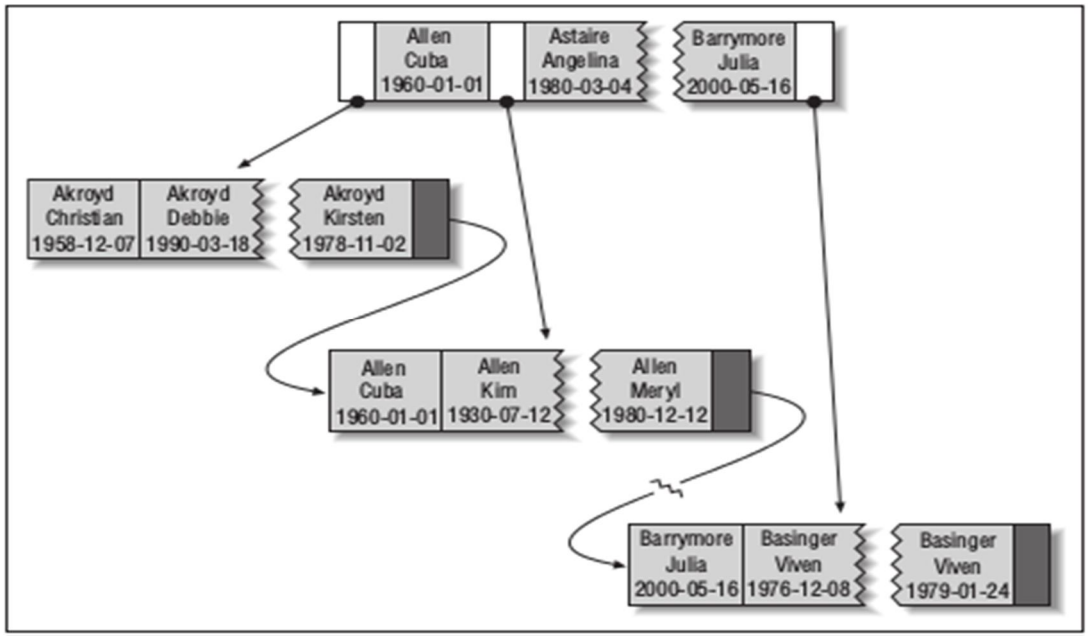


Рис. 4. Пример расположения записей в B-Tree

При использовании индексов данного типа СУБД не производит полный последовательный просмотр таблицы. Поиск происходит по сбалансированному дереву [2; 3], в узлах которого находятся границы значений узлов нижних уровней. В B-Tree индексах столбцы хранятся в упорядоченном виде [2, 3].

B-Tree индексы полезны при поиске по конкретному значению, диапазону значений, а также для получения заранее отсортированных данных.

Чтобы наглядно понять индексы, рассмотрим пример. Допустим, у нас есть таблица, в которой записаны имена, фамилии и отчества. Рассмотрим индекс, включающий столбцы: фамилия, имя отчество (листинг 4).

Листинг 4

```
CREATE TABLE full_name (
  ...
  KEY full_name_msd (last_name,first_name,middle_name),
  ...
);
```

Данные в индексе будут расположены в следующем порядке:

- Иванов Иван Иванович
- Иванов Иван Петрович
- Иванов Пётр Иванович
- Иванов Пётр Петрович
- Петров Иван Иванович
- Петров Иван Петрович
- Петров Петр Иванович
- …

Примеры запросов, при выполнении которых MySQL использует индекс для поиска, приведены в листинге 5.

Листинг 5

```
SELECT last_name, first_name, middle_name FROM full_name
WHERE last_name = “Иванов”;

SELECT last_name, first_name, middle_name FROM full_name
WHERE last_name = “Иванов” AND first_name = “Иван”;

SELECT last_name, first_name, middle_name FROM full_name
WHERE last_name = “Иванов” AND first_name = “Иван” AND middle_name > “Иванович”;
```

Для каждого значения столбца в индексе значения столбца, идущего следом (если он есть), являются отсортированными, поэтому условие равенства позволяет использовать индекс для поиска и в последующих столбцах. Поиск идёт слева направо. Следовательно, поиск по условию для данного столбца производился в индексе, если на все столбцы слева от данного поставлены условия по равенству либо по оператору IN [2; 3].

В запросах, представленных в листинге 6, индекс full_name_msd (last_name, first_name, middle_name) будет использован для получения отсортированных данных.

Листинг 6

```
SELECT last_name, first_name, middle_name FROM full_name
ORDER BY last_name, first_name, middle_name;
```

Порядок столбцов в ORDER BY соответствует порядку столбцов в индексе, сортировка имеет одинаковый порядок.

Ограничение по равенству позволяет использовать индекс для получения отсортированных данных (листинг 7) [2;3].

Листинг 7

```
SELECT last_name, first_name, middle_name FROM full_name
WHERE last_name = “Иванов” ORDER BY first_name, middle_name;

SELECT last_name, first_name, middle_name FROM full_name
WHERE last_name = “Иванов” AND first_name = “Иван” ORDER BY middle_name;
```

Для запроса, представленного в листинге 2, оптимальные индексы по столбцам: forum_short_name, user_email для таблицы Post, email для таблицы User. Убедиться в этом можно, посмотрев план выполнения запроса на рисунке 5.

```
mysql> explain SELECT SQL_NO_CACHE u.* FROM Post p JOIN User u ON u.email = p.user_email
WHERE p.forum_short_name = '871gtcmgr6s' ORDER BY p.user_email DESC\G
*************************** 1. row ***************************
           id: 1
  select_type: SIMPLE
        table: p
         type: ref
possible_keys: forum_short_name__user_email
          key: forum_short_name__user_email
      key_len: 303
          ref: const
         rows: 1
        Extra: Using where; Using index
*************************** 2. row ***************************
           id: 1
  select_type: SIMPLE
        table: u
         type: ref
possible_keys: user_email
          key: user_email
      key_len: 152
          ref: tp_db.p.user_email
         rows: 1
        Extra: NULL
2 rows in set (0,00 sec)
```

Рис. 5. Вывод Explain при наличии подходящих индексов

Сравнивая рисунки 5 и 2, видно, что изменялся порядок обхода таблиц, поскольку условие WHERE p.forum_short_name=const обеспечивает хорошую селективность (малое количество строк в выборке), и оптимизатор MySQL принял решение выполнить обход таблиц, начиная с таблицы User(u).

Выполнение запроса происходит по следующим этапам:

1) выбор записей из таблицы Post (p), удовлетворяющих условию p.forum_short_name=const;

2) обход найденных записей и присоединение строк из таблицы User (u).

Следует отметить, что фактически сортировка не выполняется, поскольку данные берутся отсортированными из индекса.

Денормализация

Дополнительно для повышения производительности имеет смысл нарушить третью нормальную форму [7] в схеме БД. Нормализованные схемы могут предполагать большое количество дорогих операций JOIN для нетривиальных запросов, а также могут сделать невозможными некоторые стратегии индексирования [3]. Такие схемы хорошо подходят для проектов, в которых часто происходят операции записи в БД. В программных продуктах, где преобладают операции чтения из БД, применяют смешанный подход.

Рассмотрим пример, приведённый выше. Допустим, необходимо добавить в форум темы, в которых размещаются посты. Тогда в схему необходимо добавить таблицу Thread (темы). В каждом посте содержится id темы, в которой он создан. Тема содержит id форума, в котором она хранится. В таком случае для того, чтобы получить 10 последних сообщений на конкретном форуме, необходимо выполнить запрос, представленный в листинге 8.

Листинг 8

```
SELECT p.message FROM Post p JOIN Thread t ON p.thread_id = t.id WHERE  t.forum =
'871gtcmgr6' ORDER BY p.date LIMIT 10;
```

Для этого запроса следует добавить индексы Post(date), Thread(forum_id). Этот запрос содержит оператор JOIN только для того, чтобы проверить, что пост относится к конкретному форуму. Данные из таблицы Thread в результирующей выборке не нужны. Для получения нужного результата и снижения времени выполнения запроса необходимо избавиться от оператора JOIN. В таком случае добавим в таблицу Post столбец forum_id. Новый запрос представлен в листинге 9.

Листинг 9

```
SELECT p.message FROM Post p
WHERE p.forum_short_name = '871gtcmgr6'
ORDER BY p.date LIMIT 10;
```

Для этого запроса следует добавить индекс Post (forum_id, date), который дополнительно снизит время выполнения запроса.

Заключение

При использовании СУБД MySQL в высоко нагруженных системах возникает необходимость в оптимизации производительности, поскольку время выполнения запросов пропорционально количеству данных в БД. Результаты выполнения запросов (табл. 1) на тестовой схеме (см. рис. 2) с большим количеством данных показали, что MySQL не в состоянии обеспечить достаточную производительность без оптимизации структуры БД.

Результаты выполнения запросов

Запрос	Время выполнения	
	без индексов	с индексами
Листинг 1	23 мин 19,3763 с	1,0747 с
Листинг 8	-	0,4922 с
Листинг 9	-	0,0013 с

Корректное использование индексов позволяет снизить время выполнения запросов на несколько порядков. Несмотря на то, что денормализация может приводить к нарушению нормальных форм и росту количества хранимых данных, этот приём позволяет отказаться от дорогих операторов JOIN и увеличить скорость исполнения запросов.

Список литературы

1. О реализации динамической математической модели водоносного горизонта средствами современных информационных технологий / В. Д. Костенко, И. Е. Костенко, В. В. Хаустов [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 6. – С. 281–286.

2. Документации по MySQL [Электронный ресурс]. – URL: https:// dev. mysql.com/doc/.

3. MySQL. Оптимизация производительности / Б. Шварц, П. Зайцев, В. Ткаченко [и др.].– 2-е изд.– СПб.: Символ-Плюс, 2010. – 832 с.

4. Настройка и оптимизация MySQL сервера [Электронный ресурс]. – URL: https:// habrahabr.ru/post/108418.

5. Разработка MySQL - thread_ cache_size [Электронный ресурс]. – URL: https://habrahabr.ru/post/159085.

6. Документации по языку Python 2.7.11 [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.python.org/2.

7. Введение в системы баз данных: пер. с англ. – 8-е изд. – М.: Вильямс, 2005. – 1328 с.

Получено 14.06.16

V. V. Kozushko, Undergraduate, Moscow State Technical University named after Bauman (e-mail: bagrusss@gmail.com)

D. L. Tsiganov, Undergraduate, Moscow State Technical University named after Bauman (e-mail: dts@gmail.ru)

A. Yu. Popov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Moscow State Technical University named after Bauman (e-mail: alexpopov@bmstu.ru)

A. I. Karnyushkin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Moscow State Technical University named after Bauman (e-mail: him_expert@mail.ru)

V. V. Khaustov, Doctor of Geologo-Mineralogical Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk), (e-mail: okech@mail.ru)

STRATEGY OPTIMIZE PERFORMANCE DBMS MYSQL, APPLICABLE ENVIRONMENTAL STUDIES

In this article basic information required for optimising MySQL DB was summarized. Several optimisation techniques were illustrated by using them on test database. MySQL server basic configuration parameters responsible for caching, and the use of resources of the personal computer were examined. The means of logging and slow queriis analysis were mentioned. Examples of query execution plan analysis using EXPLAIN operator were given. Bottlenecks in the analysis of the execution order of operators in SQL statements were identified. Descriptions for basic output columns of EXPLAIN operator were given. Queries that combine multiple tables using JOIN operator were described and strategis for optimising them were given. Optimising tips for queries that contain WHERE and ORDER BY clauses were provided as well. B-Tree index structure in MySQL InnoDB storage engine was described. Indexing strategies for various queries with examples were given. The following optimisation techniques were described: query restructuring, covering indexes, DB denormalization. Example queres were provided and improved using listed optimisation methods. Python 2.7 script was developed to measure execution time of a given number of queries. All the methods listed above were tested on tables with about 10^5-10^6 entries of stored entities. Test computer was running Linux 3.18.72 (Ubuntu 14.04.01 LTS) with ext4 filesystem and had HDD. The results of the tests are summarized in the table for visual presentation. The conclusions on results of optimisations were made.

Key words: *service, database, operating system.*

References

1. O realizacii dinamicheskoj matematicheskoj modeli vodonosnogo gorizonta sredstvami sovremennyh informacionnyh tekhnologij / V. D. Kostenko, I. E. Kostenko, V. V. Haustov [i dr.] // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2012. – № 6. – S. 281–286.

2. Dokumentacii po MySQL [Ehlektronnyj resurs]. – URL: https:// dev. mysql.com/doc/.

3. MySQL. Optimizaciya proizvoditel'nosti / B. Shvarc, P. Zajcev, V. Tkachenko [i dr.]. – 2-e izd. – SPb.: Simvol-Plyus, 2010. – 832 s.

4. Nastrojka i optimizaciya MySQL servera [Ehlektronnyj resurs]. – URL: https:// habrahabr.ru/post/108418.

5. Razrabotka MySQL - thread_ cache_size [Ehlektronnyj resurs]. – URL: https://habrahabr.ru/post/159085.

6. Dokumentacii po yazyku Python 2.7.11 [Ehlektronnyj resurs]. – URL: https://docs.python.org/2.

7. Vvedenie v sistemy baz dannyh: per. s angl. – 8-e izd. – M.: Vil'yams, 2005. – 1328 s.

УДК 004.056.5

В. П. Добрица, д-р физ.-мат. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: dobritsa@mail.ru)

А. А. Евсеева, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: evseeva_a.a@mail.ru)

ОБЗОР ОСНОВНЫХ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫХ АКТОВ КНР В ОБЛАСТИ КРИПТОГРАФИИ

В настоящей работе проанализированы общие принципы законодательного регулирования вопросов криптографической защиты информации в КНР. Были перечислены основные законодательные меры в сфере криптографической безопасности. Работа имеет междисциплинарный характер, так как затрагивает не только вопросы информационной безопасности, но и правоприменительную практику законодательства КНР. В статье упомянута государственная организация, регулирующая использование технологий шифрования в Китае. Значительное внимание уделяется понятию «криптографический продукт», дается его расшифровка и указывается, на какие именно продукты распространяется действие законодательства. В статье выяснены особенности использования технологий шифрования иностранными компаниями. Указано, что иностранным организациям и их китайским филиалам крайне сложно получить лицензию на продажу криптографического программного обеспечения, на практике разрешение на производство, продажу или проведение исследований в этой области получают только отечественные китайские организации. В работе рассматриваются ключевые этапы импорта технологий шифрования. Особое внимание уделено правилам получения разрешения на разработку и использование криптографических продуктов и возможной ответственности за уклонения от этой процедуры. В работе указаны требования, которым должна соответствовать организация, стремящаяся получить лицензию на производство и распространение криптографических продуктов. В ходе исследования авторы приходят к выводу, что строгое регулирование использования зарубежных криптографических продуктов вызывает дефицит импортных технологий и положительно влияет на спрос на отечественные разработки. Тем не менее в статье указано, что отсутствие международного сотрудничества сильно замедляет развитие коммерческой криптографии в КНР.

Ключевые слова: *информационная безопасность, криптография.*

***

Криптография открывает широкие возможности обеспечения секретности данных. Китай постепенно вводил систему законодательных мер в сфере криптографической безопасности. Они включают в себя «Положение о коммерческих криптографических средствах», свод правил Государственного управления по криптографии КНР, требования по обязательной сертификации некоторых продуктов по обеспечению информационной безопасности и так называемую многоуровневую систему защиты. Целью данной статьи является краткий обзор при-

веденных выше руководящих документов и их влияние на использование различных программных продуктов.

Многие компании, стремящиеся защитить свои данные, обращаются к технологии шифрования. Для предприятий, работающих в Китае, это представляет некоторую сложность, так как на импорт и использование многих криптографических технологий накладывается существенное ограничение. Под него попадают также научные исследования и разработки в этой области, ограничены продажа и экспорт криптографических средств.

Технологии шифрования в Китае контролируются специальной организацией под названием OSCCA (Государственное управление коммерческой криптографией). Только OSCCA уполномочено выдавать разрешения на использование каких-либо криптографических продуктов. Китайское законодательство гласит, что данное понятие охватывает любые продукты и технологии, используемые для криптографической защиты или подтверждения безопасности данных, не содержащих государственную тайну. Только аппаратное или программное обеспечение с алгоритмом шифрования в качестве своей основной функции подпадают под рамки закона. Беспроводные телефоны, стандартные операционные системы и браузеры – то, чем пользуются рядовые пользователи – в данный список не включены. Иностранные компании, использующие криптографические продукты, обязаны сообщить об этом в OSCCA и получить его разрешение. Одобрение от данного ведомства также требуется для любой компании или физического лица, собирающихся продавать криптографические программные продукты. Сайт OSCCA содержит полный список организаций, имеющих разрешение на продажу программ для зашифрованного обмена сообщениями, в результате чего выбор криптографического программного обеспечения, которое можно купить в КНР, сильно ограничен. Дефицит усугубляется тем фактом, что ни одна иностранная технология шифрования не может продаваться в Китае даже официально одобренными OSCCA компаниями. Данные меры закрывают зарубежным компаниям доступ на китайский рынок и защищают отечественные компании от посягательства конкурентов. Помимо этого иностранным предприятиям запрещено заниматься продажей продуктов шифрования даже китайского происхождения. Иностранным компаниям и их китайским филиалам крайне сложно получить лицензию на продажу криптографического программного обеспечения, на практике разрешение на производство, продажу или проведение исследований в этой области получают только отечественные, китайские, организации.

OSCCA совместно с Главным Таможенным управлением КНР тщательно отслеживают импорт криптографических технологий в Китай. Предприятиям, инвестируемым из-за рубежа, а также китайско-иностранным совместным организациям в порядке исключения разрешено использовать зарубежные технологии шифрования при условии, что данные программные продукты будут использованы исключительно для нужд самой организации или являются необходимостью для связи с филиалами за рубежом. Инвестируемые из-за рубежа предприятия должны подать прошение и получить разрешение у OSCCA на импорт и использование иностранных технологий шифрования. Среди продуктов, на которые требуется получить лицензию OSCCA, значатся шифрующие телефоны и факсы. Использование шифрующих мобильных приложений для обмена сообщениями в коммерческих масштабах тоже требует получения разрешения.

Компании, не получившие лицензию на использование криптографических продуктов, наказываются предупреждением и конфискацией технологий шифрования, а незаконная продажа продуктов

шифрования карается штрафом в трехкратном размере.

В ближайшее время планируется внести ряд изменений в законопроекты, смягчающие условия ввоза и использования технологий шифрования иностранными организациями.

В настоящий момент действуют несколько законодательных актов, регулирующих вопрос использования криптографических продуктов. Одним из них является постановление Государственного совета КНР от 7 октября 1999 года «О коммерческих криптографических средствах». Положение включает в себя 7 глав, в которых подробно расписаны общие правила, касающиеся разработки, использования криптографических технологий. В первой главе кратко оговариваются общие положения документа, цели его принятия и вводятся основные определения. Организация, уполномоченная осуществлять контроль за выполнением правил и норм, оговоренных в законодательном акте, называется Государственное управление по криптографии.

Постановление также освещает вопрос разработки и производства криптографических продуктов. В нем указаны требования, которым должна соответствовать организация, уполномоченная разрабатывать коммерческие криптоалгоритмы. Государственный орган управления должен следить за соответствием организации предъявляемым требованиям и проводить проверки качества криптографических продуктов. Помимо этого комитет должен утверждать типы и виды производимых продуктов. Производство криптографических продуктов без получения предварительного разрешения или в превышение нормы категорически запрещено.

Реализация произведенных криптографических продуктов также должна быть санкционирована государством. Продажа коммерческого криптографического программного обеспечения разрешена только после получения лицензии от Государственного органа управления по криптографии. Для получения разрешения организации необходимо подать заявление в установленной форме, а также соответствовать предъявляемым требованиям: статус независимого юридического лица, совершенная система обеспечения безопасности и наличие сотрудников, ответственных за послепродажное обслуживание программного продукта. Продажа после получения лицензии сопровождается отправкой подробных сведений в государственный орган о пользователях и целях покупки каждого экземпляра криптографических средств.

На использование криптографического оборудования и программного обеспечения накладываются существенные ограничения. Применение криптографических продуктов иностранного происхождения запрещено на всей территории страны. Использование программных продуктов с элементами шифрования иностранными организациями и физическими лицами должно быть санкционировано соответствующим органом власти. Данное правило не распространяется на дипломатические представительства стран, аккредитованных в КНР.

Организация, занимающаяся разработкой или производством криптографических программных продуктов, обязана обеспечить должный уровень конфиденциальности. Открытый показ какой-либо технологии шифрования, полученной в ходе разработки, должен осуществляться только по разрешению Государственного управления по криптографии. За взлом криптографических средств, в результате которого интересам государства причинен вред, организации и физические лица несут ответственность перед законом.

Нарушениями данного закона также является самовольное производство криптографических продуктов без разрешения или после получения разрешения, но превышая указанное в лицензии количество; продажа продуктов без по-

лучения разрешения; использование зарубежных программных продуктов, импорт и экспорт без получения разрешения. В этих случаях уполномоченный орган имеет право конфисковать программный продукт, доход, полученный с производства, или наложить штраф, кратный незаконно полученному доходу.

В случае, если организация в процессе производства не соблюдает меры по обеспечению конфиденциальности разработки, перевозки, хранения и продажи криптографического продукта; открыто и без получения соответствующего разрешения демонстрирует технологии, используемые в продукте; самовольно передает или сдает продукт в ремонт другой организации, не получившей лицензии, то Государственное управление по криптографии вправе вынести предупреждение и выслать предписание о немедленном устранении соответствующих нарушений.

Кроме того, управление по криптографии аннулирует лицензию организации на право продажи, разработки или использования криптографических средств в случае наличия отягчающих обстоятельств. Физическое лицо, осуществляющее взлом криптографических средств и использующее их незаконно и в целях, наносящих вред государственной безопасности и интересам, подвергается уголовному наказанию. Используемые при этом программные продукты будут конфискованы.

Объявление Государственного управления по криптографии «Правила использования в КНР криптографических продуктов иностранными организациями и физическими лицами» является дополнением к положению № 273 «О коммерческих криптографических средствах». Оно более подробно раскрывает особенности правового регулирования по отношению к иностранным организациям и гражданам.

Иностранными компаниями считаются организации, созданные за пределами КНР, а также филиалы и представительства данных организаций, находящиеся на территории Китая. Под действие данных правил также попадают физические лица, не являющиеся гражданами КНР, использующие криптографические продукты. Надзор за исполнением вышеупомянутых правил также осуществляет Государственное управление по криптографии. На местном уровне его обязанности выполняет администрация провинций или городских округов.

Для того чтобы получить разрешение на использование криптографических средств, организация или физическое лицо обязаны заполнить специальную форму для регистрации и представить ее в местный орган управления по криптографии. Данное подразделение в течение 5 дней проверяет соответствие предъявленной информации действительности и передает заявление в центральный аппарат Государственного управления по криптографии. Рассмотрение заявления проходит в течение 20 дней с момента его подачи, затем выносится окончательное решение. В случае если использование криптографических средств одобрено, выдается специальное разрешение на его использование. Разрешение действительно в течение трех лет с момента вступления в силу.

В случае если необходимые криптографические продукты нужно ввезти на территорию КНР из-за рубежа, организация обязана оформить лицензию на импорт. При ввозе зарубежных криптографических продуктов данная лицензия и декларация подаются в таможенный орган. На основании этих документов таможня оформляет выпуск товаров.

Для того чтобы использовать китайские криптографические продукты, иностранная организация должна получить разрешение на их использование. Покупать программное или аппаратное обеспечение фирма может только у китайских компаний, имеющих лицензию на продажу.

В случае если организация меняет свое название, место нахождения или назначение используемых криптографических продуктов, она обязана в течение десяти дней с момента изменения обратиться в местный орган управления по криптографии и переоформить разрешение на использование, внеся туда необходимые правки. В случае досрочного прекращения использования технологий шифрования в коммерческих целях организация обязана в течение тридцати дней сообщить об этом в письменной форме и вернуть полученную лицензию на использование технологий. Передавать или продавать кому-либо лицензию или сам криптографический продукт запрещено. Наказание за нарушения правил, фигурирующих в законодательном акте, такое же, как и в положении «О коммерческих криптографических средствах».

Действие рассмотренных выше мер серьезно затруднило доступ на китайский рынок иностранных или финансируемых из-за рубежа компаний. Государственное управление по криптографии полностью контролирует коммерческое шифрование данных. Подход КНР к шифрованию существенно отличается от международной практики. Китайское правительство контролирует как государственные, так и коммерческие приложения по обеспечению информационной безопасности. Это, в свою очередь, сильно ограничивает коммерческое шифрование как таковое. Практика показывает, что финансируемым из-за рубежа компаниям практически невозможно получить лицензию. Иностранные разработчики также не спешат получить лицензию, потому что сертификация их технологий требует раскрытия конфиденциальной служебной информации. Отсутствие взаимодействия между разработчиками приводит к тому, что китайские криптографические продукты идут по своему пути развития и все больше отличаются от зарубежных аналогов. Все это создает определенные трудности для иностранных компаний и инвесторов.

Список литературы

1. Положение «О коммерческих криптографических средствах» [Электронный ресурс]. – URL: http:// pavel. bazhanov.pro/translations/chinacivillaw/commercial_cryptocodes_statute/ (дата обращения: 23.03.2016).

2. Правила использования в КНР криптографических продуктов иностранными организациями и физическими лицами [Электронный ресурс]. – URL: http://pavel.bazhanov.pro/translations/chinacivillaw/foreign_organisations_individuals_encryption_products/ (дата обращения: 23.03.2016)

3. China’s rules on encryption: what foreign companies need to know [Электронный ресурс]. – URL: http:// www. freshfields.com/en/global/Digital/China_ rules_on_encryption/ (дата обращения: 23.03.2016)

4. Hong Xue. Cyber Law in China // Kluwer Law International, 2010. – 98 с.

5. Yun Zhao. National Space Law in China // Brill Nijhoff, 2015. –332 с.

6. Гребеньков А. А. Современное состояние проблемы вредоносного программного обеспечения: основы компьютерной криминальной армалогии // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2014. – № 6. – С. 159–165.

Получено 26.06.16

V. P. Dobritsa, Doctor of Phusico-Mathematical Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: dobritsa@mail.ru)

A. A. Evseeva, Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: evseeva_a.a@mail.ru)

CONSIDERATION OF THE BASIC LEGISLATIVE ACTS OF THE PRC IN CRYPTOGRAPHY

The article analyzed general rules of the legislative control's information cryptography protection questions in the China. We listed general legislative measures in the area of cryptography protection. This interdisciplinary article, because it consider questions of information security and jurisprudence of China's legislation.

In the article was mentioned the government organization that regulate using of encryption technology in China. Main point of article is «the cryptographic product», article gives description of this concept and points out on what kind of products covered by the legislation.

The article reveals peculiarities of use encryption technology by foreign companies. The article points out that foreign companies and their branch offices in China very difficult to license their cryptographic software in China. As a rule, production permit, sale or carrying out research in this area receive only domestic Chinese company. The article consider key points of import encryption technologies. Main point of this part of article is the rules of obtaining to design and use of encryption products and about potential liability for deviations from this procedure. The article listed the requirements to be met by an organization that seeks to obtain a license for the production and distribution of cryptographic products. The study authors conclude that the strict regulation of the use of foreign cryptographic products is a deficit of imported technologies and has a positive effect on the demand for domestic developers of encryption products, but lack of international cooperation slows down the development of commercial cryptography in China.

Key words: *information security, cryptography.*

References

1. Polozhenie «O kommercheskih kriptograficheskih sredstvah» [Ehlektronnyj resurs]. – URL: http:// pavel. bazhanov.pro/translations/chinacivillaw/commercial_cryptocodes_statute/ (data obrashcheniya: 23.03.2016).

2. Pravila ispol'zovaniya v KNR kriptograficheskih produktov inostrannymi organizaciyami i fizicheskimi licami [Ehlektronnyj resurs]. – URL: http://pavel. bazhanov.pro/translations/chinacivillaw/foreign_organisations_individuals_encryption_products/ (data obrashcheniya: 23.03.2016).

3. China's rules on encryption: what foreign companies need to know [Ehlektronnyj resurs]. – URL: http:// www. freshfields.com/en/global/Digital/China_rules_on_encryption/ (data obrashcheniya: 23.03.2016).

4. Hong Xue. Cyber Law in China // Kluwer Law International, 2010. – 98 s.

5. Yun Zhao. National Space Law in China. – Brill Nijhoff, 2015. – 332 s.

6. Greben'kov A. A. Sovremennoe sostoyanie problemy vredonosnogo programmnogo obespecheniya: osnovy komp'yuternoj kriminal'noj armalogii // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2014. – № 6. – S. 159–165.

МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК: 591.471.372:591.524.2

И. Н. Яшина, канд. мед.наук, доцент, Курский государственный медицинский университет (e-mail: bik2709@rambler.ru)

А. В. Иванов, д-р мед. наук, профессор, Курский государственный медицинский университет (e-mail:anatomy@mail.ru)

Н. М. Агарков, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail:kstu-bmi@yandex.ru)

Chen Chi Hsiang, Associate Professor, Faculty of Anatomy, Histology and Embryology, The school of Basic Medical Science, Putian University, China (e-mail: chenchihsiang@hotmail.com)

СКРЫТЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ БЕДРЕННОЙ КОСТИ КАК СЛЕДСТВИЕ НАЛИЧИЯ ОБЩИХ ПРИНЦИПОВ ЛИНЕЙНОЙ ЛОКОМОЦИИ НАЗЕМНЫХ ЖИВОТНЫХ

В настоящей работе представлены результаты анализа строения бедренных костей животных с бипедальной локомоцией на примере домашней курицы Gallus gallus из отряда курообразных и животных с различными типами тетрапедальной локомоции – домашней собаки Canis lupus familiaris, быка домашнего Bos taurus, кролика европейского одомашненного Oryctolagus cuniculus. В результате использования оригинальной методики исследования с преобразованием значений линейных размеров гомологичных структур бедренных костей животных в относительные величины и их дальнейшего анализа методами непараметрической статистики выявлена тенденция к увеличению относительных размеров эпифизов и головки бедренной кости в эволюционном ряду. Тренды изменения выглядят следующим образом: кролик–курица–собака–бык. В группе тетраподов относительные поперечные размеры проксимального эпифиза превалируют над размерами дистального, у курообразных наоборот. У всех животных относительные поперечные размеры головки бедренной кости преобладают над верхне-нижними. Факторный анализ методом главных компонент позволил выявить асимметричное влияние неизвестных факторов на гомологичные структуры бедренной кости животных. Однако определились и факторы, оказывающие равнозначное влияние на исследуемые структуры с независимо от латерализации конечностей и типа тетрапедальной локомоций. Анализ ранговой корреляции Спирмена с учетом латерализации бедренных костей показал наличие корреляционных связей, присутствующих в обоих случаях внутри групп правая и левая бедренная кость. У тетраподов определены связи между поперечным размером проксимального эпифиза, что может свидетельствовать об увеличении размеров плеча рычага бедра с увеличением длины кости при парасагиттальной ориентации задних конечностей и переносе веса тела на нижележащие суставы. У животных с быстрым типом локомоции – кролик, собака – ведущая роль стереометрии шейки бедра в осуществлении движений подтвердилась корреляциями между длинами шейки и длиной кости. По результатам корреляционного анализа установлено, что при расширении типов локомоции резко увеличивается число корреляционных зависимостей.

***Ключевые слова**: системный анализ, бедренная кость животных, локомоция, биоинформатика, математическая биология.*

***

Вопросам адаптации локомоторного аппарата животных к различным условиям обитания посвящено большое количество работ. Практически все они исследовали биомеханику движения животных без учета стереометрии стилоподия в сравнительно-анатомическом аспекте [1-6]. Известно, что апофизы бедренной кости, присутствующие на её проксимальном эпифизе, являются местами прикрепления мышц, обеспечивающих движения в тазобедренном суставе, а сам проксимальный эпифиз можно считать местом, где векторы передачи нагрузки на конечности изменяют свое направление. Размер апофизов зависит от степени вовлеченности мышц в тот или иной локомоторный акт. На тазовой конечности мышцы развиты сильнее, так как при передвижении животного ими выполняется основная работа. Движения в тазобедренном суставе осуществляют разгибатели, сгибатели, аддукторы, абдукторы и вращатели.

К разгибателям относятся мощные ягодичные мышцы и так называемая заднебедренная группа, в составе которой двуглавая мышца бедра, полуперепонча-

тая, полусухожильная и квадратная мышца бедра.

К сгибателям принадлежит поясничноподвздошная мышца; ей помогают напрягатель широкой фасции бедра, портняжная, гребешковая мышцы и прямая головка четырехглавой мышцы бедра.

Аддукторами тазовой конечности являются стройная и приводящая мышцы, абдукторами – глубокая ягодичная мышца.

К вращателям относятся запирательные и двойничная мышцы.

Мышцы-разгибатели фиксируются к большому вертелу и представляют собой хорошо выраженный задний мышечный массив, рядом с вертельной ямкой фиксируется квадратная мышца бедра. Мышцы-сгибатели располагаются на передней поверхности сустава и прикрепляются к шейке бедренной кости – капсулярная мышца и к малому вертелу – подвздошно-поясничная мышца. Медиально располагаются приводящие мышцы, прикрепляющиеся к малому вертелу [3].

В основе локомоции наземных позвоночных, в том числе и человека, лежит ходьба, а при скоростной локомоции – бег. При этом у животных можно встретить всё многообразие локомоторных актов от медленной простой симметричной тетрапедальной локомоции до карьера и галопа [5, 10]. При локомоции независимо от ее способа след одной из задних конечностей животного всегда отстает от следа другой, что косвенно свидетельствует о наличии асимметрии в строении бедренной кости [2, 3, 8, 12] и требует изолированного изучения костей правой и левой конечности.

С целью последующего выяснения особенностей системной организации бедренной кости человека, сближающих его с представителями различающихся по типам локомоций животных, нами была предпринята попытка системного анализа строения бедренной кости животных в эволюционном ряду курица–собака–кролик–бык. Объектом исследования явилась бедренная кость птиц, на примере домашней курицы Gallus gallus из отряда курообразных – как представителя с бипедальным типом локомоции, домашней собаки Canis lupus familiaris из отряда хищных – как животного, способного к асимметричной тетрапедальной локомоции всех видов [10], быка домашнего Bos taurus из отряда парнокопытных –- тетрапода с большим весом и дугообразным вектором движения в тазобедренном суставе (в начале движения задняя конечностей смещается медиально, затем латерально) [7, 12], кролика европейского одомашненного Oryctolagus cuniculus из отряда зайцеобразных – с локомоцией карьером [4].

Исследование выполнено на мацерированных бедренных костях животных и птиц без признаков костной патологии. Данные по объему выборок представлены в таблице 1.

Таблица 1

Видовое распределение исследуемых бедренных костей с учетом принадлежности к стороне тела

Вид	Бедренная кость, n		Общий объем выборки
	правая	левая	
Домашняя курица	20	20	40
Домашняя собака	39	39	78
Европейский кролик	20	20	40
Домашний бык	40	40	80

С помощью цифрового штангенциркуля, транспортира и устройства для измерения длинных трубчатых костей [8] на бедренных костях животных были измерены дистанции и углы, присутствующие у всех исследуемых видов: длина – Дл; передне-задний размер диафиза – ØД пр и поперечный размер диафиза в средней трети – ØД; поперечный размер проксимального эпифиза – ПрПЭ; размеры головки верхне-нижний – ØГВ и поперечный – ØГП; длины шейки бедренной кости, измеренные сверху – ДШВ, снизу – ДШН, спереди – ДШП и сзади – ДШЗ; расстояние между большим и малым ветрелами ч МВР; наружное межмыщелковое расстояние или поперечный размер дистального эпифиза – ПрДЭ, внутреннее межмыщелковое расстояние или ширина межмыщелковой ямки – ШММЯ; углы между осями диафиза и шейки – ДШУ; кондило-диафизарный угол – КДУ (угол между осью диафиза и перпендикуляром к плоскости мыщелков); угол торсии головки – ТОР (измеряется в сагиттальной плоскости между плоскостью позади мыщелков и большого вертела и осью головки бедра при виде сбоку); угол антеверсии шейки - АНТ (угол между осью шейки и мыщелками бедра во фронтальной плоскости при виде сверху).

Для последующего анализа значения всех линейных параметров были переведены в относительные величины. За единицу измерения было принято значение поперечного размера диафиза в средней трети кости, что позволило учесть влияние массы тела на формирование бедренной кости [6]. После определения параметров описательной статистики: среднего значения, среднего квадратичного отклонения, дисперсии, асимметрии и эксцесса, не обнаружив нормального распределения, нами были использованы методы непараметрической статистики и рассчитаны доверительные интервалы относительных значений (при α=0,05) по каждому параметру. Данные значения представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Величина доверительных интервалов (при α = 0,05) относительных значений размеров головки и эпифизов бедренных костей

Вид	ПрПЭ		ПрДЭ		ØГП		ØГВ	
	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева
Курица	2,1-2,22	2,1-2,23	2,24-2,4	2,25-2,4	0,97-1,03	0,97-1,03	0,87-0,93	0,87-0,94
Кролик	2,04-2,31	1,97-2,38	1,78-2,1	1,76-2,1	0,9-1,03	0,91-1,03	0,78-0,96	0,77-0,95
Собака	2,75-3,02	2,75-3,14	2,24-2,51	2,21-2,52	1,38-1,47	1,3-1,41	1,28-1,4	1,26-1,42
Бык	3,0-3,18	3,0-3,33	2,43-2,53	2,24-2,51	1,23-1,36	1,25-1,37	1,06-1,19	1,01-1,13

Наибольшие относительные размеры эпифизов бедренной кости среди всех исследуемых представителей животного мира имеет домашний бык, хотя статистически достоверных различий между величинами доверительных интервалов проксимальных эпифизов бедренной кости быка и собаки не обнаружилось, так же не обнаружилось различий в величине доверительных интервалов размеров дистального эпифиза между быками, собаками и курами.

У всех изучаемых животных относительные поперечные размеры головки преобладают над верхне-нижними.

Для изучения системной организации бедренной кости и дифференциации ее функции в условиях эволюции локомоций нами был произведен факторный анализ относительных значений исследуемых параметров методом главных компонент (Maximum likelihood factors) с учетом латерализации костей.

В результате факторного анализа выявилась асимметрия факторов, влияющих на бедренную кость.

Однако определились и факторы, оказывающие одинаковое влияние на одни и те же параметры у разных представителей животного мира независимо от принадлежности к той или иной стороне тела (рис. 1).

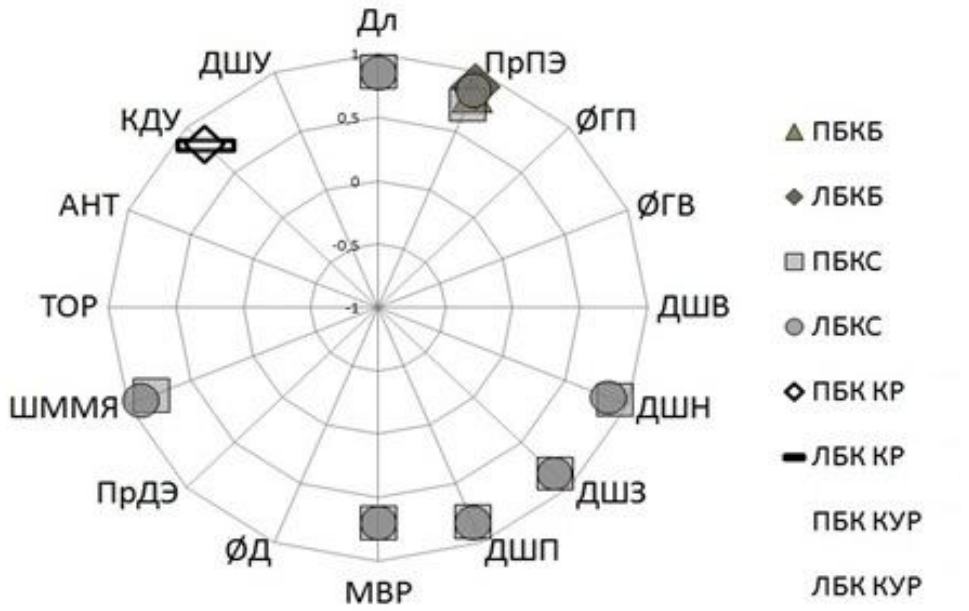


Рис. 1. Степень симметричного влияния скрытого фактора на исследуемые структуры бедренной кости животных: ПБКБ – правая бедренная кость быка; ЛБКБ – левая бедренная кость быка; ПБКС – правая бедренная кость собаки; ЛБКС – левая бедренная кость собаки; ПБК КР – правая бедренная кость кролика; ЛБК КР – левая бедренная кость кролика; ПБК КУР – правая бедренная кость курицы; ЛБК КУР – левая бедренная кость курицы

Заслуживающим внимания явился факт наличия скрытого фактора, присутствующего одновременно у быков и собак и оказывающего одинаковое влияние на ПрПЭ контрлательных бедренных костей. На бедренные кости домашних собак фактор влиял практически одинаково на длину, ПрПэ, длины шейки ДШН, ДШЗ и ДШП, МВР и ШММЯ с обеих сторон. У кур определилась резкая асимметрия влияния, параметров, одновременно находящихся под влиянием фактора, не обнаружено. Среди всех исследуемых представителей животного в группе бедренных костей кролика под общим влиянием скрытого фактора находился лишь КДУ.

Для дальнейшего изучения системного строения бедренной кости с целью выявления скрытых особенностей строения нами был проведен анализ ранговой корреляции Спирмена отдельно для костей каждой стороны. После детального изучения в группах животных были выявлены корреляции, присутствовавшие как справа, так и слева внутри каждой из групп (рис. 2).

У представителей тетераподов обнаружились связи между Дл и ДШВ, Дл и ПрДЭ. Прямые корреляционные зависимости свидетельствуют об увеличении размеров плеча рычага бедра с увеличением длины кости при парасагиттальной ориентации задних конечностей и переносе веса тела на нижележащий коленный сустав. У животных, способных к быстрым видам линейной локомоции – рысь, галоп, карьер (кролик, собака), определяются прямые корреляционные зависимости между Дл и длинами её шейки ДШВ, ДШН, ДШП, МВР. В строении проксимального эпифиза длина

шейки влияет на стереометрию положения головки, то есть на формирование более продвинутых способов локомоций. При этом бедренная кость кролика находится, судя по количеству корреляционных связей, в фазе становления функций и имеет обратную зависимость между размерами параметров шейки ДШВ, МВР, ШММЯ и угловыми характеристиками - антеверсией шейки, что позволило кролику перейти к самому быстрому типу линейной локомоции или карьеру. У собак присутствует меньшее число связей. Общая тенденция к образованию зависимостей между размерами головки, шейки, размерами проксимального и дистального эпифиза сохраняется.

Высшей степени адаптации к собственному весу и особенностям локомоции достигли быки. Результаты корреляционного анализа ранговой корреляции Спирмена показали минимальное количество связей в этой группе животных и взаимосвязь между Дл и размерами головки ØГП, ØГВ, ДШВ, Дл и ПрПЭ, ØГВ и ШММЯ. Выявленные связи могут указывать на активную передачу веса тела на нижние сегменты конечностей, адаптацию к повышению нагрузки на контрлатеральную конечность в начальной фазе шага – прямая связь между Ø ГВ и ШММЯ.

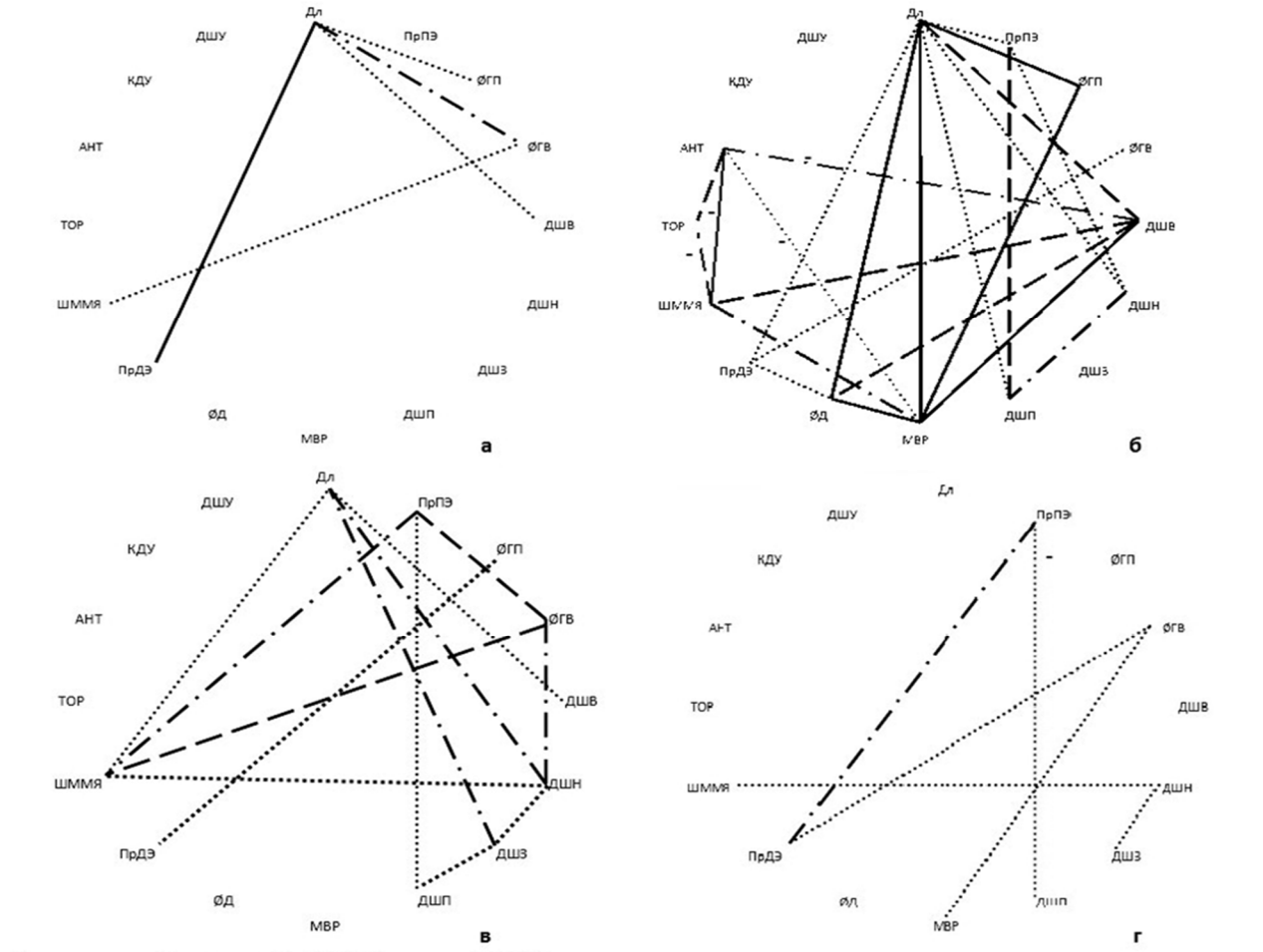


Рис. 2. Схемы корреляционных связей между параметрами бедренной кости:
а – бык, б – кролик, в – собака, г – курица. Связь с силой 0,6-0,69 обозначена линией из точек; 0,7-0,79 – линией точка-тире; 0,8-0,89 – прерывистой линией; 0,9 и выше – непрерывной прямой. Обратная зависимость обозначена знаком минус

У кур (см. рис. 2) независимо от принадлежности к стороне тела обнаружены связи между ØГВ и МВР, ØГВ и ПрДЭ, ПрПЭ имеет прямую связь с ПрДЭ и отрицательную связь с ДШП, размеры шейки ДШН, ДШЗ коррелируют с ШММЯ. Выявление данных взаимосвязей может косвенно свидетельствовать о изменении стереометрии проксимального эпифиза в связи с бипедальным способом локомоции и сближении векторов передачи нагрузки с тела на конечности.

Таким образом, примененная методика системного анализа строения бедренной кости животных с различными способами локомоции выявила тенденцию к увеличению относительных значений размеров эпифизов и головки бедренной кости (см. табл. 2). Тренд изменения относительных размеров обоих эпифизов бедренной кости выглядит следующим образом: кролик – курица – собака – бык. В группе тетраподов размеры проксимального эпифиза превалируют над размерами дистального, у курообразных поперечный размер дистального эпифиза больше проксимального.

Тренд изменения относительных размеров головки бедренной кости: кролик – курица – бык – собака. Поперечные размеры головки превалируют над верхне-нижними размерами. Выявлены скрытые факторы, оказывающие одинаковое влияние на исследуемые параметры контрлатеральных структур бедренной кости животных. Установлено, что при расширении типов локомоции резко увеличивается число корреляционных зависимостей между исследуемыми параметрами в группах животных.

Список литературы

1. Артеменко Б. А. Кинематический принцип строения конечностей наземных животных // Труды Пятого Всесоюзного съезда АГиЭ (г. Ленинград, 5–11 июля 1949). – Л.: Медгиз, 1951. – С. 107–108.

2. Габрамян П. П. Эволюция локомоций тетрапод // Журнал общей биологии. – 2002. – Т. 63, № 5. – С. 426–445.

3. Гиммельрейх Г. А. Локомоторный аппарат домашних животных как целое в динамике и статике. – Киев: Урожай, 1978. – 75 с.

4. Клебанова Е. А., Полякова Р. С., Соколов А. С. Морфо-функциональные особенности органов опоры и движения зайцеобразных // Труды Зоол. ин-та. – 1971. – Т. 48. – С. 121–151.

5. Кузнецов А. Н. Сравнительно-функциональный анализ передних и задних конечностей млекопитающих // Зоологический журнал. – 1985. – Т. 64, В. 12. – С. 1862–1867.

6. Мельник К. П., Клыков В. И. Локомоторный аппарат млекопитающих. Вопросы морфологии и биомеханики скелета. – Киев: Наукова думка, 1991. – 208 с.

7. Савчук Д. И. Распределение массы быка на конечности // Тезисы докладов II Всесоюз. конф. по проблемам биомеханики. – Рига, 1979. – Ч. 3. – С. 206–207.

8. С 1 2245101 RUA 61 B 5 /103. Устройство для антропометрических измерений длинных трубчатых костей / Яшина И. Н., Самаха А., Колесник А. И., Иванов А. В., Иванов Д. А.; Курский государственный медицинский университет. // Изобретения. – 2005. – № 3.

9. Alexander R. M. The mechanics of jumping by a dog (Canisfamilliaris) // J. Zool. (London). – 1974. – Vol. 173. – P. 549–573.

10. Alexander R. M. Principles of Animal Locomotion. – Princeton: Princeton University Press, NJ, 2003. – P. 109–111.

11. Biewener A. Animal locomotion. – Oxford: Oxford University Press, UK, 2003. – P. 46–77.

12. Telezhenko E., Bergsten C., Manske T. Cow locomotion of terrestrial vertebrates and some features of movements of lower tetrapods // Amering Publishing Co. Pvt, Ltd. – New Delhi, India, 2002. – P. 274.

Получено 20.07.16

I. N. Yashina, Associate Professor, Kursk State Medical University (e-mail: bik2709@rambler.ru)

A. V. Ivanov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Kursk State Medical University (e-mail:anatomy@mail.ru)

N. M. Agarkov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail:kstu-bmi@yandex.ru)

Chen Chi Hsiang, Associate Professor, Faculty of Anatomy, Histology and Embryology, The school of Basic Medical Science, Putian University, China (e-mail: chenchihsiang@hotmail.com).

HIDDEN FEATURES OF THE STRUCTURE OF THE FEMUR AS A RESULT OF THE EXISTENCE OF GENERAL PRINCIPLES OF LINEAR LOCOMOTION OF TERRESTRIAL ANIMALS

This article presents the results of analysis of the Femur's anatomy of animals with bipedal locomotion (BL) on the example of Gallus gallus from the order Galliformes and animals with various types of tetrapedal locomotion (TL) - Canis lupus familiaris, Bos Taurus, the Oryctolagus cuniculus. It was showed a trend toward an increase in the relative size of the epiphysis and the femoral head in an evolution with the conversion of the values of linear dimensions of homologous structures in animals femurs relative values and following non-parametric analysis. Trends change as follows: rabbit-chicken- dog- bull. In the TL group the relative cross-sectional dimensions (RCSD) of the proximal epiphysis over the distal one. In Galliformes - vice versa. In all cases, the RCSD of the femoral head prevail over the top-bottom sizes. By factor analysis the asymmetric effect of unknown factors on the homologous femoral structures was discovered.

Also were determined factors, which had an equivalent effect on femoral structures, regardless of the type of limb's laterality and type of TL. Spearman rank correlation considering side of the body showed the presence of correlations present in both groups of femoral bones (right and left). In tetrapod's were defined relationship between the transverse size of the proximal epiphysis, which indicates an increase of the femoral lever size with an increase the bone length during parasagittal orientation of the hind limbs, and the transfer of body weight to the lower joints. In case of animals with a quick type of locomotion (rabbit, dog) the leading role of the femoral head shape in the implementation of the movements was confirmed by correlations between the femoral neck length and the bone length. As a result of correlation analysis established that at expansion of types of locomotion abruptly increases the number of correlations.

***Key words**: system analysis, femoral bone of animals, locomotion, bioinformatics, mathematical biology.*

References

1. Artemenko B. A. Kinematicheskij princip stroeniya konechnostej nazemnyh zhivotnyh // Trudy Pyatogo Vsesoyuznogo s"ezda AGiEH (g. Leningrad, 5–11 iyulya 1949). – L.: Medgiz, 1951. – S. 107–108.

2. Gabramyan P. P. EHvolyuciya lokomocij tetrapod // Zhurnal obshchej biologii. – 2002. – T. 63, № 5. – S. 426–445

3. Gimmel'rejh G. A. Lokomotornyj apparat domashnih zhivotnyh kak celoe v dinamike i statike. – Kiev: Urozhaj, 1978. – 75 s.

4. Klebanova E. A., Polyakova R. S., Sokolov A. S. Morfo-funkcional'nye osobennosti organov opory i dvizheniya zajceobraznyh // Trudy Zool. in-ta. – 1971. – T. 48. – S. 121–151.

5. Kuznecov A. N. Sravnitel'no-funkcional'nyj analiz perednih i zadnih konechnostej mlekopitayushchih // Zoologicheskij zhurnal. – 1985. – T. 64, V. 12. – S. 1862–1867.

6. Mel'nik K. P., Klykov V. I. Lokomotornyj apparat mlekopitayushchih. Voprosy morfologii i biomekhaniki skeleta. – Kiev: Naukova dumka, 1991. – 208 s.

7. Savchuk D.I . Raspredelenie massy byka na konechnosti // Tezisy dokladov II Vsesoyuz. konf. po problemam biomekhaniki. – Riga, 1979. – CH. 3. – S. 206–207.

8. S 1 2245101 RUA 61 B 5 /103. Ustrojstvo dlya antropometricheskih iz-merenij dlinnyh trubchatyh kostej / Yashina I. N., Samaha A., Kolesnik A. I., Ivanov A. V., Ivanov D. A.; Kurskij gosudarstvennyj medicinskij universitet // Izobreteniya. – 2005. – № 3.

9. Alexander R. M. The mechanics of jumping by a dog (Canisfamilliaris) // J. Zool. (London). – 1974. – Vol. 173. – P. 549–573.

10. Alexander R. M. Principles of Animal Locomotion. – Princeton: Princeton Uni-versity Press, NJ, 2003. – P. 109–111.

11. Biewener A. Animal locomotion. Oxford: Oxford University Press, UK, 2003. – P. 46–77.

12. Telezhenko E., Bergsten C., Manske T. Cow locomotion of terrestrial vertebrates and some features of movements of lower tetrapods // Amering Publishing Co. Pvt, Ltd. – New Delhi, India, 2002. – P. 274.

УДК 616.718.046-002-08: (616-009.819.6)

Н. М. Агарков, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: vitalaxen@mail.ru)

Дахер Зиад Рашид, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: nikiti4007@ya.ru)

В. Н. Шамборский, канд. мед. наук, Белгородский государственный университет (e-mail: vitek-84@ya.ru)

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ДИАГНОСТИКИ И ОЦЕНКИ ТЕРАПИИ ОСТЕОМИЕЛИТА ДЛИННЫХ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ

В последние десятилетия происходит увеличение количества заболеваний с атипичными и тяжелыми формами травм костей, осложненных остеомиелитом, что нередко приводит к развитию осложнений вплоть до летальных исходов у значительной части пациентов, а иногда и к инвалидности. Статья посвящена анализу изменений параметров периферической крови при развитии травм костей, осложненных остеомиелитом, и моделированию корреляционных связей показателей периферической крови у больных раком кишечника. Построение модели патологических отклонений в периферической крови, связанных с развитием травмам костей, осложненных остеомиелитом, показывает выраженность изменений со стороны абсолютного количества лимфоцитов, палочкоядерных нейтрофилов и СОЭ. Отклонение других показателей периферической крови сопровождалось изменением в сторону увеличения по сравнению с группой взрослых практически здоровых лиц. Развитие заболевания сопровождается достоверными изменениями параметров периферической крови.

При численном анализе патологических отклонений в содержании иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов с последующим математическим ранжированием установлено, что первое место по величине сдвига в основной группе занимают Ig G (-214,5%). На втором месте и также с отрицательным знаком находятся Ig A (-140,9%). Построенная модель патологических отклонений показывает угнетение выработки иммуноглобулинов на системном уровне. Корреляционный анализ позволил выявить, что среди пациентов с острым одонтогенным остеомиелитом челюстей общее количество достоверных связей превышает число таковых в группе практически здоровых. В основной группе наибольшее число связей присуще классу Ig G крови, который имеет прямую связь с классом Ig A, обратную – с циркулирующими иммунными комплексами, криволинейную зависимость – с классом Ig M в крови.

Ключевые слова: *остеомиелит длинных трубчатых костей, диагностика, алгоритм, модель.*

***

Остеомиелит длинных трубчатых костей представляет в современных условиях распространенное осложнение переломов различной локализации на конечностях [1, 2, 3, 4]. Данное осложнение является причиной высокой нетрудоспособности больных и длительного лечения, несмотря на постоянное внедрение современных эффективных методов и средств терапии [5, 6]. Серьезной проблемой, от решения которой зависят указанные выше задачи, остается ранняя диагностика патологии.

В связи с этим целю настоящей работы является разработка моделей и алгоритмов для совершенствования диагностики и лечения остеомиелита длинных трубчатых костей.

При осуществлении диагностики остеомиелита длинных трубчатых костей в настоящем исследовании придерживались созданной концептуальной модели диагностики указанной нозологической формы (рис. 1). Обследование пациентов проводилось в стационарных условиях – в отделении челюстно-лицевой хирургии

Белгородской областной клинической больницы в 2010–2013 гг. В соответствии с задачами проанализировано 2472 случая госпитализации по поводу гнойных воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области, в том числе изучено 1614 больных, потребовавших госпитализации в связи с остеомиелитом длинных трубчатых костей.

Рис. 1. Концептуальная модель диагностики остеомиелита длинных трубчатых костей

Из указанных выше случаев острого остеомиелита выделено 106 больных остеомиелитом длинных трубчатых костей, составивших основную группу исследования. Контролем служили 65 практически здоровых взрослых лиц приблизительно одинакового возраста и без существенных различий по полу. Пациентам основной и клинической групп выполнялось клиническое, иммунологическое и рефлексодиагностическое обследование.

Клиническое обследование предусматривало изучение локальных объективных симптомов и периферической крови. Последняя анализировалась на автоматическом гематологическом анализаторе Quiktus (Швеция). Идентификация микроорганизмов осуществлялась с помощью тест-систем на биохимическом анализаторе АТВ Expression фирмы «bioMerieuX». Параметры клеточного иммунитета в периферической крови определялись с помощью моноклональных антител и иммунофлюоресцентного метода. Активность нейтрофилов крови изучалась по реакции восстановления нитросинего тетразолия спонтанного (НСТ сп.) и нитросинего тетразолия стимулированного (НСТ ст.). Уровень иммуноглобулинов крови исследовался методом радиальной иммунодиффузии. Показатели иммунитета в смыве из остаточной полости (местный уровень) определялись иммуноферментным, турбидеметрическим методом и цитологическим. Для измерения электрического сопротивления биологически активных точек использовался аппарат «ЭЛЛАДА – 07».

Далее в соответствии с концептуальной моделью диагностики остеомиелита длинных трубчатых костей выполнялось определение параметров сдвига, позволяющих в нормированных величинах оценить изменение исследуемых диагностических показателей, имеющих различную модальность. Сравнение же исходных разномодальных параметров не позволяет делать объективные выводы. Данный количественный математический критерий (показатель сдвига) вычисляется по методике, предложенной в работе. Построение моделей патологических отклонений, как и определение показателей сдвига, производилось для всех групп показателей:

– общего анализа крови,

– клеточного иммунитета и активности нейтрофилов крови,

– иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов крови,

– иммунитета на локальном уровне,

– электрического сопротивления в биологически активных точках меридиана толстой кишки.

При построении моделей патологических отклонений за 100% принимались соответствующие параметры контрольной группы.

Корреляционные модели строились на основе результатов корреляционного анализа, проведенного с использованием пакета статистических программ «Statistica 6.0». Выражение зависимости между переменными величинами X и Y соответствует понятию функции. Оно имеет в виду случаи, когда определенному значению, которое может принимать переменная величина Y, называемая аргументом, соответствует только одно значение переменной X, называемой функцией. В общем виде это записывается как Y = f(X). Зависимость между переменными случайными величинами X и Y, при которой каждому значению одной из них соответствует не какое-то конкретное значение, а определённая групповая средняя другой величины, т. е. $\bar{y}_x = f(\bar{x}_i)$ или $\bar{x}_y = f(\bar{y}_i)$, отражает корреляционную зависимость.

Корреляционному анализу в настоящем исследовании подвергались параметры:

– общего анализа крови,

– клеточного иммунитета и активности нейтрофилов крови,

– иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов,

– иммунитета на локальном уровне,

– электрического сопротивления в биологически активных точках меридиана толстой кишки.

Среди параметров общего анализа крови изучены и построены корреляционные модели всех составляющих данного анализа.

В группе параметров клеточного иммунитета и активности нейтрофилов на системном уровне изучены корреляционные связи:

– абсолютного числа Т-лимфоцитов,

– относительного числа Т-лимфоцитов,

– абсолютного числа Т-хелперов,

– относительного числа Т-хелперов,

– абсолютного числа Т-киллеров,

– относительного числа Т-киллеров,

– активности нейтрофилов в тесте НСТ ст.,

– активности нейтрофилов в тесте НСТ сп.

Как и в предыдущем случае, при построении корреляционных моделей учитывались только статистические достоверные связи.

Корреляционный анализ иммуноглобулинов крови предусматривал изучение связей между:

– иммуноглобулинами А,

– иммуноглобулинами G,

– иммуноглобулинами Е,

– иммуноглобулинами М,

– циркулирующими иммунными комплексами.

При корреляционном анализе связей иммунных клеток на местном уровне рассматривались:

– иммуноглобулины А,

– секреторные иммуноглобулины А,

– иммуноглобулины G,

– лизоцим,

– лактоферрин,

– фагоцитарный индекс,

– эпителиальные клетки,

– лимфоциты,

– нейтрофилы.

Построение корреляционных моделей по биологически активным точкам меридиана толстой кишки предусматривало обработку данных электрического сопротивления следующих точек:

– шан-ян,

– эр-цзянь,

– сан-цзянь,

– хэ-гу,

– пянь-ли,

– вэнь-лю,

– шоу-сань-ли,

– цюй-чи.

Алгоритм организации и оценки лечения флегмон у больных остеомиелитом длинных трубчатых костей включает:

– формирование схемы консервативной терапии,

– включение при наличии показаний хирургической компоненты,

– комплексное обследование до лечения,

– проведение комбинированной терапии,

– проведение клинического, иммунологического и рефлексологического обследования пациентов,

– расчёт параметров сдвига,

– прогнозирование исходов терапии с развитием флегмоны или достижением ремиссии.

Диагностическая модель, разработанная на основе полученых показателей сдвига электрического сопротивления в акупунктурных точках меридиана толстой кишки при развитии остеомиелита, указывает на приоритетное диагностическое значение точки эр-цзянь (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что отклонение электрического сопротивления в этой точке имеет максимальное значение от референсных параметров. Особенностью модели является выход показателей сдвига электрического сопротивления в группе больных остеомиелитом за пределы границ контроля.

Значительные отклонения наряду с биологически активной точкой эр-цзянь характерны также для пянь-ли, вэнь-лю и цюй-чи. Графическая модель также свидетельствует об определенном отклонении электрического сопротивления в акупунктурных точках меридиана толстой кишки – шан-ян и ян-си.

Практически неизменным оказалось электрическое сопротивление в точке хэ-гу. Это говорит о низкой диагностической значимости данной точки для диагностики остеомиелита длинных трубчатых костей, равно как и акупунктурных точек сань-цзянь, шоу-сань-ли.

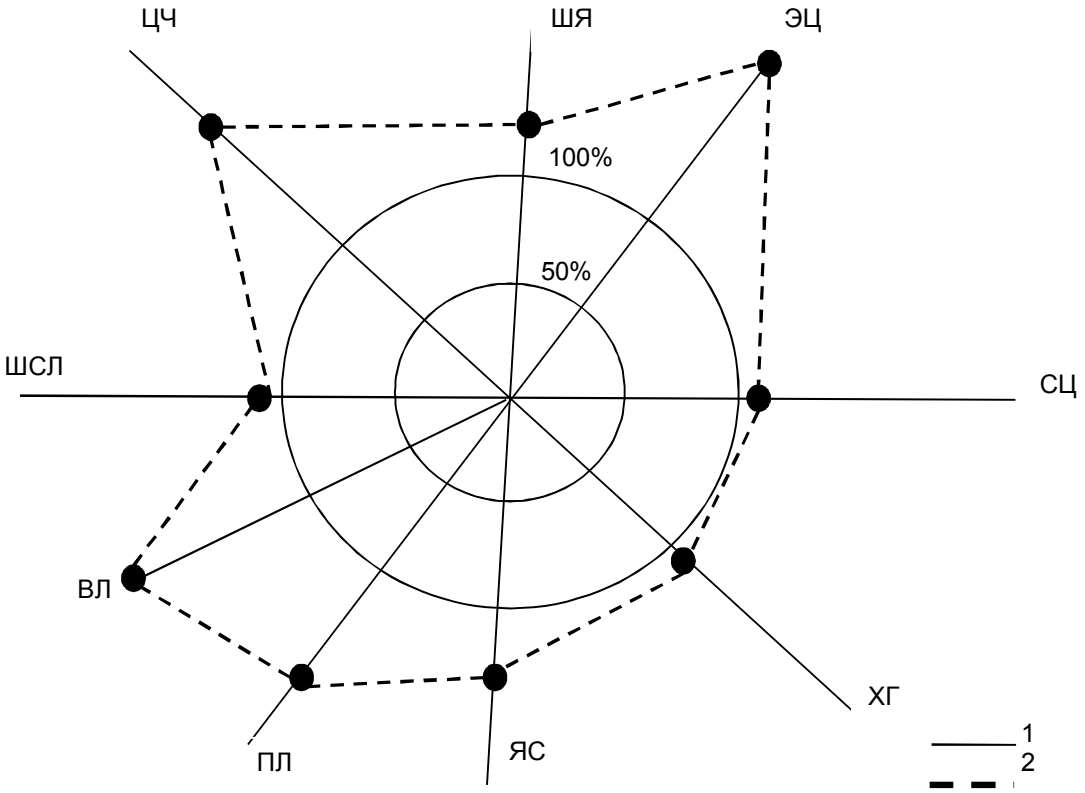


Рис. 2. Графическая модель патологических отклонений электрического сопротивления в биологически активных точках меридиана толстой кишки вследствие возникновения остеомиелита длинных трубчатых костей в сравнении с контролем (%):
ШЯ – шан-ян; ЭЦ – эр-цзянь; СЦ – сань-цзянь; ХГ – хэ-гу; ЯС – ян-си; ПЛ – пянь-ли; ВЛ – вэнь-лю; ШСЛ – шоу-сань-ли; ЦЧ – цюй-чи; 1 – контрольная группа; 2 – основная группа

Перестройка корреляционной модели показателей электрического сопротивления биологически активных точек меридиана толстой кишки под влиянием остеомиелита проявляется усилением взаимосвязей данных параметров (рис. 3).

Так, если в контрольной группе между исследуемыми параметрами обнаружено всего четыре корреляционные связи, то у больных остеомиелитом длинных трубчатых костей – семь достоверных связей. При остеомиелите длинных трубчатых костей корреляционные связи преимущественно прямые. Наиболее в тесной интеграции находятся акупунктурные точки эр-цзянь и пянь-ли. Точка эр-цзянь имеет прямую корреляционную связь с акупунктурными точками вэнь-лю, пянь-ли, ян-си и обратную связь – с цюй-чи. Акупунктурная точка пянь-ли характеризуется наличием прямой корреляции с эр-цзянь, шан-ян, цюй-чи и криволинейным соотношением с вэнь-лю.

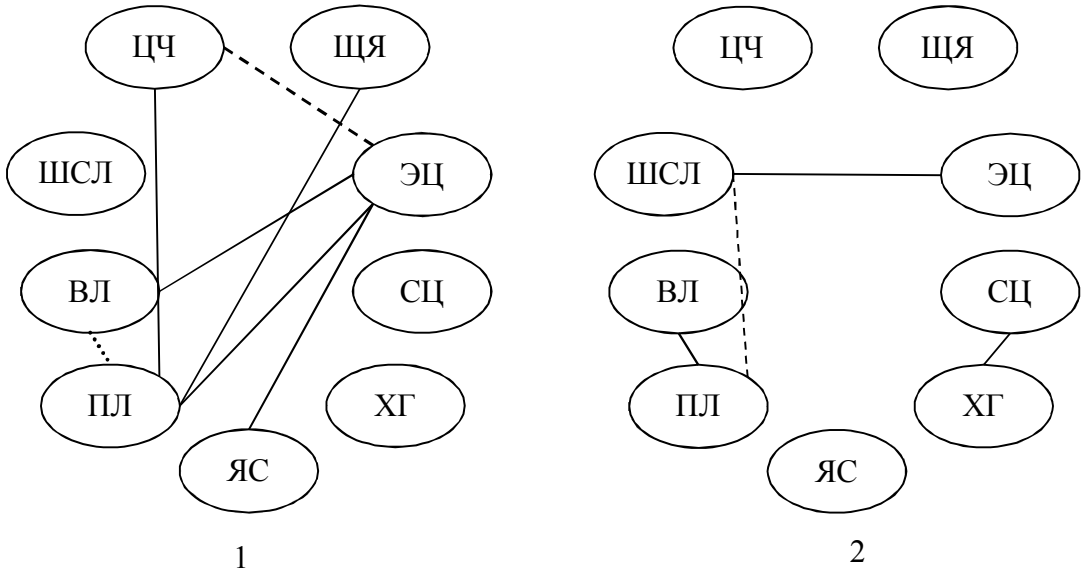


Рис. 3. Соотношение между параметрами электрического сопротивления в акупунктурных точках меридиана толстой кишки при остеомиелите длинных трубчатых костей (1) и в контрольной группе (2): обозначения, аналогичные рис. 2; _____ прямая репрезентативная связь; - - - - - - обратная репрезентативная связь; . . . . . криволинейное соотношение

В контрольной группе прямые достоверные связи выявлены между биологически активными точками хэ-гу и саньцзянь, эр-цзянь и шоу-сань-ли, вэнь-лю и пянь-ли. Обратное соотношение установлено между шоу-сань-ли и пянь-ли.

Список литературы

1. Серёгин С. П., Забровский А. Н., Мишустин В. Н. Многокритеральное математическое моделирование и прогнозирование распространенности злокачественных новообразований // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2. – Ч. 1. – С. 41–49.

2. Коваль А. Н., Рудик А. А., Чечетка Д. Ю. Клинико-диагностические особенности острой стадии гематогенного остеомиелита длинных трубчатых костей у лиц молодого возраста // Дальневосточный медицинский журнал. – 2008. – № 1. – С. 39–41.

3. Коваль А. Н. Гематогенный остеомиелит длинных трубчатых костей у лиц молодого возраста // Вестник хирургии им. И. И. Грекова. – 2008. – Т. 167, № 5. – С. 114–118.

4. Мироманов А. М., Солпов А. В., Мироманова Н. А. Лимфоцитарно-тромбоцитарная адгезия у больных с переломами длинных трубчатых костей и хроническим остеомиелитом // Дальневосточный медицинский журнал. – 2009. – № 1. – С. 29–32.

5. Метод лечения больных с хроническим гнойным остеомиелитом длинных трубчатых костей / В. К. Носков, А. А. Гостинцев, Г. Г. Дзюба, В. П. Агарков // Гений ортопедии. – 2005. – № 1. – С. 26–28.

6. Глухов А. А., Алексеева Н. Т., Микулич Е. В. Экспериментальное обоснование применения струйной санации и тромбоцитарного концентрата в лечении хронического остеомиелита длинных трубчатых костей // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. – 2012. – Т. V, № 1. – С. 131–136.

7. Анализ и прогнозирование качества жизни после хирургического лечения / В. Ф. Луценко, Т. Н. Татьяненко, Е. В. Стародубцева, В. Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11(154), Вып. 22/1. – С. 78–83.

8. Дифференциация острого тонзиллита у детей на основе математических моделей / В. Ф. Луценко, Е. А. Гнездилова, Е. В. Стародубцева, А. В. Иванов, В. Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11(154). – Вып. 22/1. – С. 84–88.

9. Серёгин С. П., Забровский А. Н., Мишустин В. Н. Многокритеральное математическое моделирование и прогнозирование распространенности злокачественных новообразований // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2. – Ч. 1. – С. 41–49.

10. Математический прогноз развития гипоксически-ишемической энцефалопатии у новорожденных детей / В. Н. Снопков, А. П. Яковлев, Л. В. Шульга, Г. И. Кислюк // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11(154). – Вып. 22/1. – С. 168–171.

11. Яковлев А. П. Дискриминантный метод в выявлении больных острым сальпингоофоритом // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2. – Ч. 2. – С. 209–215.

Получено 08.07.16

N. M. Agarkov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: vitalaxen@mail.ru)

Daher Ziad Rashid, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (e-mail: nikiti4007@ya.ru)

V. N. Samborski, Candidate of Medical Sciences, Belgorod State University (e-mail: vitek-84@ya.ru)

MODELS AND ALGORITHMS FOR THE DIAGNOSIS AND EVALUATION OF THERAPY OF OSTEOMYELITIS OF LONG TUBULAR BONES

In recent decades there is an increase in the number of diseases with atypical and severe forms of injury of the bones complicated by osteomyelitis , which often leads to complications up to lethal outcomes in a significant proportion of patients, and sometimes disability. The article is devoted to analysis of changes of parameters of peripheral blood in the development of bone injuries, complicated by osteomyelitis and modeling of correlations of peripheral blood in patients with colon cancer. Build a model of abnormalities in peripheral blood associated with the development of injuries of the bones complicated by osteomyelitis, shows the severity of changes in the absolute number of lymphocytes, stab neutrophils and erythrocyte sedimentation rate. The deviation of the other indicators in the peripheral blood was accompanied by a change in the direction of increasing compared with a group of adult healthy individuals. the disease is accompanied by reliable changes of parameters of peripheral blood.

In the numerical analysis of pathological deviations in the content of immunoglobulins and circulating immune complexes with subsequent mathematical ranking found that the first place.-rank shift in the basic group G is Ig (-214,5%). In second place, also with a negative sign are Ig A (-140,9%). The model of abnormalities shows the inhibition of immunoglobulin production at systemic level. Correlation analysis revealed that among patients with acute odontogenic osteomyelitis of the jaws, the total number of significant connections exceeds the number of those in the group of practically healthy. In the main group the greatest number of relations is inherent to the class of Ig G blood, which has a direct relationship with the class of Ig A, reverse - circulating immune complexes, a curvilinear dependence with the class of Ig M in the blood.

Key words: *osteomyelitis of long tubular bones, diagnosis, algorithm, model.*

References

1. Seryogin S. P., Zabrovskij A. N., Mishustin V. N. Mnogokriteral'noe matematicheskoe modelirovanie i prognozirovanie rasprostranennosti zlokachestvennyh novoobrazovanij // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2012. – № 2. – Ch. 1. – S. 41–49.

2. Koval' A. N., Rudik A. A., Chechetka D. Yu. Kliniko-diagnosticheskie osobennosti ostroj stadii gematogennogo osteomielita dlinnyh trubchatyh kostej u lic molodogo vozrasta // Dal'nevostochnyj medicinskij zhurnal. – 2008. – № 1. – S. 39–41.

3. Koval' A. N. Gematogennyj osteomielit dlinnyh trubchatyh kostej u lic molodogo vozrasta // Vestnik hirurgii im. I. I. Grekova. – 2008. – T. 167, № 5. – S. 114–118.

4. Miromanov A. M., Solpov A. V., Miromanova N. A. Limfocitarno-trombocitarnaya adgeziya u bol'nyh s perelomami dlinnyh trubchatyh kostej i hronicheskim osteomielitom // Dal'nevostochnyj medicinskij zhurnal. – 2009. – № 1. – S. 29–32.

5. Metod lecheniya bol'nyh s hronicheskim gnojnym osteomielitom dlinnyh trubchatyh kostej / V. K. Noskov, A. A. Gostincev, G. G. Dzyuba, V. P. Agarkov // Genij ortopedii. – 2005. – № 1. – S. 26–28.

6. Gluhov A. A., Alekseeva N. T., Mikulich E. V. Eнksperimental'noe obos-novanie primeneniya strujnoj sanacii i trombocitarnogo koncentrata v lechenii hronicheskogo osteomielita dlinnyh trubchatyh kostej // Vestnik ehksperimental'noj i klinicheskoj hirurgii. – 2012. – T. V, № 1. – S. 131–136.

7. Analiz i prognozirovanie kachestva zhizni posle hirurgicheskogo lecheniya / V. F. Lucenko, T. N. Tat'yanenko, E. V. Starodubceva, V. N. Mishustin // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2013. – № 11(154). – Vyp. 22/1. – S. 78–83.

8. Differenciaciya ostrogo tonzillita u detej na osnove matematicheskih modelej / V. F. Lucenko, E. A. Gnezdilova, E. V. Starodubceva, A. V. Ivanov, Mishustin V. N. // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2013. – № 11(154). – Vyp. 22/1. – S. 84–88.

9. Seryogin S. P., Zabrovskij A. N., Mishustin V. N. Mnogokriteral'noe matematicheskoe modelirovanie i prognozirovanie rasprostranennosti zlokachestvennyh novoobrazovanij // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2012. – № 2. – Ch. 1. – S. 41–49.

10. Matematicheskij prognoz razvitiya gipoksicheski-ishemicheskoj ehncefalopatii u novorozhdennyh detej / V. N. Snopkov, A. P. Yakovlev, L. V. Shul'ga, G. I. Kislyuk // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2013. – № 11(154). – Vyp. 22/1. –S. 168–171.

11. Yakovlev A. P. Diskriminantnyj metod v vyyavlenii bol'nyh ostrym sal'pingooforitom // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2012. – № 2. – Ch. 2. – S. 209–215.

УДК 616.718.046-002-08: (616-009.819.6)

Дахер Зиад Рашид, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: nikiti4007@ya.ru)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ДИАГНОСТИКА ИЗМЕНЕНИЙ ИММУНИТЕТА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТЕОМИЕЛИТА КОСТЕЙ

Распространенность острых одонтогенных воспалительных заболеваний в последние десятилетия постоянно увеличивается, и всё чаще отмечаются бурно прогрессирующие формы течения. При этом преимущественной формой среди одонтогенных воспалительных заболеваний является острый остеомиелит костей, составляющий 1,41 случая на 1000 населения, в том числе осложненный – 1,01 случая на 1000 населения. В странах Западной Европы заболеваемость остеомиелитом костей значительно ниже и варьирует от 3 до 4 случаев на 100000 населения. Диагностическое исследование параметров системного иммунитета позволило обнаружить гиперактивацию Т-лимфоцитов и наличие недостаточности Т-хелперов, Т-супрессоров, активности нейтрофилов. Математическая оценка системного иммунитета свидетельствует о наиболее существенном сдвиге абсолютного числа Т-хелперов (-266,7%) и Т-лимфоцитов (+212,5%). При осуществлении моделирования выявленных нарушений наблюдается в большинстве случаев однонаправленность изменений. В корреляционной модели больных острым одонтогенным остеомиелитом челюстей выделяется абсолютное содержание Т-хелперов. Диагностическое исследование на системном уровне параметров гуморального иммунитета в основной группе выявило достоверное снижение Ig A и Ig G. При численном анализе патологических отклонений в содержании иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов с последующим математическим ранжированием установлено, что первое место по величине сдвига в основной группе занимают Ig G (-214,5%). На вто-

ром месте и также с отрицательным знаком находятся Ig A (-140,9%). Построенная модель патологических отклонений показывает угнетение выработки иммуноглобулинов на системном уровне. Корреляционный анализ позволил выявить, что среди пациентов с острым одонтогенным остеомиелитом челюстей общее количество достоверных связей превышает число таковых в группе практически здоровых. В основной группе наибольшее число связей присуще классу Ig G крови, который имеет прямую связь с классом Ig A, обратную – с циркулирующими иммунными комплексами, криволинейную зависимость – с классом Ig M в крови.

***Ключевые слова**: остеомиелит костей, заболеваемость, корреляционная модель.*

***

Диагностика, лечение и профилактика одонтогенных гнойных воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области остается наиболее актуальной для современной стоматологии и челюстно-лицевой хирургии [1, 2, 3]. Данному обстоятельству способствует высокая медико-социальная значимость остеомиелита челюстей, поскольку большую часть больных с этой нозологией составляют лица молодого трудоспособного возраста [5]. При рассматриваемой патологии отмечаются высокие показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности, а также смертности. Остеомиелит челюстей часто трудно диагностируется, несмотря на активный поиск методов диагностики и внедрение их в практику [5].

При остеомиелите челюстей патология редко диагностируется в острой и подострой стадиях [6]. Основными направлениями, способствующими решению данной проблемы, являются разработка и реализация в клиническую практику новых более эффективных методов диагностики, прогнозирования остеомиелита челюстей [6]. Однако прогнозирование одонтогенного остеомиелита и его различных осложнений по клинико-лабораторным показателям практически не осуществляется.

Остеомиелит челюстно-лицевой области вызывает изменения специфического иммунитета – клеточного и гуморального. Имеется дисбаланс субпопуляций Т-лимфоцитов с уменьшением хелперно-супрессорного индекса до 0,2 (при норме 1,8–2,0). Количство В-лимфоцитов достигало 13,5±0,4%, но прослеживался недостаток IgG и циркулирующих иммунных комплексов.

Дифференциальную диагностику остеомиелита при вторичных иммунодефицитах проводят со злокачественными опухолями костей, метастатическими процессами и дистрофическими изменениями при прогрессирующем остеолизе и после термических поражений.

Параметры клеточного иммунитета в периферической крови определялись с помощью моноклональных антител и иммунофлюоресцентного метода. Активность нейтрофилов крови изучалась по реакции восстановления нитросинего тетразолия спонтанного (НСТ сп.) и нитросинего тетразолия стимулированного (НСТ ст.). Уровень иммуноглобулинов крови исследовался методом радиальной иммунодиффузии. Показатели иммунитета в смыве из остаточной полости (местный уровень) определялись иммуноферментным, турбидеметрическим методом и цитологическим. Для измерения электрического сопротивления биологически активных точек использовался аппарат «ЭЛЛАДА – 07».

Диагностическое исследование параметров системного иммунитета у пациентов с остеомиелитом костей позволило обнаружить гиперактивацию Т-лимфоцитов и наличие недостаточности Т-хелперов, Т-супрессоров, активности нейтрофилов в тесте нитросиневого тетразолия спонтанного и стимулированного (табл. 1). Независимо от этого все изменения в иммунной системе организма больных носили репрезентативный характер, за исключением соотношения параметров НСТ-ст. к НСТ-сп. ($P>0,05$). Воспалительный процесс в кишечнике вызвал достоверное повышение как абсолютного, так и относительного содержания Т-лимфоцитов. Изменение Т-

хелперов и Т-супрессоров было однонаправленным и сопровождалось угнетением продукции данных кластеров в абсолютном и относительном выражении. Среднее значение теста НСТ-ст. и НСТ-сп. у больных остеомиелитом костей статистически существенно уменьшилось.

Таблица 1

Иммунологические показатели на системном уровне при остеомиелите костей и в контроле (M±m)

Исследуемый параметр, единица измерения	Основная группа	Контрольная группа
СД3+, $x10^9$/л	1,7±0,2*	0,8±0,1*
СД3+,%	58,3±0,6*	47,6±0,7*
СД4+, $x10^9$/л	0,3±0,05*	0,8±0,06*
СД4+,%	27,8±0,5*	44,2±0,7*
СД8+, $x10^9$/л	0,3±0,02*	0,5±0,03*
СД8+,%	18,1±1,0*	29,7±0,9*
НСТ-сп., у.е.	89,7±0,6*	99,4±0,7*
НСТ-ст., у.е.	118,5±3,2*	176,8±2,9*
НСТ-ст./НСТ-сп.	1,3±0,2	1,8±0,3

* Достоверные различия.

Математическая оценка изменений системного иммунитета посредством показателя сдвига свидетельствует о наиболее существенном сдвиге абсолютного числа Т-хелперов и Т-лимфоцитов в периферической крови больных остеомиелитом костей (табл. 2). По отношению к здоровым взрослым лицам среди рассматриваемых параметров системного иммунитета существенный сдвиг произошел и в содержании абсолютного количества Т-супрессоров и относительного уровня Т-лимфоцитов. Величины показателей сдвига относительного числа Т-супрессоров, Т-хелперов, теста НСТ-ст. и отношение НСТ-ст./НСТ-сп. оказались практически равными по значению и одинаковыми по знаку. Наименьший показатель сдвига у пациентов с остеомиелитом костей отмечен для теста НСТ-сп. Общая сумма сдвигов показателей системного иммунитета имела отрицательный знак и составила 378,1.

Таблица 2

Величина сдвига параметров системного иммунитета у пациентов с остеомиелитом костей по сравнению с контрольной группой (%)

Исследуемый параметр, единица измерения	Основная группа	Ранговое место
СД3+, $x10^9$/л	+212,5	2
СД3+,%	+122,5	4
СД4+, $x10^9$/л	-266,7	1
СД4+,%	-62,9	8
СД8+, $x10^9$/л	-166,7	3
СД8+,%	-67,8	6
НСТ-сп., у.е.	-9,8	9
НСТ-ст., у.е.	-67,0	7
НСТ-ст./НСТ-сп.	-72,2	5
Сумма	-378,1	-

При осуществлении моделирования выявленных изменений параметров иммунной системы на уровне организма больных остеомиелитом костей в большинстве случаев наблюдается однонаправленность сдвигов (рис. 1). Максимальное отклонение от параметров здоровых лиц отмечается для абсолютного содержания Т-хелперов, характеризующегося выраженной супрессией данного кластера дифференцировки иммунных клеток. Значительное отклонение присуще также другой субпопуляции Т-лимфоцитов – абсолютному количеству Т-супрессоров. Вместе с тем противоположная высокая величина отклонений отмечена для абсолютного числа Т-лимфоцитов. Менее существенные сдвиги наблюдались для относительного числа Т-хелперов, Т-супрессоров, активности нейтрофилов в тесте НСТ-ст. Промежуточное положение занимает изменение относительного содержания в периферической крови Т-лимфоцитов. Практически неизменной осталась активность нейтрофилов в тесте НСТ-сп. Отмеченные изменения следует учитывать при диагностике данной нозологической формы.

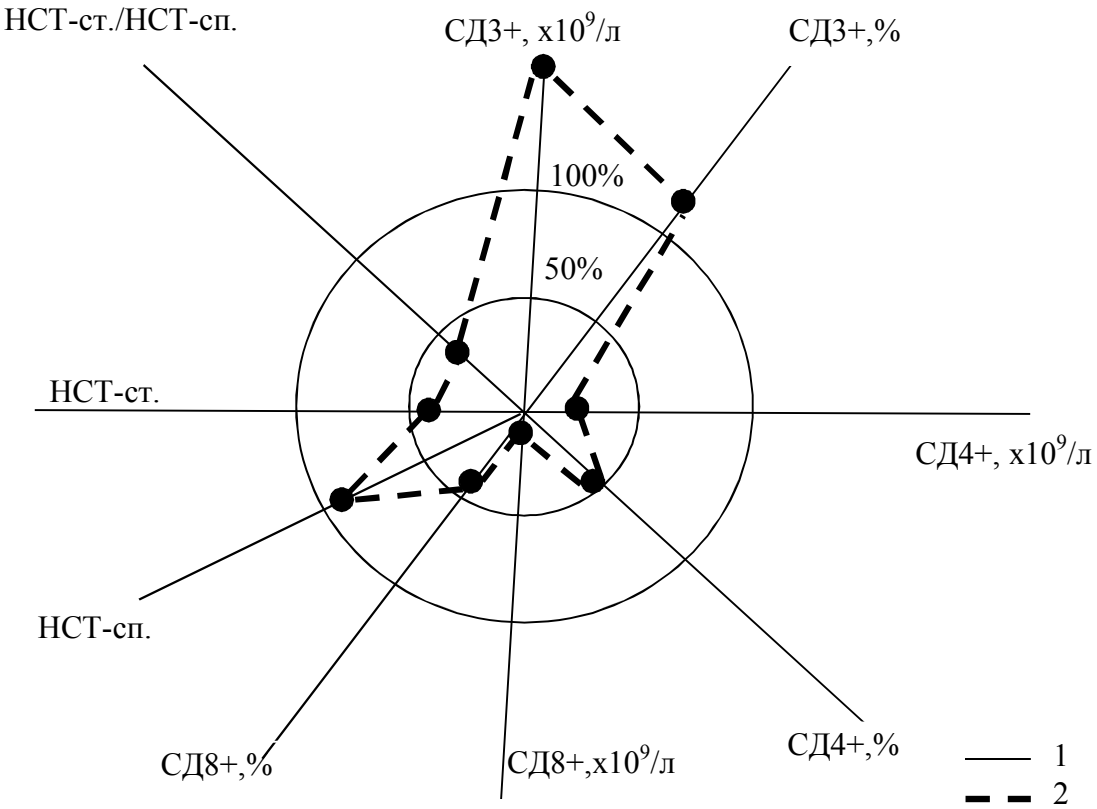


Рис. 1. Модель изменений параметров системного иммунитета у больных остеомиелитом костей по сравнению с контрольной группой, %: СД3+,x10^9/л – абсолютное количество Т-лимфоцитов крови; СД3+,% – относительное количество Т-лимфоцитов; СД4+,x10^9/л – абсолютное количество Т-хелперов; СД4+,% – относительное содержание в крови Т-хелперов; СД8+,x10^9/л – абсолютное содержание Т-супрессоров; СД8+,% – относительное число Т-супрессоров; НСТ-сп. – тест восстановления нитросинего тетразолия спонтанный; НСТ-ст. – тест восстановления нитросинего тетразолия стимулированный; НСТ-ст./НСТ-сп. – соотношение тестов

Соотношение иммунных клеток периферической крови среди представителей основной и контрольной групп, представленное в виде графической модели, различается как по количеству, так и по направлению связей (рис. 2). У больных остеомиелитом костей наивысшее число достоверных корреляционных связей

свойственно абсолютному содержанию Т-хелперов, которые имеют с другими субпопуляциями иммунных клеток в целом пять связей.

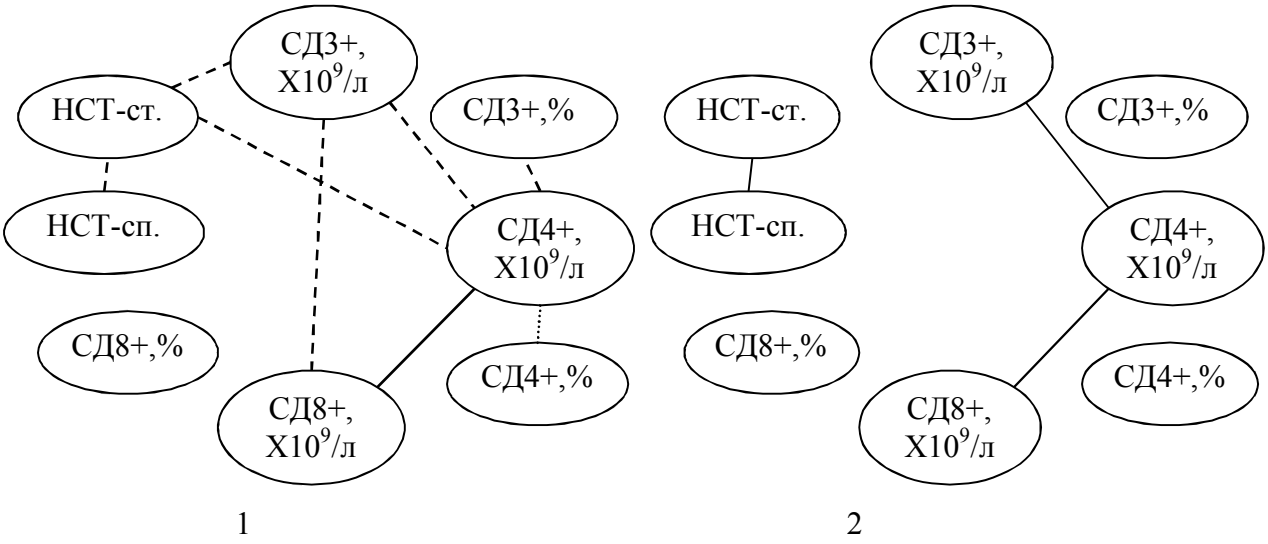


Рис. 2. Модель корреляционных связей параметров системного иммунитета у больных с остеомиелитом костей (1) и здоровых лиц (2): обозначения клеток, аналогичные рис. 1; _____ прямая достоверная связь, --------- обратная достоверная связь, …… криволинейная достоверная связь

Три обратные репрезентативные связи абсолютное количество Т-хелперов имеет с абсолютным, относительным содержанием Т-лимфоцитов и с тестом НСТ-ст. Прямая и криволинейная зависимость существует между абсолютным количеством Т-хелперов и абсолютным числом Т-супрессоров соответственно. В корреляционной модели отчетливо выделяется абсолютное содержание на системном уровне Т-лимфоцитов, характеризующихся наличием трёх обратных зависимостей – с абсолютным числом Т-хелперов и Т-супрессоров, с тестом НСТ-ст. Последний находится в обратной взаимосвязи с тестом НСТ-сп. В группе сравнения сопряженность показателей иммунной системы значительно ниже. Имеющиеся три корреляционные связи являются прямыми, причем две из которых приходятся на кластер дифференцировки Т-хелперов в абсолютном выражении.

Диагностическое исследование на системном уровне параметров гуморального иммунитета у больных остеомиелитом костей выявило достоверное снижение иммуноглобулинов класса А в крови (табл. 3) ($P<0,01$). Более существенным оказалось уменьшение уровня Ig G вследствие развития остеомиелита костей по сравнению с контрольной группой. Вместе с тем концентрация Ig E и Ig M на системном уровне среди больных с изучаемой патологией практически осталась без существенных изменений ($P>0,05$). Уровень циркулирующих иммунных комплексов в крови представителей основной группы репрезентативно возрос.

При численном анализе патологических отклонений у пациентов с остеомиелитом костей, вызвавшем сдвиги в содержании иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов, с последующим математическим ранжированием установлено, что первое место по величине сдвига занимают Ig G (табл. 4). На втором месте и также с отрицательным знаком находятся Ig A. Значимым для диагностики рака кишечника следует считать изменение уровня циркулирующих иммунных комплексов, которые по

величине показателя сдвига заняли третье ранговое место. Несущественными при данной патологии оказались величины сдвига Ig E и Ig M, имеющие приблизительно равные значения, но с разным знаком.

Таблица 3

Средний уровень иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов в периферической крови пациентов с остеомиелитом костей (M±m)

Исследуемый параметр, единица измерения	Основная группа	Контрольная группа
Ig A, г/л	2,2±0,1*	3,1±0,2*
Ig G, г/л	8,3±0,3*	17,8±0,4*
Ig E, г/л	61,6±3,5	65,3±4,0
Ig M, г/л	0,9±0,2	0,8±0,2
Циркулирующие иммунные комплексы, у.е.	75,9±2,3*	60,2±1,8*

*Достоверные различия.

Таблица 4

Параметры сдвига уровня иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов в периферической крови у пациентов с остеомиелитом костей, %

Исследуемый параметр, единица измерения	Основная группа	Место при ранжировании
Ig A, г/л	-140,9	2
Ig G, г/л	-214,5	1
Ig E, г/л	-5,7	5
Ig M, г/л	+11,1	4
Циркулирующие иммунные комплексы, у.е.	+126,1	3
Всего	-223,9	-

Построенная модель патологических отклонений в содержании иммуноглобулинов, циркулирующих иммунных комплексов в крови пациентов с остеомиелитом костей в сравнении с контрольной группой (рис. 3) показывает угнетение выработки иммуноглобулинов на системном уровне. Особенно резко снижается продукция Ig G и Ig A, концентрация которых становится ниже, чем в группе здоровых взрослых лиц. В меньшей степени, а точнее незначительно, снижена концентрация Ig E. Напротив, развитие остеомиелита костей сопровождается значительным подъемом уровня циркулирующих иммунных комплексов. Повышается также содержание в периферической крови Ig M, но этот подъем является незначительным. В целом изменение уровня иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов имеет отрицательный знак и значительную величину.

Корреляционный анализ иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов на системном уровне (рис. 4) позволил выявить различия в структуре корреляционных моделей в основной и контрольной группах. Среди пациентов с остеомиелитом костей общее количество достоверных связей превышает число таковых в группе здоровых. В основной группе наибольшее число связей присуще классу Ig G, который имеет прямую связь с классом Ig A, обратную – с циркулирующими иммунными комплексами, криволинейную зависимость – с классом Ig M в периферической крови. Между содержанием Ig A на системном уровне отмечены две зависимости: с концентрацией Ig G (прямая связь) и с циркулирующими иммунными комплексами (обратная достоверная зависимость).

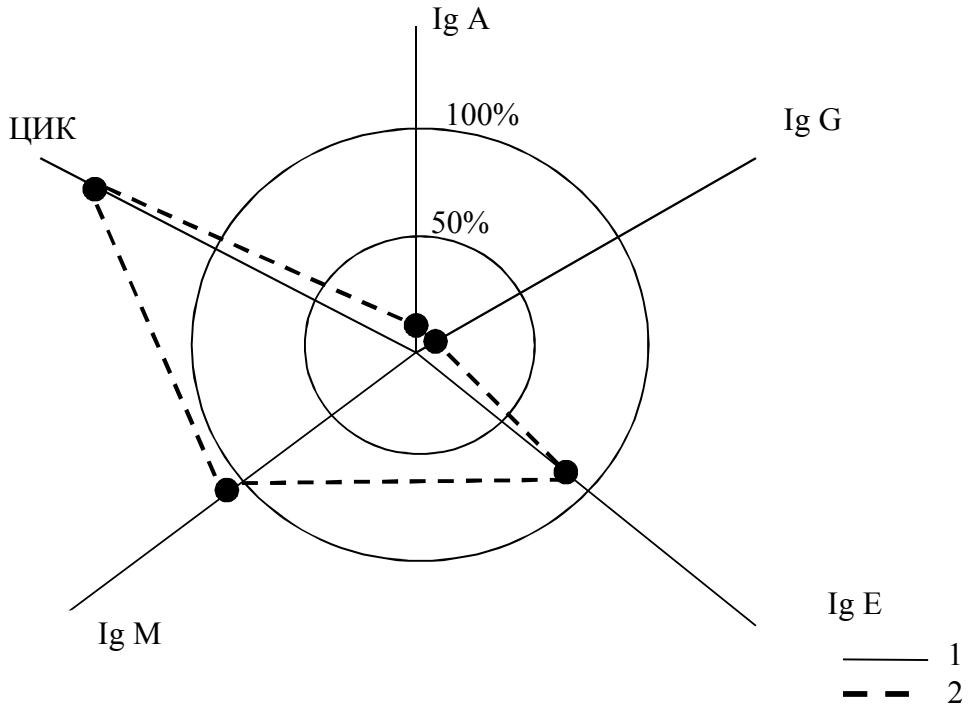


Рис. 3. Моделирование сдвигов иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов в периферической крови при остеомиелите костей, %: Ig A –- иммуноглобулин A; Ig G – иммуноглобулин G; Ig E – иммуноглобулин E; Ig M – иммуноглобулин M; ЦИК – циркулирующие иммунные комплексы; _____ контрольная группа; --------- основная группа

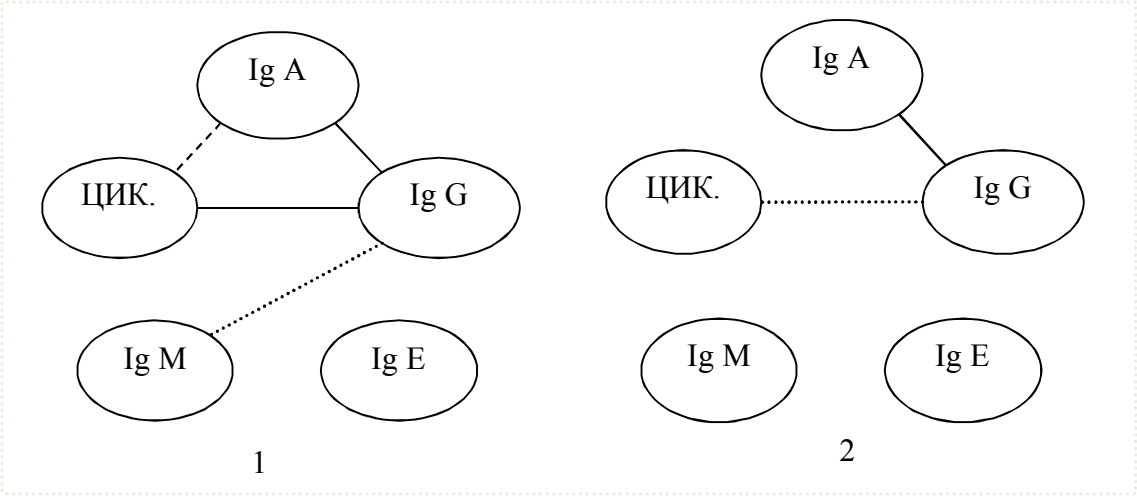


Рис. 4. Корреляционные модели связей иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов в крови при остеомиелите костей (1) и в контроле (2): показатели аналогичны показателям, изображенным на рис. 3; _____ прямая достоверная связь, --------- обратная достоверная связь, …… криволинейная достоверная связь

Между изученными иммуноглобулинами и циркулирующими иммунными комплексами в группе здоровых взрослых лиц выявлено всего две достоверные зависимости. Первая связь представлена соотношением Ig A и Ig G, характеризуется прямой зависимостью. Вторая связь существует между Ig G и уровнем циркулирующих иммунных комплексов, представлена криволинейной достоверной зависимостью.

Острый воспалительный процесс в ткани существенно отразился на состоянии параметров местного иммунитета

(табл. 5). В частности, произошло значительное снижение продукции секреторного Ig A, повышение выработки Ig G. На фоне развития воспалительного процесса в челюсти отмечены статистически значимые изменения и других параметров местного иммунитета. Следует обратить внимание на понижение уровня лизоцима, лактоферрина и фагоцитарного индекса. Одновременно произошло уменьшение у больных остеомиелитом костей относительного количества эпителиальных клеток, лимфоцитов и нейтрофилов. Все эти изменения в содержании иммунокомпетентных клеток являются репрезентативными по критерию Вилкоксона. Недостоверный характер изменений среди изученных иммунологических показателей на местном уровне имел только уровень Ig A.

Таблица 5

Средний уровень иммунологических показателей в смыве из остаточной полости при остеомиелите костей и в контроле (M±m)

Показатель местного иммунитета, единица измерения	Пациенты с остеомиелитом костей	Здоровые взрослые люди
Ig A, г/л	0,19±0,03	0,13±0,04
sIg A, г/л	0,28±0,02*	0,71±0,05*
Ig G, г/л	0,31±0,03*	0,08±0,02*
Лизоцим, мкг/л	0,58±0,03*	2,72±0,3*
Лактоферрин, нг/мл	961,2±7,5*	1689,7±7,3*
Фагоцитарный индекс, %	47,5±1,2*	73,4±1,3*
Эпителиальные клетки, %	30,8±2,4*	57,4±2,1*
Лимфоциты, %	5,7±0,2*	2,2±0,1*
Нейтрофилы, %	61,5±2,6*	40,8±2,3*

* Достоверные различия.

Количественные показатели изменений иммунной системы на местном уровне у больных остеомиелитом костей отличаются более высоким сдвигом (табл. 6).

Таблица 6

Параметры сдвига иммунологических показателей в смыве из остаточной полости при остеомиелите костей, %

Показатель местного иммунитета, единица измерения	Показатель сдвига	Место при ранжировании
Ig A, г/л	+146,2	9
sIg A, г/л	-253,6	4
Ig G, г/л	+387,5	2
Лизоцим, мкг/л	-468,9	1
Лактоферрин, нг/мл	-175,8	6
Фагоцитарный индекс, %	-154,5	7
Эпителиальные клетки, %	-186,4	5
Лимфоциты, %	+259,1	3
Нейтрофилы, %	+150,7	8
Всего	-295,7	-

При этом максимальное отклонение от иммунологических параметров здоровых взрослых лиц в основной группе наблюдается для лизоцима, занявшего первую ранговую позицию. На втором месте по величине сдвига, но с противоположным знаком по отношению к лизоциму, находится уровень Ig G. Практически одинаковое и существенное изменение вследствие развития остеомиелита костей происходит в содержании относительного числа лимфоцитов и sIg A, имеющих, однако, противоположную направленность сдвигов. Несколько ниже указанных изменений, но с существенными величинами сдвига, являются отклонения Ig A, лактоферрина, фагоцитарного индекса и процента нейтрофилов в исследуемом смыве больных остеомиелитом костей. Из-за противоположной направленности сдвигов иммунологических показателей на локальном уровне сумма отклонений невысока.

В соответствии с полученными результатами патологических сдвигов иммунологических параметров у пациентов с остеомиелитом костей на местном уровне разработана графическая модель (рис. 5).

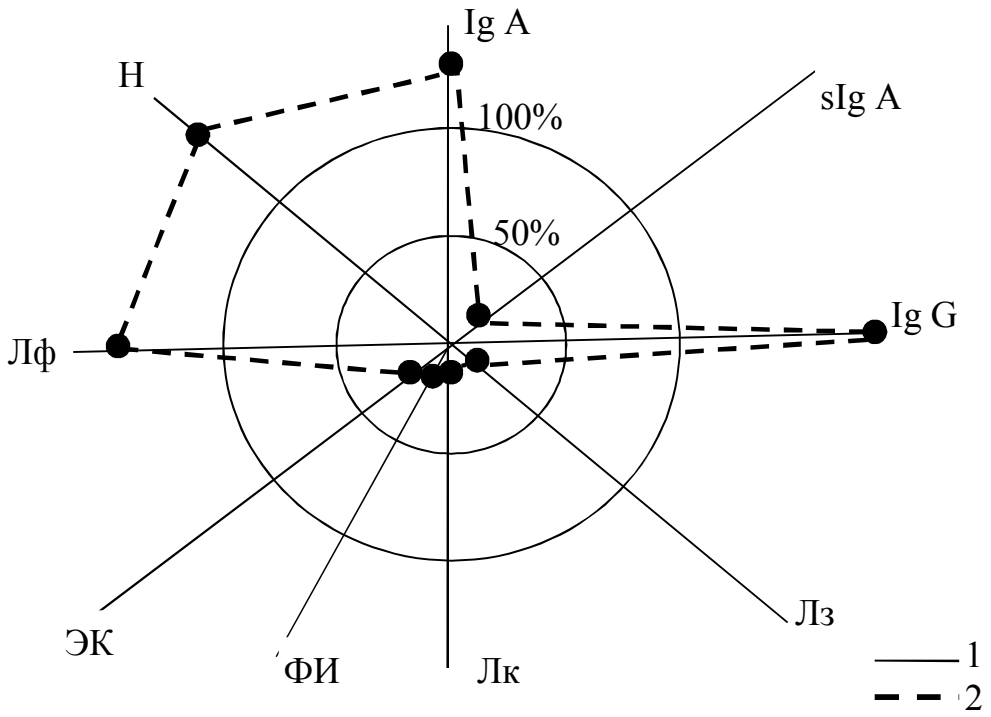


Рис. 5. Моделирование сдвигов показателей местного иммунитета при остеомиелите костей по отношению к здоровым лицам,%: Ig A – иммуноглобулин А; sIg A – секреторный иммуноглобулин А; Ig G – иммуноглобулин G; Лз – лизоцим; Лк – лактоферрин; ФИ – фагоцитарный индекс; ЭК – эпителиальные клетки; Лф – лимфоциты; Н – нейтрофилы; _____ контрольная группа, --------- основная группа

Как видно из рис. 5, данная модель характеризуется значительными отклонениями показателей местного иммунитета среди больных остеомиелитом костей за границы контрольной группы. Это касается иммунологических показателей, имеющих как увеличение, так и снижение содержания в исследуемом смыве. Выраженное снижение по сравнению со здоровыми лицами имеет количество лизоцима. Выраженное превышение границ контрольной группы отмечается для Ig G и относительного числа лимфоцитов. Значительное отклонение от гра-

ниц контрольной группы как в ту, так и в другую сторону имели концентрация эпителиальных клеток, лактоферрина, величина фагоцитарного индекса и нейтрофилов. Среди исследованных параметров местного иммунитета при остеомиелите костей не оказалось ни одного, который бы остался без существенных отклонений от референсных значений, что указывает на их приоритетное диагностическое значение.

Список литературы

1. Информационный мониторинг частоты гипертонической болезни, гинекологической патологии и рационального использования лекарственных средств / Н. М. Агарков, М. Ю. Маркелов, И. В. Будник, А. П. Яковлев // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2009. – Т. 8, № 4. – С. 893–894.

2. Информационная поддержка процесса выбора и назначения лекарственных средств / Н. М. Агарков, М. Ю. Маркелов, Д. И. Агаркова, И. В. Будник // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2009. – Т. 8, № 4. – С. 1046–1048.

3. Анализ взаимосвязей, составляющих качество жизни и психовегетативных проявлений при гипертонической болезни и другой хронической патологии / Н. М. Агарков, Б. Д. Жидких, И. В. Коломиец, М. Ю. Маркелов // Вестник новых медицинских технологий. – 2009. – Т. XVI, № 1. – С. 223–224.

4. Агарков Н. М., Маркелов М. Ю. Методология анализа эффективности гипотензивных препаратов // Вестник новых медицинских технологий. – 2009. – Т. XVI, № 4.– С. 195–196.

5. Серёгин С. П., Забровский А. Н., Мишустин В. Н. Многокритеральное математическое моделирование и прогнозирование распространенности злокачественных новообразований // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2. – Ч. 1. – С. 41–49.

6. Иванов А. В., Артенян Н. В., Гонтарев С. Н. Компьютерное и сетевое моделирование диагностики атопического нейродермита // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2. – Ч. 1. – С. 48–52.

Получено 18.07.16

Daher Siad Rashid, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: nikiti4007@ya.ru)

MODELING AND DIAGNOSIS OF CHANGES IN IMMUNITY TO PREDICT OSTEOMYELITIS

The prevalence of acute odontogenic inflammatory diseases there came a transformation in the last decades is constantly increasing and is increasingly noted are rapidly progressing form of the current. In this preferred form among odontogenic inflammatory diseases is acute osteomyelitis, amounting to 1.41 cases per 1000 population, including complications 1.01 cases per 1000 population. In Western European countries the incidence of osteomyelitis is much lower and varies from 3 to 4 cases per 100,000 population. A diagnostic study of the parameters of systemic immunity have revealed hyperactivation of T lymphocytes and the presence of deficiency of T-helpers, T-suppressors activity of neutrophils. Mathematical evaluation of system immunity indicates the most significant shift in the absolute number of T-helper cells (-266,7%) and T lymphocytes (+212,5%). In the implementation of the simulation revealed violations observed in most cases, the unidirectionality of the changes. In the correlation model of patients with acute odontogenic osteomyelitis of the jaws stands out the absolute content of T-helper cells. Diagnostic study on the system level parameters of humoral immunity in the main group revealed a significant decrease of Ig A and Ig G. the numerical analysis of pathological deviations in the content of immunoglobulins and circulating immune complexes with subsequent mathematical ranking established that the first shift amount in the main group is Ig G (-214,5%). In second place, also with a negative sign are Ig A (-140,9%). The model of abnormalities shows the inhibition of immunoglobulin production at systemic level. Correlation analysis revealed that among patients with acute odontogenic osteomyelitis of the jaws, the total number of significant connections exceeds the number of those in the group of practically healthy. In the main group the greatest number of relations is inherent to the class of Ig G blood, which has a direct relationship with the class of Ig A, reverse - circulating immune complexes, a curvilinear dependence with the class of Ig M in the blood.

***Key words**: osteomyelitis, morbidity, correlation model.*

References

1. Informacionnyj monitoring chastoty gipertonicheskoj bolezni, ginekologicheskoj patologii i racional'nogo ispol'zovaniya lekarstvennyh sredstv / N. M. Agarkov, M. Yu. Markelov, I. V. Budnik, A. P. Yakovlev // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. – 2009. – T. 8, № 4. – S. 893–894.

2. Informacionnaya podderzhka processa vybora i naznacheniya lekarstvennyh sredstv / N. M. Agarkov, M. Yu. Markelov, D. I. Agarkova, I. V. Budnik // Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah. – 2009. – T. 8, № 4. – S. 1046–1048.

3. Analiz vzaimosvyazej, sostavlyayushchih kachestvo zhizni i psihovegetativnyh proyavlenij pri gipertonicheskoj bolezni i drugoj hronicheskoj patologii / N. M. Agarkov, B. D. Zhidkih, I. V. Kolomiec, M. Yu. Markelov // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij. – 2009. – T. XVI, № 1. – S. 223–224.

4. Agarkov N. M., Markelov M. Yu. Metodologiya analiza ehffektivnosti gipotenzivnyh preparatov // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij. – 2009. – T. XVI, № 4. – S. 195–196.

5. Seryogin S. P., Zabrovskij A. N., Mishustin V. N. Mnogokriteral'noe matematicheskoe modelirovanie i prognozirovanie rasprostranennosti zlokachestvennyh novoobrazovanij // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2012. – № 2. – Ch. 1. – S. 41–49.

6. Ivanov A. V., Artenyan N. V., Gontarev S. N. Komp'yuternoe i setevoe modelirovanie diagnostiki atopicheskogo nejrodermita // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2012. – № 2. – Ch. 1. – S. 48–52.

УДК 519.254

О. А. Трояножко, аспирантка, Санкт-Петербургский государственный университет (e-mail: med_otpor@mail.ru)

И. Д. Колесин, д-р физ.-мат. наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный университет (e-mail: kolesin_id@mail.ru)

ОПТИМИЗАЦИЯ ДИАГНОСТИКИ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНОЙ ФУНКЦИИ ОШИБОК

В работе проводится оптимизация диагностики больных раком молочной железы. Решается вопрос отнесения опухоли к доброкачественной или злокачественной. Следуя общепринятой логике построения хода исследования, было проведено два этапа: сначала ранжирование диагностических показателей и затем проведение диагностики. Диагностические показатели были получены в результате инвазивного метода диагностики – тонкоигольной аспирационной пункции. Оцифрованные снимки представлены тремя подгруппами показателей – размером, формой и текстурой, характеризующими снимки ядер. Ввиду нетривиальности решаемой задачи селекция и оценка информативных показателей предварительно была выполнена с использованием коэффициента перекрытия для измерения меры сходства между двумя функциями распределения. В результате проведенных исследований было показано, что достаточно надежную диагностику можно провести, если в состав информативных показателей включаются наибольший периметр ядра клетки, его наибольшая площадь и наибольшая доля вогнутых участков контура. На втором этапе была исследована возможность решения задачи оптимизации диагностики опухоли путем предварительного выяснения особенностей строения многомерных образований в пространстве параметров линейной дискриминантной функции. В качестве критериальной используется дискретная функция ошибок, регистрирующая число неверно распознанных объектов. Предложен аппарат исследования, состоящий в алгоритме построения поверхностей равного уровня и использовании их для движения к минимуму. В итоге было показано, что достаточно надежную диагностику можно провести, если применить дискретную функцию ошибок при спуске по экстремальной области к минимуму в размытом многомерном образовании. Доброкачественную опухоль с точностью 94,73% удалось отделить от злокачественной лишь по двум диагностическим показателям.

***Ключевые слова**: ранжирование показателей, информативность, оптимизация, дискретная функция ошибок, рак молочной железы.*

***

Введение

Одна из первейших задач врача заключается в постановке диагноза. Отнесение пациента, например, к группе «болен» или «здоров» по доступному анамнезу представляет собой решение задачи классификации. Проведение полной диагностики пациента по соответствующей предварительно созданной системе весьма трудозатратно. Поэтому, как правило, проводится профильная диагностика. Например, принимается решение на предмет отклонения от нормы в одной из систем организма: сердечно-сосудистой, мышечной, дыхательной, нервной и т. д. Далее проводится узкая диагностика пациента на наличие конкретного заболевания. Скорость работы соответствующего алгоритма классификации будет выше вследствие сокращенного количества диагностических показателей.

Данная статья посвящена разработке методов анализа и комплексной обработки данных для оптимизации процессов медицинской диагностики. К решению подобного класса проблем разработаны разнообразные методы и подходы. Математическая диагностика для решения задач идентификации, ранжирования диагностических показателей и прогнозирования использует математический аппарат распознавания образов ([4; 15] и др.).

При классификации объектов на два множества возникает задача отыскания дискриминантной функции с наименьшей ошибкой классификации. Ряд приемов решения этой задачи сводится к построению гиперплоскости $d(x,\alpha)=(x,\alpha)$, разделяющей два множества с наименьшим числом неверно распознанных объектов. К числу таких приемов относятся алгоритмы Фишера, Хо-Кашьяпа [12] и множество их модификаций [11, 13, 14], а также методы построения деревьев решений, алгоритм C4.5 и пр.), сравнение результатов работы которых доступны для тестируемых баз данных.

Центральным моментом дискриминантного анализа является предложение функционала, позволяющего оценивать качество разделения. Одно из направлений развития методов разделения – введение "суррогатных" непрерывных функционалов, подробно описанных в [2; 3; 10]. Они исключают скачкообразные изменения дискретной функции ошибок. Такой функционал должен быть неотрицателен и обращаться в ноль, когда все точки классифицированы правильно, а также он должен быть непрерывен и обладать достаточно хорошими (с точки зрения поиска минимума) аналитическими свойствами. Следует отметить, что помимо минимизации непосредственно «суррогатных» функционалов, на практике главным образом реализуется идея использования суррогатных функционалов для построения различных направлений наискорейшего спуска, а минимизируется при этом сам исходный натуральный функционал – количество неверно определенных точек.

Однако и сами дискретные функции могут быть полезны, если использовать их для выявления особенностей строения многомерного пространства параметров дискриминантной функции. Это особенно важно, если речь идет о выявлении одного минимума в массе локальных. В отличие от использования «суррогатных» непрерывных функций, в данной работе вводится дискретная функция ошибок и строится последовательность конечных полусеток, позволяющих искать локальные минимумы функции ошибок. Развивается подход, основанный на переносе поиска минимума в координатное пространство весовых коэффициентов линейной дискриминантной функции. Заметим, что подобная задача не является аналогом часто возникающей задачи о чувствительности дискриминантной функции к малым изменениям ее коэффициентов [7], т. к. предметом анализа является не дискриминантная функция, а функция ошибок.

Для получения начальной информации о местонахождении минимума достаточно построить семейство поверхностей равного уровня либо даже одну, чтобы ограничить область, содержащую минимум. Эта информация может стать полезной при отыскании минимума. Однако дискретный характер функции ошибок придает такому подходу ряд специфических особенностей. Цель статьи – выявить эти особенности и предложить эффективные модификации алгоритма, апробируя их на двух известных базах данных: по онкологии.

Цель исследования

Пусть в пространстве m показателей заданы два множества точек: X_A и X_B, из которых n_A соотносятся с объектами класса A, а n_B – с объектами класса B $(n_A+n_B=n)$.

Пусть построена начальная гиперплоскость

$$D(\alpha^0,x)=\alpha_0^0+\alpha_1^0 x_1+...+\alpha_m^0 x_m,$$

разделяющая X_A и X_B с ошибкой r^0, равной отношению числа неверно распознанных объектов $(n_A^0+n_B^0)$ к общему числу объектов n:

$$r^0=\frac{n_A^0+n_B^0}{n}.$$

Будем поворачивать гиперплоскость, минимизируя число неверно распознанных объектов. Для этого введем функцию ошибок:

$$r(\alpha)=\frac{n_A^k+n_B^k}{n},$$

где n_A^k, n_B^k – число неверно распознанных объектов на k-м шаге приближений к минимуму функции $r(\alpha)$.

Требуется построить последовательность векторов $\alpha^0,\alpha^1,...$ такую, что

$$r(\alpha^k)\to\min_k,\quad k=0,1,...\quad r(\alpha^k)=\frac{n_A^k+n_B^k}{n}.$$

Перейдем от пространства измеряемых показателей x к пространству весовых коэффициентов линейной дискриминантной функции $D(\alpha,x)$ и будем отмечать каждый новый набор ее коэффициентов точкой α и значением $r(\alpha)$. Соединяя точки α с одинаковым значением $r(\alpha)$, получим в двумерном случае линию равного уровня $r(\alpha)=const$, а в многомерном – поверхность.

Требуется построить семейство поверхностей равного уровня $r(\alpha)$, различающихся на величину δ (либо $k\delta$, k – целое), где δ – минимальная ошибка, обусловленная дискретностью функции $r(\alpha,x)$ и числом объектов n:

$$\delta=\frac{1}{n}100\,(\%),$$

и разработать алгоритм движения к минимуму, используя эту информацию для модификации известного метода оврагов [5].

Материалы и методы исследования

Работоспособность метода исследовалась на базе данных из Висконсинского университета США РМЖ-569 [9], содержащую информацию о 569 пациентах, имеющих опухоль, и о 30 диагностических показателях. Гистохимия пунктатов опухоли молочной железы выполнена с помощью тонкоигольной аспирационной пункции. По результатам анализа характеристик ядер клеток проводилось разделение по двум группам: доброкачественная опухоль (357 пациентов) и злокачественная (212 пациентов).

Оцифрованные снимки представлены тремя подгруппами показателей, характеризующими снимки ядер:

1 – размером, выраженным радиусом и площадью;

2 – формой, выраженной гладкостью, степенью вогнутости, плотностью, долей вогнутых участков контура, симметрией и фрактальностью;

3 – текстурой, полученной разницей интенсивности черно-белой шкалы в компонентах пикселя [17].

Заметим, что выбор набора информативных показателей является нетривиальной задачей и требует применения серьезных математических подходов, описанных, например, в [1; 6]. Нами также предварительно было проведено ранжирование исходных диагностических показателей, т.е. упорядочивание по степени уменьшения информативности. В итоге были выделены три наиболее информативных диагностических показателя: наибольший периметр, наибольшая площадь и наибольшая доля вогнутых участков контура (показатели x_{23}, x_{24} и x_{28} соответственно) [8].

Кроме того, работоспособность метода исследовалась на базе данных РМЖ-253 из того же университета [16], содержащей информацию о 253 пациентах по 39 показателям. Пациенты перенесли операцию по удалению опухоли молочной железы, причем 140 из них далее подверглись химио- или гормональной терапии. Разделение проводилось по двум группам: прожила более 5 лет после операции (61 пациент) и менее 5 лет (79 пациентов). Также было проведено ранжирование исходных диагностических показателей и выделены три наиболее информативных: x_{15}, x_{19} и x_{35}.

В качестве метода поиска минимума функции $r(\alpha)$ выбран метод покоординатного спуска, позволяющий войти в область фактического нахождения минимума. Для движения в этой области к точке минимума избран метод градиента. Начальная точка α^0 находится методом минимизации среднеквадратической ошибки, что аналогично первому шагу известной процедуры Хо-Кашьяпа.

Определение 1. Под размытым многомерным образованием в пространстве параметров α линейной дискриминантной функции $D(\alpha,x)$ понимается объект, выделяемый последовательностью поверхностей равного уровня $r^k(\alpha)=\overline{r}^k=\text{const}$ $(k=1,2,...)$, таких, что $r^1(\alpha)>r^2(\alpha)>...>r^k(\alpha)$ при $\overline{r}^1 \le r^0$, где r^0 – начальная ошибка.

Определение 2. Под экстремальной областью размытого многомерного образования понимается множество точек α локального минимума дискретной функции $r(\alpha)$.

В двумерном случае при $\alpha=(\alpha_0,\alpha_1)$ размытое образование соотносится с «оврагом», а экстремальная область – с его «дном». Движение по «дну» позволяет выявить минимум.

Отметим следующую особенность поведения дискретной функции $r(\alpha)$. При «соприкосновении» разделяющей плоскости $D(\alpha,x)=0$ с очередным объектом x наблюдается скачок функции $r(\alpha)$ на величину δ. Движение в пространстве параметров α связано в этом случае с последовательностью таких скачков. Движение по заданной поверхности $r(\alpha)=\overline{r}=\text{const}$ представляет траекторию в пространстве параметров α, вдоль которой функция $r(\alpha)$ не меняет своей величины. В отличие от такого движения малое «покачивание» плоскости $D(\alpha,x)=0$ в окрестности $\alpha=\alpha^0$ также может обеспечивать $r(\alpha)=\text{const}$. Однако движение по заданной поверхности предполагает наличие дискретной последовательности точек $\alpha^0,\alpha^1,\alpha^2...$. Семейство таких поверхностей, вложенных одна в другую, иллюстрирует наличие минимума функции $r(\alpha)$.

Результаты исследования и их обсуждение

Описанные в предыдущем разделе методы мы применили к базе РМЖ-569. В качестве критериальной была использована дискретная функция ошибок, регистрирующая количество неверно диагностированных пациентов. Далее мы сократили общее число показателей до двух наиболее информативных: наибольший периметр (показатель x_{23}) и наибольшая доля вогнутых участков контура (показатель x_{28}).

Результат построения поверхностей равного уровня в координатном пространстве $\alpha_0,\alpha_1,\alpha_2$, где свободный член α_0, показан ниже на рисунке. Визуально это три «кристалла», вложенные друг в друга. Эти три поверхности с постоянным уровнем ошибок $r(\alpha^k)=\bar{r}^k=\text{const}$ ($k=1,2,3$) представлены соответственно значениями $\bar{r}^1=7{,}56\%$, $\bar{r}^2=6{,}15\%$ и $\bar{r}^3=5{,}27\%$.

Они дают представление о трехмерном размытом образовании в пространстве $\alpha_0,\alpha_1,\alpha_2$ линейной дискриминантной функции $D(x,\alpha)=(x,\alpha)$. В нашем случае оптимальная разделяющая гиперплоскость имеет вид $D(x,\alpha)= -2{,}5+0{,}0135x_{23}+6{,}8168x_{28}$ при параметрах $\alpha_0=-2{,}5$, $\alpha_1=0{,}0135$ и $\alpha_2=6{,}8168$.

Графическое построение выполнено с использованием метода линейных оболочек. Внешняя поверхность с функцией ошибок $\bar{r}^1=7{,}56\%$ (на рисунке ниже это «кристалл» с самой большой площадью поверхности) определяет область, содержащую минимум.

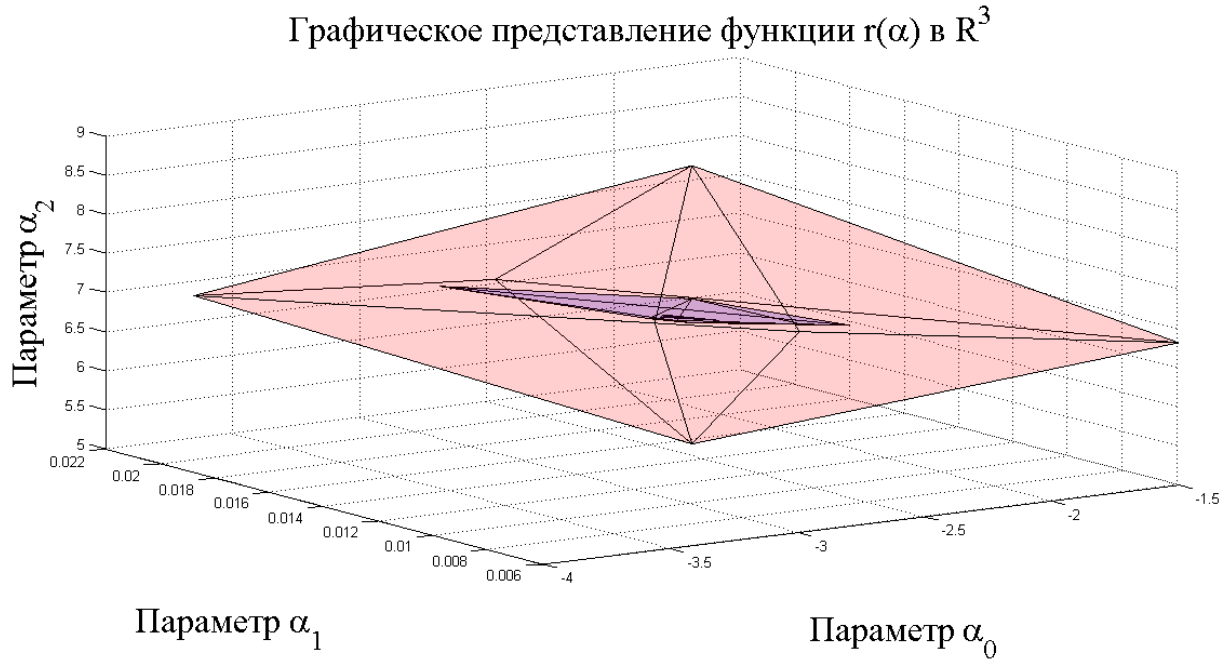


Рис. Размытое многомерное образование для базы данных РМЖ-569

В соответствии с предложенным определением 1 мы получили объект, выделенный последовательностью поверхностей равного уровня $r(\alpha^k)=\bar{r}^k=\text{const}$ ($k=1,2,3$), таких, что $r^1(\alpha)>r^2(\alpha)>r^3(\alpha)$ при $\bar{r}^1 \le r^0$, где r^0 – начальная ошибка.

В соответствии с определением 2, экстремальной областью размытого многомерного образования является множе-

ство точек α локального минимума дискретной функции $r(\alpha)=5{,}27\%$.

Заметим, что данная наименьшая величина ошибки была получена как при применении дискретной функции ошибок, так и при «суррогатной» непрерывной функции. Доброкачественную опухоль с точностью 94,73% удалось отделить от злокачественной, используя лишь три диагностических показателя. Это хороший результат, учитывая, что точность диагностики по всем показателям составила 96,5%.

Работая в пространстве параметров линейной дискриминантной функции, мы исследовали геометрические особенности строения многомерных образований, характерных для различных баз данных. Были выявлены некоторые общие закономерности поведения поверхностей равного уровня. Если в двумерном случае при $\alpha=(\alpha_0,\alpha_1)$ размытое образование соотносится с «оврагом», а экстремальная область – с его «дном», то в трехмерном случае при $\alpha=(\alpha_0,\alpha_1,\alpha_2)$ размытое образование соотносится с линейными оболочками – вложенными «кристаллами», а экстремальная область – с его «сердцевиной». По аналогии с двумерным случаем, движение к «сердцевине» внутреннего «кристалла» позволяет выявить минимум. Основываясь на данной информации, был построен оптимальный классификатор с наибольшей диагностической точностью.

Заключение

1. Предложенный подход позволяет получать те же результаты, что и применение «суррогатных» непрерывных функций, но с более прозрачной процедурой их получения.

2. Применение дискретной функции ошибок не позволяет избежать скачков на величину δ в движении к минимуму. При этом точность приближения может быть достигнута не лучшая, чем на величину скачка.

3. Существование целого семейства точек минимума является результатом дискретности функции ошибок. Выделение единственной точки требует использования дополнительных несложных действий.

4. На практике применение предложенного алгоритма способствует достаточно точной обработке медицинских данных в сжатые сроки.

Список литературы

1. Артеменко М. В., Калугина Н. М., Шуткин А. Н. Формирование множества информативных показателей на основании аппроксимирующего полинома Колмогорова–Габора и максимального градиента функциональных различий // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2016. – № 1. – С. 116–123.

2. Григорьева К. В. Суррогатные функционалы в задачах диагностики // Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. – 2009. – № 1. – С. 33–43.

3. Демьянов В. Ф., Демьянова В. В., Кокорина А. В.. Прогнозирование эффективности химиотерапии при лечении онкологических заболеваний // Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. – 2006 . – № 4. – С. 30–36.

4. Журавлев Ю. И., Рязанов В. В., Сенько О. В. Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические применения. – М.: Фазис, 2006. – 176 с.

5. Калиткин Н. Н. Численные методы. – М.: Наука, 1978. – 512 с.

6. Оценка информативности пространства признаков в задаче прогнозирования обострения генитального герпеса с использованием моделей Г. Раша / М. И. Лукашов, А. Г. Устинов, Е. А. Бойцова, Л. В. Стародубцева // Известия

Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2014. – № 4. – С. 89–95.

7. Муравьева О. В. Исследование параметрической устойчивости решений систем линейных неравенств и построение разделяющей гиперплоскости // Дискретный анализ и исследование операций. – 2014. – № 3. – С. 53–63.

8. Трояножко О. А., Колесин И. Д. Анализ влияния выбора вида распределения на точность ранжирования диагностических показателей // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – № 6. – С. 457–461.

9. Bache K., Lichman M. UCI Machine Learning Repository. – Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science, 2013. – URL: http://archive.ics.uci.edu/ml, свободный.

10. Demyanov V. F. Mathematical diagnostics via nonsmooth analysis // Optimization Methods and Software. – 2005. – Vol. 20. – P.197–218.

11. Friedrichs C. I. Evolutionary tuning of multiple SVM parameters // 12th European Symposium on Artificial Neural Networks (ESANN), 2004. – P. 519–524.

12. Ho Y.-C., Kashyap R. An algorithm for linear inequalities and its applications // IEEE Trans. Elec.Comp. – 1965. – Vol. 14. – P. 683–688.

13. Leski J. An ε–margin nonlinear classifier based on if–then rules // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. – 2004 .–Vol. 34. – P. 68–76.

14. Leski J. Ho-Kashyap classifier with generalization control // Pattern Recognition Letters. – 2003. – Vol. 24. – P. 2281–2290.

15. Vapnik V. Estimation of Dependences Based on Empirical Data. – New York: – Springer, 2006. – 505 p.

16. Wisconsin Prognostic Breast Cancer Chemotherapy Database. Computer Science Dept.; University of Wisconsin. – Madison, 1999. – URL: ftp://ftp.cs.wisc.edu/math–prog/cpo–dataset/machine–learn/cancer/WPBCC/ (дата обращения: 22.06.2014).

17. Wolberg W. H., Street W. N., Mangasarian O. L. Computerized Diagnosis of Breast Fine-Needle Aspirates // The Breast J. – 1997. – Vol. 3. – P. 77–80.

Получено 12.07.16

O. A. Troyanozhko, Post-Graduate Student, Saint Petersburg State University (e-mail: med_otpor@mail.ru)

I. D. Kolesin, Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Professor, Saint Petersburg State University (e-mail: kolesin_id@mail.ru)

BREAST CANCER DIAGNOSTICS OPTIMIZATION VIA DISCRETE ERROR FUNCTION

Optimization of breast cancer diagnosis is carried out in this work. The issue is to determine whether the tumour is benign or malignant. Following the logic of building a common research progress, two steps were carried out: diagnostic features ranking and diagnostics. The samples consist of visually assessed nuclear features of fine needle aspirates taken from patients' breasts. The digitized images were represented by three sub-groups of indicators – size, shape and texture, which characterize the nucleus. Taking in consideration the non-triviality of the problem, features selection and ranking were beforehand performed using overlapping coefficient to measure the similarity measure between the two distribution functions. The studies have shown that sufficiently reliable diagnosis can be made if features include the worst perimeter of the cell nucleus, its largest area and the worst concave points of the contour. In the second phase we studied the possibility of solving the tumor diagnostics optimization problem by predetermining the structural specificities of the multidimensional structures in the parameter space of the linear discriminant function. As a criterion we used discrete error function that registers the number of incorrectly classified objects. Research method using an algorithm of constructing the equal level surfaces and function minimum finding was suggested. As a result, it was shown that a sufficiently reliable diagnosis can be made if we apply the discrete error function when going down on extreme field to a minimum in fuzzy multidimensional surface. Benign tumors were separated from malignant with accuracy 94.73% using only two diagnostic features.

Key words: *feature ranking, informativeness, optimization methods, error discrete function, breast cancer.*

References

1. Artemenko M. V., Kalugina N. M., Shutkin A. N. Formirovanie mnozhestva informativnyh pokazatelej na osnovanii approksimiruyushchego polinoma Kolmogorova–Gabora i maksimal'nogo gradienta funkcional'nyh razlichij // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2016. – № 1. – S. 116–123.

2. Grigor'eva K. V. Surrogatnye funkcionaly v zadachah diagnostiki // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Prikladnaya matematika. Informatika. Processy upravleniya. – 2009. – № 1. – C. 33–43.

3. Dem'yanov V. F., Dem'yanova V. V., Kokorina A. V. Prognozirovanie ehffektivnosti himioterapii pri lechenii onkologicheskih zabolevanij // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Prikladnaya matematika. – 2006 . – № 4. – S. 30–36.

4. Zhuravlev Yu. I., Ryazanov V. V., Sen'ko O. V. Raspoznavanie. Matematicheskie metody. Programmnaya sistema. Prakticheskie primeneniya. – M.: Fazis, 2006. – 176 s.

5. Kalitkin, N. N. Chislennye metody. – M.: Nauka, 1978. – 512 s.

6. Ocenka informativnosti prostranstva priznakov v zadache prognozirovaniya obostreniya genital'nogo gerpesa s ispol'zovaniem modelej G. Rasha / M. I. Lukashov, A. G. Ustinov, E. A. Bojcova, L. V. Starodubceva // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2014. – № 4. – S. 89–95.

7. Murav'eva O. V. Issledovanie parametricheskoj ustojchivosti reshenij sistem linejnyh neravenstv i postroenie razdelyayushchej giperploskosti // Diskretnyj analiz i issledovanie operacij. – 2014. – № 3. – S. 53–63.

8. Troyanozhko O. A., Kolesin I. D. Analiz vliyaniya vybora vida raspredeleniya na tochnost' ranzhirovaniya diagnosticheskih pokazatelej // Nauchno-tekhnicheskij vestnik Povolzh'ya. – 2013. – № 6. – S. 457–461.

9. Bache K., Lichman M. UCI Machine Learning Repository. – Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science, 2013. – URL: http://archive.ics.uci.edu/ml, svobodnyj.

10. Demyanov V. F. Mathematical diagnostics via nonsmooth analysis // Optimization Methods and Software. – 2005. – Vol. 20. – P.197–218.

11. Friedrichs C. I. Evolutionary tuning of multiple SVM parameters // 12th European Symposium on Artificial Neural Networks (ESANN), 2004. – P. 519–524.

12. Ho Y.-C., Kashyap R. An algorithm for linear inequalities and its applications // IEEE Trans. Elec.Comp. – 1965. – Vol. 14. – P. 683–688.

13. Leski J. An ε–margin nonlinear classifier based on if–then rules // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. – 2004 .–Vol. 34. – P. 68–76.

14. Leski J. Ho-Kashyap classifier with generalization control // Pattern Recognition Letters. – 2003. – Vol. 24. – P. 2281–2290.

15. Vapnik V. Estimation of Dependences Based on Empirical Data. – New York: – Springer, 2006. – 505 p.

16. Wisconsin Prognostic Breast Cancer Chemotherapy Database. Computer Science Dept., University of Wisconsin. – Madison, 1999. – URL: ftp:// ftp.cs.wisc.edu/ math–prog/cpo–dataset/ machine–learn/ cancer/WPBCC/ (data obrashcheniya: 22.06.2014).

17. Wolberg W. H., Street W. N., Mangasarian O. L. Computerized Diagnosis of Breast Fine-Needle Aspirates // The Breast J. – 1997. – Vol. 3. – P. 77–80.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. К публикации в «Известиях ЮЗГУ» принимаются актуальные материалы, содержащие новые результаты научных и практических исследований, соответствующие профилю журнала, не опубликованные ранее и не переданные в редакции других журналов.

2. Объем статьи не должен превышать 8 страниц печатного текста, включая иллюстрации и таблицы.

3 Авторы статей должны представить в редакцию журнала:

– статью, оформленную в соответствии с правилами оформления статей, представляемых для публикации в журнале;

– рекомендацию кафедры или научно-исследовательского отдела учреждения, в котором выполнена данная работа;

– разрешение на опубликование в открытой печати статьи от учреждения, в котором выполнена работа (обязательно для статей по техническим специальностям, по экономическим – по требованию редколлегии);

– сведения об авторах (фамилия, имя отчество, место работы, должность, ученая степень, звание, почтовый адрес, телефон, e-mail);

– электронный носитель (CD-диск).

4. Бумажный вариант статьи подписывается всеми авторами, что означает их согласие на передачу Университету прав на распространение материалов статьи с помощью печатных и электронных носителей информации.

5. Редакция не принимает к рассмотрению рукописи, оформленные не по правилам.

6. **Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается (если автор один и им представлена справка с места учебы).**

7. Основной текст рукописи статьи (кроме аннотации и ключевых слов) набирают в текстовом редакторе MS WORD шрифтом «Times New Roman» размером 14 пт с одинарным интервалом, выравнивание по ширине. Поля с левой стороны листа, сверху и снизу – 2,5 см, с правой стороны – 2 см. Абзацный отступ – 1,5 см.

8. Схема построения публикации: УДК (индекс по универсальной десятичной классификации), фамилия и инициалы автора(ов) с указанием ученой степени, звания, места работы (полностью), электронного адреса (телефона), название (полужирный, прописные), аннотация и ключевые слова, текст с рисунками и таблицами, литература. Авторы, название, аннотация и ключевые слова приводятся на русском и английском языках.

Перед основным текстом печатается краткая аннотация курсивом, отражающая краткое содержание статьи.

Например:

> УДК 004.9:519.8
> **А.Л. Иванов**, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: ivanov@gmail.com)
> **ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ КАДРАМИ ГРАДООБРАЗУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**
> В статье рассматривается агентная модель прогнозирования обеспеченности кадрами градообразующего предприятия, основанная на структуризации поведения агента и определения влияния его внутреннего представления об окружающем мире на его деятельность.
> **Ключевые слова:** агентное моделирование, градообразующее предприятие, событие.

9. При формировании текста не допускается применение стилей, а также внесение изменения в шаблон или создание собственного шаблона. Слова внутри абзаца следует разделять одним пробелом; набирать текст без принудительных переносов; не допускаются разрядки слов.

10. Для набора формул и переменных следует использовать редактор формул MathType версии 5.2 и выше с размерами: обычный – 12 пт; крупный индекс 7 пт, мелкий индекс – 5 пт; крупный символ – 18 пт; мелкий символ – 12 пт.

Необходимо учитывать, что **полоса набора – 75 мм**. Если формула имеет больший размер, ее необходимо упростить или разбить на несколько строк. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!**

Все русские и греческие буквы (Ω, η, β, μ, ω, υ и др.) в формулах должны быть набраны прямым шрифтом. Обозначения тригонометрических функций (sin, cos, tg и т.д.) – прямым шрифтом. Латинские буквы – прямым шрифтом.

Статья должна содержать лишь самые необходимые формулы, от промежуточных выкладок желательно отказаться.

11. Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ).

12. Рисунки и таблицы располагаются по тексту. Таблицы должны иметь тематические заголовки. Иллюстрации, встраиваемые в текст, должны быть выполнены в одном из стандартных форматов (TIFF, JPEG, PNG) с разрешением не ниже 300 *dpi* и публикуются в черно-белом (градации серого) варианте. Качество рисунков должно обеспечивать возможность их полиграфического воспроизведения без дополнительной обработки. **Рисунки, выполненные в MS Word, недопустимы**.

Рисунки встраиваются в текст через опцию «Вставка-Рисунок-Из файла» с обтеканием «В тексте» с выравниванием по центру страницы без абзацного отступа. Иные технологии вставки и обтекания **не допускаются.**

13. **Список литературы к статье обязателен** и должен содержать все цитируемые и упоминаемые в тексте работы. Пристатейные библиографические списки оформляются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008. «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Ссылки на работы, находящиеся в печати, не допускаются. При ссылке на литературный источник в тексте приводится порядковый номер работы в квадратных скобках.

14. В материале для публикации следует использовать только общепринятые сокращения.

Все материалы направлять по адресу: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94. ЮЗГУ, редакционно-издательский отдел.

Тел.(4712) 50-48-19, тел/факс (4712) 50-48-00.

E-mail: rio_kursk@mail.ru

Изменения и дополнения к правилам оформления статей и информацию об опубликованных номерах можно посмотреть на официальном сайте журнала: **http://www.swsu.ru/izvestiya/index.php.**