МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ИЗВЕСТИЯ

Юго-Западного государственного университета

Серия
УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА. МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

№ 1
2014

Курск

ИЗВЕСТИЯ

ЮГО-ЗАПАДНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение

2014. №1
Научный рецензируемый журнал

Основан в 2010 г.

Выходит четыре раза в год

Учредитель: ФГБОУ ВПО «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 РФ

Редакционный совет

С.Г. Емельянов (председатель, главный редактор), д-р техн.наук, профессор, ректор ЮЗГУ;
Л.М. Червяков (зам. председателя), д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ.

И.А. Асеева, д-р филос. наук, доцент, ЮЗГУ; **О.И. Атакищев**, д-р техн.наук, профессор, ЮЗГУ; **Т. Бертран**, д-р техн.наук, профессор, ун-т Дортмунда (Германия); **Р.К. Боженкова**, академик РАЕН, д-р филол. наук, профессор, МГТУ им. Баумана, Москва; **Ю.В. Вертакова**, д-р экон. наук, профессор, ЮЗГУ; **С.В. Дегтярев**, д-р техн.наук, профессор, ЮЗГУ; **Л.В. Димитров**, профессор, д-р наук, технический университет, София; **В.Э. Дрейзин**, д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ; **А.В. Киричек**, д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ; **В.И. Колчунов**, академик РААСН, д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ; **Н.А. Кореневский**, д-р техн.наук, профессор, ЮЗГУ; **П.Ф. Кравчук**, д-р философ. наук, профессор, ЮЗГУ; **А.П. Кузьменко**, д-р физ.-мат. наук, профессор, ЮЗГУ; **О.Г. Локтионова**, д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ; **А.В. Олейник**, д-р техн. наук, профессор, департамент Минтранса РФ, Москва; **В.Н. Сусликов**, д-р юр. наук, профессор, ЮЗГУ; **М.Л. Титаренко**, акад. РАН, д-р филос. наук, профессор, ИДВ РАН, Москва; **В.С. Титов**, д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ; **С.Ф. Яцун**, д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ.

СОДЕРЖАНИЕ

Уважаемые коллеги!.....6

УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА.....8

Ватутин Э.И.,Бобынцев Д.О.,Романченко А.С.

Исследование влияния частичного упорядочивания пар и локального улучшения окрестности пары на качество расписаний при использовании жадного подхода.....8

Заичко В А.

Особенности комбинированного структурно-алгебраического метода для решения задач структурно-параметрического синтеза региональных инновационно-образовательных центров космических услуг.....16

Атакищев О.И., Капицын С.Ю.,Рюмшин К.Ю., Луковкин А.В.

Визуальная предварительная психологическая оценка личности.....28

Прохоров И.В., Мысев А.Э.

Подходы к построению мультикритериальных рекомендательных систем, использующих неявные оценки.....33

Андронов В.Г.

Априорная оценка качества космической оптико-электронной съёмки.....36

Титов Д.В., Шуклин И.И., Шлык А.М., Ющенко С.П.

Безызбыточное покрытие участка местности опорными изображениями при геокодировании материалов аэрокосмической съемки.....40

Кузнецов В.Н., Панов В.П.

Проблемы автоматизированного получения высоко-процентного выхода биогаза и стабилизации осадка в метантенках.....48

Михайлов С.Н., Демьяненко В.Ю.

Структурно-функциональная организация системы информационно-аналитического обеспечения научных исследований.....55

Редакционная коллегия:

Главный редактор
С.Г. Емельянов, д-р техн. наук, профессор

Зам. главного редактора
В.С. Титов, д-р техн. наук, профессор

Члены редколлегии:

В.Н. Гридин, д-р техн. наук, профессор
И.В. Зотов, д-р техн. наук, профессор
В.Э. Дрейзин, д-р техн. наук, профессор
Н.А. Кореневский, д-р техн.наук, профессор
Т.А. Ширабакина, канд. техн. наук, профессор

Адрес редакции: 305040, г. Курск, ул.50 лет Октября, 94.
Телефоны: (4712) 50-48-19
Факс: (4712) 50-48-00. E-mail: rio_kursk@mail.ru

Оригинал-макет подготовлен А.Е. Серебряковой

Подписано в печать 24.01.14. Формат 60×84/8.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 11,7.
Тираж 1000 экз. Заказ 30. 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»**

Векленко Ю.А., Киселев А.С.
Автоматизированная контрольно-проверочная аппаратура как средство повышения надежности комплекса авиационного вооружения.....60

Шипулин Ю.Г.,Шипулин Ш.Ю., Максудов С.А., Райимжанова О.С.,Халикулов Ж.У.,Титов Д.В.
Многофункциональное устройство для контроля параметров воздушных потоков.....66

Свиридов В.В., Алябьева Т.В.
Математическое моделирование трехмерной задачи теплопроводности методом конечных элементов.....72

Варламов О.О., Лазарев В.М., Атакищев О.И., Чибирова М.О., Сергушин Г.С,
Анализ возможности использования когнитивных карт и миварных сетей для построения экспертных систем обработки данных космических систем наблюдения.....76

Чернецкая И.Е.
Метод и алгоритм управления скоростью вращения барабанного окомкователя.....92

МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ.....97

Петров С.В., Серегин С.П., Агарков Н.М.
Математическая оценка эффективности лечения острого гестационного пиелонефрита по диагностически значимым параметрам врожденного иммунитета.....97

К сведению авторов.....101

© Юго-Западный государственный университет, 2014

2014. №1
Scientific reviewed journal

Published four a year

PROCEEDINGS

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

CONTENS

Respected colleques! ... 6

INFORMATICS, COMPUTER SCIENCES ... 8

Vatutin E.I., Bobintsev D.O., Romanchenko A.S.
Investigation of influence of the partial pairs ordering and pair vicinity improvement to schedule quality within greedy approach ... 8

Zaichko V.A.
Structural features of the combined algebraic method for structural- parametric synthesis of regional innovation and educational center of space services ... 16

Atakishchev O.I.,Kapitsyn S.Y.,Ryumshin K.Yu., Lukovkin A.V.
VIsual preliminary psychological assessment of personality ... 28

Prokhorov I.V.,Mysev A.E.
Approaches to building multicriteria recommender systems based on implicit feedback ... 33

Andronov V.G.
A priori estimate for the quality of the space optical-electronic imagery ... 36

Titov D.V.,Shuklin I.I.,Shlik A.M.,Uschenko S.P.
Irredundant reference image coverage of the area for geocoding of aerospace survey ... 40

Kuznetsov V.N.,Panov V.P.
Problems of automated production of high_cent yield of biogas and sludge stabilization in the digesters ... 48

Mikhailov S.N.,Demyanenko V.U.
Structural and functional organization of the system of information and analytical support for research ... 55

Veklenko Yu.A.,Kiselyov A.S.
Automated test equipment, as a means to improve the reliability aircraft armament during the preflight preparation of the aircraft ... 60

Shipulin U.G.,Shipulin Sh.U.,Maksudov S.A., Rayimzhanova O.S.,Halikulov Zh.U., Titov D.V.
Multifunctional device for the parameter control of the air flow ... 66

Sviridov V.V.,Alyabjeva T.V.

Mathematical modeling of three-dimensional heat conduction problem finite element method.....72

Varlamov O.O.,Lazarev V.M.,Atakischev O.I.,Chibirova M.O., Sergushin G.S.

Analysis of the use of cognitive maps and mivar networks for building expert systems for data processing systems in space remote sensing systems.....76

Chernetskaya I. E.

The method and algorithm speed control drum pelletizers..... 92

MEDICAL INSTRUMENT MAKING.....97

Petrov S.V.,Seregin S.P.,Agarkov N.M.

Mathematical treatment of acute performance evaluation for gestational pyelonephritis important diagnostic parameters of innate immunity.....97

Information for authors.....101

© Southwest State University, 2014

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» тематика статей разнообразна, спектр исследуемых проблем широк и включает следующие вопросы: исследование влияния частичного упорядочивания пар и локального улучшения окрестности пары на качество расписаний при использовании жадного подхода; особенности комбинированного структурно-алгебраического метода для решения задач структурно-параметрического синтеза региональных инновационно-образовательных центров космических услуг; визуальная предварительная психологическая оценка личности; основные подходы, использующиеся при создании мультикритериальных рекомендательных систем, основанных на неявных оценках; аналитические соотношения, позволяющие выполнить априорную количественную оценку соответствия планируемых ракурсов и траекторий космической оптико-электронной съемки требуемому качеству получаемых изображений; формализация задачи выбора опорных изображений для геокодирования материалов аэрокосмической съемки земной поверхности; проблемы автоматизированного получения высокопроцентного выхода биогаза и стабилизации осадка в метантенках; структурно-функциональная организация системы информационно-аналитического обеспечения научных исследований; представлен подход к проведению с помощью автоматизированной аппаратуры предполетной подготовки летательного аппарата и диагностики технического состояния комплекса авиационного вооружения; рассмотрены принципы построения, основные характеристики и конструкция многофункционального устройства для контроля параметров воздуш-

ных потоков; математическое моделирование трехмерной задачи теплопроводности методом конечных элементов; анализ возможности использования когнитивных карт и миварного подхода на всех этапах разработки систем поддержки принятия решений при обработке данных космических систем наблюдения; метод и алгоритм управления скоростью вращения барабанного окомкователя, которые учитывают специфические особенности процесса формирования гранул из сыпучих тонкоизмельченных материалов.

В разделе «Медицинское приборостроение» представлены результаты оценки лечения острого пиелонефрита по диагностически значимым параметрам, установленным на основе многокритериального математического анализа.

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

УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА

УДК 681.3

Э.И. Ватутин, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: evatutin@rambler.ru)

Д.О. Бобынцев, аспирант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: daniel8728@yandex.ru)

А.С. Романченко, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: romanchas@rambler.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЧАСТИЧНОГО УПОРЯДОЧИВАНИЯ ПАР И ЛОКАЛЬНОГО УЛУЧШЕНИЯ ОКРЕСТНОСТИ ПАРЫ НА КАЧЕСТВО РАСПИСАНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЖАДНОГО ПОДХОДА

Приведено описание метода построения расписаний с использованием жадной стратегии выбора пар и его модификации, отличающейся группировкой пар в окрестности, с возможностью локального улучшения решения в рамках окрестности. Показано, что рассмотрение пар с использованием γ-окрестностей учебных групп позволяет получать решения более высокого качества по сравнению с жадным формированием решений с различным порядком следования пар. Приведены результаты вычислительного эксперимента, в ходе которого установлено дополнительное повышение качества решений при использовании локального жадного улучшения расписания с рамках γ- и τ-окрестностей текущей пары. Рассмотренный подход к нахождению квазиоптимального решения хорошо поддается распараллеливанию и может быть эффективно реализован с использованием грид-систем.

***Ключевые слова**: дискретная комбинаторная оптимизация, расписание, грид-системы.*

***

Одной из задач дискретной комбинаторной оптимизации является задача составления различных расписаний (планирование запуска работ или задач, движение транспорта, графики работ). Задача составления расписаний занятий учебных заведений (школы, университета и т.д.), как известно, является одной из наиболее сложных в своем классе, т.к. требуется вести учет большого числа ограничений, зачастую взаимоисключающих друг друга, и оптимизация ряда частных показателей качества. Для составления расписаний известно достаточно большое количество подходов, основанных как на общих положения комбинаторной оптимизации (различные виды перебора, жадные алгоритмы, генетические алгоритмы, имитация отжига, муравьиные алгоритмы и т.д.), так и учитывающих специфику задачи в ее конкретной постановке. В работе [1] было показано, что изменение порядка рассмотрения пар при жадном подходе оказывает сильное влияние на качество получаемых решений, однако сами решения получаются довольно далекими от оптимума по ряду важных частных показателей качества (например, по числу «окон» в частных расписаниях подгрупп и преподавателей или по числу переходов между корпусами). В данной работе приведено описание результатов, полученных в ходе жадного синтеза решений с использованием ограничения на порядок рассмотрения пар и анализа смежной окрестности устанавливаемой пары с целью локального улучшения расписания в рамках данной окрестности.

Следуя работе [1], постановка задачи может быть представлена в следующем виде.

Имеется множество пар $\Theta = \{p_i\}$, $i = \overline{1, N_\Theta}$, каждая из которых представляет собой кортеж

$$p_i = \langle T(p_i), G(p_i), n(p_i), a(p_i), v(p_i) \rangle,$$

где $T(p_i) \subset T$ – множество преподавателей, проводящих занятие (обычно

$\left|T(p_i)\right|=1$, однако некоторые занятия требуют одновременного присутствия нескольких преподавателей или ассистентов);

$T=\{t_i\}, i=\overline{1, N_T}$ – множество всех преподавателей вуза;

$G(p_i)\subset G$ – множество учебных групп, объединенных в поток и присутствующих на проводимом занятии;

$G=\{g_i\}, i=\overline{1, N_G}$ – множество учебных групп университета;

$n(p_i)$ – длительность учебного занятия в академических часах (1 – для занятий, читающихся один раз в две недели; 2 – для занятий, читающихся на регулярной основе каждую неделю);

$a(p_i)\in A$ – аудитория, в которой запланировано проведение учебного занятия;

$A=\{a_i\}, i=\overline{1, N_A}$ – множество учебных аудиторий (аудиторный фонд);

$v(p_i)=\left\langle v^{(d)}(p_i), v^{(t)}(p_i)\right\rangle\in V$ – время проведения занятия (выбирается в виде дискретных значений дня недели $v^{(d)}(p_i)\in\{1, 2, ..., N_D\}$,

$N_D=7$ – число рабочих дней и номера пары $v^{(t)}(p_i)\in\{1, 2, ..., N_P\}$, $N_P=8$ – теоретически максимальное число пар в день, с учетом номера недели в двухнедельном цикле);

$V=\{v_i\}, i=\overline{1, N_V}$ – множество временны*х* позиций, в которые может быть установлена пара (7 рабочих дней по 8 пар с учетом двухнедельного цикла).

Учебные аудитории могут находиться в различных учебных корпусах $l_i\in L, i=\overline{1, N_L}$, где $l(a_i)\in L$ – корпус, в котором находится аудитория a_i.

При построении расписания необходим учет ряда ограничений. Прежде всего необходим учет «накладок», т.е. пересечений различных пар по преподавателю (преподаватель не может читать две пары одновременно), группе (группа не может одновременно находиться на различных занятиях) или аудитории (в одной аудитории не может проводиться более одной пары одновременно) в одно время:

$$\overline{\exists} p_i, p_j, i, j=\overline{1, N_P},\ i\neq j:$$
$$\left[\left(T(p_i)\bigcap T(p_j)\neq\varnothing\right)\vee\left(G(p_i)\bigcap G(p_j)\neq\varnothing\right)\vee\left(a(p_i)=a(p_j)\right)\right]\wedge \quad (1)$$
$$\wedge\left(v(p_i)\bigcap v(p_j)\neq\varnothing\right).$$

Ограничения на максимальное и минимальное число пар в день для преподавателя и учебной группы:

$$\forall v_i^{(d)}, t_j, i=\overline{1, N_D}, j=\overline{1, N_T}: p_{\min}^{(t)}\le\left|P\left(v_i^{(d)}, t_j\right)\right|\le p_{\max}^{(t)}, \quad (2)$$

$$\forall v_i^{(d)}, g_j, i=\overline{1, N_D}, j=\overline{1, N_G}: p_{\min}^{(s)}\le\left|P\left(v_i^{(d)}, g_j\right)\right|\le p_{\max}^{(s)}, \quad (3)$$

где $P\left(v_i^{(d)}, t_j\right)=\left\{p_{j_1}, p_{j_2}, ..., p_{j_n}\right\}\subset P$ – множество пар, установленных в день $v_i^{(d)}$ для преподавателя t_j, причем

$p_{j_k}\in P\left(v_i^{(d)}, t_j\right)\Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow\left(v^{(d)}\left(p_{j_k}\right)=v_i^{(d)}\right)\wedge\left(t_j\in T\left(p_{j_k}\right)\right)$;

$P\left(v_i^{(d)}, g_j\right)=\left\{p_{j_1}, p_{j_2}, ..., p_{j_m}\right\}\subset P$ – множество пар, установленных в день $v_i^{(d)}$ для группы g_j, причем

$p_{j_k}\in P\left(v_i^{(d)}, g_j\right)\Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow\left(v^{(d)}\left(p_{j_k}\right)=v_i^{(d)}\right)\wedge\left(g_j\in G\left(p_{j_k}\right)\right)$.

Ограничение на максимальное число пар в день с учетом «окон» для преподавателей:

$$\max_k v^{(t)}\left(p_{j_k}\right)-\min_k v^{(t)}\left(p_{j_k}\right)+1\le p_{\max}^{(t)},\quad p_{j_k}\in P\left(v_i^{(d)},t_j\right) \tag{4}$$

и студентов

$$\max_k v^{(t)}\left(p_{j_k}\right)-\min_k v^{(t)}\left(p_{j_k}\right)+1-\left|P\left(v_i^{(d)},g_j\right)\right|=0,\ p_{j_k}\in P\left(v_i^{(d)},g_j\right). \tag{5}$$

На рабочее время преподавателя и на время обучения группы также возможны ограничения, фактически реализуемые путем исключения из множества V некоторых значений. Кроме того, на практике возможно добавление ряда дополнительных ограничений.

Ограничения (1) и (5) являются наиболее жесткими, в то время как ограничения (2)–(4) могут быть нарушены в крайнем случае, например при взаимной противоречивости ограничений и невозможности построения расписания без их ослабления.

Оценка качества результирующего расписания производится с использованием штрафной функции, фактически представляющей собой сумму взвешенных нормированных значений частных показателей качества, к которым по сравнению с [1, 2] добавлены слагаемые, отвечающие за дополнительные пожелания (требования ставить пару первой или последней), и штраф за наличие не установленных в расписание пар:

$$\begin{aligned}f(\Theta)=&\underbrace{\frac{K_w^{(t)}t_w(\Theta)}{2Dw_{\max}^{(t)}T}}_{1}+\frac{K_w^{(s)}s_w(\Theta)}{2Dw_{\max}^{(s)}S}+\frac{K_{wt}^{(t)}t_{wt}(\Theta)}{2Dp_{\max}^{(t)}T}+\frac{K_{wt}^{(s)}s_{wt}(\Theta)}{2Dp_{\max}^{(s)}S}+\\&+\frac{K_{wt}^{(a)}a_{wt}(\Theta)}{2DPA}+\frac{K_a^{(w)}w_a(\Theta)}{|\Theta|}+\frac{K_{gr}^{(w)}w_{gr}(\Theta)}{|\Theta|}+\frac{K_{gr}^{(t)}t_{gr}(\Theta)}{2DT}+\\&+\frac{K_{p_{\min}}^{(t)}t_{p_{\min}}(\Theta)}{2DT}+\frac{K_{p_{\max}}^{(t)}t_{p_{\max}}(\Theta)}{2DT}+\frac{K_{l_{\max}}^{(t)}t_{l_{\max}}(\Theta)}{2DT}+\\&+\frac{K_{p_{\min}}^{(s)}s_{p_{\min}}(\Theta)}{2DS}+\frac{K_{p_{\max}}^{(s)}s_{p_{\max}}(\Theta)}{2DS}+\frac{K_{l_{\max}}^{(s)}s_{l_{\max}}(\Theta)}{2DS}+\\&+\frac{K_{ed}^{(s)}s_{ed}(\Theta)}{2DS}+\frac{K_m^{(t)}t_m(\Theta)}{2DT\cdot\underbrace{\left(\max m_{ij}+1\right)}_{4}}+\frac{K_m^{(s)}s_m(\Theta)}{2DS\cdot\left(\max m_{ij}+1\right)}+\\&+\frac{K_{lw}^{(t)}t_{lw}(\Theta)}{2DT\cdot\left(\max m_{ij}+1\right)}+\frac{K_{fl}^{(p)}p_{fl}(\Theta)}{|\Theta|}+\frac{K_{wa}^{(p)}p_{wa}(\Theta)}{|\Theta|}+\frac{K^{(\Theta^*)}|\Theta^*|}{|\Theta|},\end{aligned} \tag{6}$$

где $K_i^{(j)}$ – соответствующий весовой коэффициент (индекс t – обозначение преподавателя, s – группы, a – аудитории, w – элемента учебной нагрузки, wt – таблицы рабочего времени, gr – пожелания по группировке учебной нагрузки, ed – числа свободных дней, m – числа перемещений между корпусами, $l_{\max}$ – максимального числа лекций в день, $p_{\min}$ и $p_{\max}$ – минимального и максимального числа пар в день, lw – число нарушений пожеланий по корпусу, fl – число нарушений пожелания по установке пары первой или последней во время рабочего дня);

$t_x(\Theta)$, $s_x(\Theta)$, $a_x(\Theta)$, $w_x(\Theta)$, $p_x(\Theta)$ – выбранный частный показатель качества для преподавателя, учебной группы, аудитории, элемента нагрузки или пары соответственно;

m_{ij} – элемент матрицы удаленности корпусов, равный условной «дистанции» между корпусами, $\Theta^*\subset\Theta$ – множество не установленных в расписание пар.

Лучшему расписанию соответствует меньшее значение штрафной функции, коэффициенты которой выбираются экспертным путем. Оценка качества расписания является довольно трудоемкой операцией, требующей реализации подсистемы кэширования частных показателей качества с целью избежания их повторного пересчета.

Жадная стратегия составления расписания [1, 3] заключается в выборе очередной пары $p_i \in \Theta^*$ из множества еще не рассмотренных пар Θ^*, определения множество допустимых позиций $V^+(p_i) = \{v_1(p_i), v_2(p_i), ..., v_K(p_i)\}$, в которых она может быть размещена, расчета для каждой из позиций $v_j(p_i) \in V^+(p_i)$ приращения штрафной функции

$$\Delta f\left(v_j(p_i)\right) = f\left(\left(v(p_i) \to v_j\right) \in \Theta\right) - f(\Theta) \quad (7)$$

и выбора позиции $v_{j^+}(p_i)$ с минимальным приращением,

где $j^+ = \arg\min_j \Delta f\left(v_j(p_i)\right)$.

Для каждой позиции производится поиск лучшей аудитории, пара размещается в выбранной позиции $v_{j^+}(p_i)$ и исключается из множества нерассмотренных пар $\Theta^* := \Theta^* \setminus \{p_i\}$, что повторяется до тех пор, пока не будут рассмотрены все пары $\left(\Theta^* = \varnothing\right)$ – расписание составлено полностью, либо пока в множестве нерассмотренных пар останутся пары, которые невозможно установить из-за нарушения ограничений.

В работе [1] было показано, что в поставленной задаче имеет место сильная зависимость качества получаемых решений от порядка рассмотрения пар в рамках жадной стратегии. Вызывает интерес исследование того, насколько влияет на качество составления расписания наложение ограничения в виде рассмотрения пар по учебным группам или преподавателям.

Рассмотрим данную стратегию на примере ограничения на рассмотрение пар по группам. При данном подходе из множества учебных групп G случайным образом выбирается группа $g_i \in G$, для которой формируется подмножество пар с ее участием (γ-окрестность учебной группы):

$$\Theta^{(\gamma)}(g_i) \subset \Theta,\ \forall p_j \in \Theta^{(\gamma)}(g_i) : g_i \in G\left(p_j\right).$$

(В случае рассмотрения пар с ограничением на преподавателей аналогичным образом формируется τ-окрестность преподавателя $\Theta^{(\tau)}(t_i) \subset \Theta$, $\forall p_j \in \Theta^{(\tau)}(t_i) : t_i \in T\left(p_j\right)$.) Из множества пар γ-окрестности исключаются уже установленные в расписание пары $\left(\Theta^{(\gamma)}(g_i) := \Theta^{(\gamma)}(g_i) \cap \Theta^*\right)$, оставшиеся пары устанавливаются в расписание жадно, минимизируя приращение штрафной функции (7). Подобный порядок рассмотрения пар фактически представляет собой ограничение на мощность множества перестановок пар, используемых для задания порядка их рассмотрения.

В таблице 1 приведены результаты вычислительного эксперимента (весенний семестр 2012 учебного года ЮЗГУ), целью которого было исследование тенденций изменения частных показателей качества в зависимости от рассмотрения пар в случайном порядке [2], с ограничением на порядок рассмотрения учебных групп и преподавателей. Введение ограничений на γ- или τ-окрестности учебной группы или преподавателя соответственно не оказывает существенного влияния на время построения расписания, которое составляет несколько десятков минут для одного решения. Учитывая специфику задачи, отдельные варианты расписания могут быть построены независимо друг от друга с использованием широкого класса параллельных вычислительных средств, наиболее подходящим из которых, учитывая слабую связность задачи, является грид.

Таблица 1

Результаты вычислительного эксперимента

№	t_w	s_w	t_m	s_m	$t_{p_{\min}}$	$t_{p_{\max}}$	$g_{p_{\min}}$	$g_{p_{\max}}$	w_a	$\lvert\Theta^*\rvert$	p_{wa}	f
Случайный порядок, 5 лучших решений из 30												
1	646	16	7765	4600	1499	101	473	0	729	0	234	1,023
2	579	15	9345	4940	1503	106	427	6	725	3	265	1,071
3	653	30	8635	4880	1466	123	527	0	742	0	249	1,111
4	577	23	9105	5185	1542	90	557	8	707	1	234	1,150
5	625	25	8695	5600	1560	97	488	8	739	0	262	1,156
Ограничение на порядок рассмотрения учебных групп, 5 лучших решений из 15												
6	457	2	5950	4290	1200	129	296	3	729	10	302	0,854
7	438	9	5859	4165	1207	130	324	6	728	0	247	0,912
8	422	2	6390	3180	1263	120	316	13	723	12	277	0,945
9	465	6	4610	5065	1216	101	335	10	738	7	282	0,945
10	431	9	6220	4880	1223	106	293	11	727	7	258	0,951
Ограничение на порядок рассмотрения преподавателей, 5 лучших решений из 15												
11	285	39	5425	2805	1031	97	478	4	713	0	259	1,060
12	335	38	4840	5180	1019	107	452	11	732	0	208	1,115
13	312	54	5710	4495	1003	106	490	11	727	0	264	1,219
14	301	31	5215	4215	990	100	520	26	726	0	253	1,245
15	316	46	5830	2875	1036	99	509	18	736	0	283	1,247

Анализ приведенных в таблице 1 данных позволяет сделать вывод о том, что использование ограничения на γ-окрестность позволяет получать решения с близким к нулю количеством «окон» в частных расписаниях учебных групп и меньшим числом «окон» в частных расписаниях преподавателей (420–470 против 570–650 при жадном подходе), при этом также несколько уменьшается суммарное число перемещений между корпусами (4600–6400 против 7700–9400 для преподавателей и 3100–5100 против 4600–5600 для учебных групп) и число нарушений ограничения на минимальное число пар (1200–1300 против 1400–1600 для преподавателей и 290–340 против 420–560) при сопоставимых значениях остальных частных показателей качества.

Использование ограничения на τ-окрестность позволяет снизить число «окон» у преподавателей ценой увеличения числа «окон» в частных расписаниях учебных групп при сопоставимых значениях остальных частных показателей качества, что является неприемлимым. Возможны и другие типы окрестностей, частично изменяющие порядок рассмотрения пар при жадном подходе к составлению расписания, однако, как показали вычислительные эксперименты, приведенные две позволяют получать наилучшие решения.

Дополнительного улучшения качества получаемых решений можно добиться при попытке локального улучшения качества расписания путем перестановки пар, которые имеют непосредственное отношение к текущей рассматриваемой паре p_i. С целью формализации описания данного подхода введем бинарные отношения близости пар по преподавателю (τ) и учебной группе (γ). Будем считать, что пары p_i и p_j, $i \neq j$ находятся в отношении близости по преподавателю $p_i \tau p_j$, если в множествах преподавателей, закрепленных за выбранными парами, присутствуют одни и те же преподаватели:

$$T(p_i) \cap T(p_j) \neq \varnothing .$$

Аналогично можно ввести отношение близости по учебной группе:

$$p_i \;\gamma\; p_j \Leftrightarrow G(p_i) \cap G(p_j) \neq \varnothing .$$

С использованием введенных бинарных отношений можно сформулировать определения окрестностей пары. Под τ-окрестностью пары $\Theta^{(\tau)}(p_i)$ понимается множество пар, которые находятся с парой p_i в отношении близости по преподавателю:

$$\forall p_j \in \Theta^{(\tau)}(p_i) : p_i \;\tau\; p_j .$$

Аналогичным образом можно ввести понятие γ-окрестности пары:

$$\forall p_j \in \Theta^{(\gamma)}(p_i) : p_i \;\gamma\; p_j .$$

Несложно показать, что

$$\Theta^{(\gamma)}(p_i) = \left(\bigcup_{\forall g_j \in G(p_i)} \Theta^{(\gamma)}(g_j) \right) \setminus \{p_i\},$$

$$\Theta^{(\tau)}(p_i) = \left(\bigcup_{\forall t_j \in T(p_i)} \Theta^{(\tau)}(t_j) \right) \setminus \{p_i\}$$

и

$$\Theta^{(\gamma)}(g_i) = \bigcup_{\forall p_j : g_i \in G(p_j)} \{p_j\} = \bigcup_{\forall p_j : g_i \in G(p_j)} \Theta^{(\gamma)}(p_j),$$

$$\Theta^{(\tau)}(t_i) = \bigcup_{\forall p_j : t_i \in T(p_j)} \{p_j\} = \bigcup_{\forall p_j : t_i \in T(p_j)} \Theta^{(\tau)}(p_j).$$

Рассмотрим введенную систему отношений и окрестностей на примере. Допустим, множество учебных групп состоит из двух групп ВМ-01 (большая численность, на лабораторных работах разбивается на подгруппы, обозначенные римскими цифрами) и ВМ-02 (малая численность, на лабораторных работах не разбивается на подгруппы). У указанных групп читается программирование, подразумевающее наличие лекционных занятий (сокр. лк, читаются в потоке), а также лабораторных (сокр. лб) и практических занятий (сокр. пр, не разбиваются на подгруппы в независимости от числа студентов в группе). Тогда бинарное отношение близости по учебной группе может быть представлено в виде таблицы 2.

Таблица 2

Иллюстрация к понятию отношения близости и построения γ-окрестностей
(знаком «+» отмечено соответствие групп парам)

Пара \ Группа	ВМ-01 I (g_1)	ВМ-01 II (g_2)	ВМ-02 (g_3)
Программирование (лб) (p_1)	+		
Программирование (лб) (p_2)		+	
Программирование (лб) (p_3)			+
Программирование (пр) (p_4)	+	+	
Программирование (пр) (p_5)			+
Программирование (лк) (p_6)	+	+	+

Для приведенного примера

$$\Theta^{(\gamma)}(g_1) = \{p_1, p_4, p_6\},$$
$$\Theta^{(\gamma)}(g_2) = \{p_2, p_4, p_6\},$$
$$\Theta^{(\gamma)}(g_3) = \{p_3, p_5, p_6\};$$
$$\Theta^{(\gamma)}(p_1) = \{p_4, p_6\},\ \Theta^{(\gamma)}(p_2) = \{p_4, p_6\},$$
$$\Theta^{(\gamma)}(p_6) = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5\}.$$

Нетрудно убедиться в том, что

$$\Theta^{(\gamma)}(p_1) = \Theta^{(\gamma)}(g_1) \setminus \{p_1\} =$$
$$= \{p_1, p_4, p_6\} \setminus \{p_1\} = \{p_4, p_6\},$$
$$\Theta^{(\gamma)}(p_6) = \left(\Theta^{(\gamma)}(g_1) \cup \Theta^{(\gamma)}(g_2) \cup \Theta^{(\gamma)}(g_3)\right) \setminus \{p_6\} =$$
$$= \{p_1, ..., p_6\} \setminus \{p_6\} = \{p_1, ..., p_5\},$$

а $\Theta^{(\gamma)}(g_1) = \Theta^{(\gamma)}(p_1) \cup \Theta^{(\gamma)}(p_4) \cup \Theta^{(\gamma)}(p_6) =$

$$= \{p_4, p_6\} \cup \{p_1, p_6\} \cup \{p_1, p_6\} = \{p_1, p_4, p_6\}.$$

С учетом введенных бинарных отношений жадное построение расписания с улучшением окрестностей можно производить следующим образом: выбрать очередную пару p_i и установить ее в расписание в соответствии с жадным подходом (выбор пар может производиться как в случайном порядке, так и с использованием ограничения на γ- или τ-окрестность учебной группы и преподавателя соответственно). Сформировать для нее γ- и τ-окрестности ($\Theta^{(\gamma)}(p_i)\setminus\Theta^*$ и $\Theta^{(\tau)}(p_i)\setminus\Theta^*$) из уже установленных в расписание пар. Для всех пар p_j, входящих в состав сформированных окрестностей $\left(p_j\in\Theta^{(\gamma)}(p_i)\setminus\Theta^*\right)\vee\left(p_j\in\Theta^{(\tau)}(p_i)\setminus\Theta^*\right)$, попытаться переставить пару на другое место так, чтобы приращение штрафной функции при этом было отрицательным (другими словами, происходило максимально возможное уменьшение значения функции штрафа):

$$\Delta f\left(v_j(p_i),v(p_i)\right)=f\left(\left(v(p_i)\to v_j\right)\in\Theta\right)-f\left(v(p_i)\in\Theta\right)\to\min,$$

$$\Delta f\left(v_j(p_i),v(p_i)\right)<0.$$

Если имеет место уменьшение значения штрафной функции в ходе перестановки пары, можно говорить о локальном повышении качества расписания для текущего множества установленных пар. При этом вычислительные затраты на построение одного решения существенно возрастают по отношению к жадному построению расписания, т.к. в дополнение к размещению самой пары итеративно производится улучшение расположения уже установленных пар, входящих в состав γ- и τ-окрестностей текущей пары.

Так, на компьютере с процессором Intel Core i7 4770 3,5 ГГц время построения одного решения занимает 6–8 часов. Аналогичный подход, связанный с учетом отношения смежности, может быть использован при решении других задач комбинаторной оптимизации [4, 5].

С целью анализа результирующего качества получаемых решений был поставлен вычислительный эксперимент, в ходе которого были получены 40 расписаний, отталкиваясь от различного порядка рассмотрения групп. Для его реализации потребовалось около 300 часов машинного времени, результаты эксперимента приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты вычислительного эксперимента, направленного на жадное построение расписание с ограничением на порядок рассмотрения групп и улучшением γ- и τ-окрестностей текущей пары

№	t_w	s_w	t_m	s_m	$t_{p_{\min}}$	$t_{p_{\max}}$	$g_{p_{\min}}$	$g_{p_{\max}}$	w_a	$\lvert\Theta^*\rvert$	p_{wa}	f
Ограничение на порядок рассмотрения учебных групп, 5 лучших решений из 40, с улучшением окрестностей текущей пары												
1	352	7	395	165	1144	0	152	0	846	4	676	7,033
2	351	5	345	170	1167	0	168	0	865	0	645	7,131
3	332	1	525	215	1240	0	162	0	928	4	636	7,145
4	358	0	305	320	1160	0	182	0	841	1	702	7,256
5	382	1	365	345	1167	0	167	0	893	6	614	7,697

Примечание. В ходе эксперимента был установлен запрет на установку пар свыше разрешенного количества, поэтому $t_{p_{\max}} = t_{g_{\max}} = 0$ для всех решений. При расчете интегрального показателя качества f был взят модифицированный набор весовых коэффициентов, увеличивающих штраф при оптимизации показателей $g_{p_{\min}}$ и s_w, поэтому прямое сравнение значения интегрального показателя с предыдущими экспериментами некорректно.

Анализ полученных результатов позволяет сделать ряд выводов. Прежде всего, изменение порядка рассмотрения учебных групп по-прежнему целесообразно и оказывает существенное влияние на качество решений. Улучшение окрестностей последней установленной в расписание пары дает ощутимый прирост в степени минимизации частных показателей качества решений, заключающийся в уменьшении числа «окон» в частных расписаниях преподавателей до 330–380, в расписаниях учебных групп – почти до нуля, почти на порядок уменьшается число перемещений между корпусами как для преподавателей, так и для учебных групп, снижается число нарушений минимально числа пар у учебных групп (до 150–180).

Негативным эффектом, требующим дополнительного анализа, является увеличение числа пар, установленных с нарушением пожеланий и без аудиторий. С ростом числа проанализированных решений следует ожидать дальнейшего повышения качества, однако для этого потребуются существенно бо́льшие вычислительные затраты.

Работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы» (проект 14.B37.21.0598 «Теоретические основы и методы использования распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем для решения дискретных оптимизационных задач»)) и государственного задания для Юго-Западного государственного университета на 2014–2017 гг., номер темы 2246.

Список литературы

1. Ватутин Э.И., Романченко А.С., Титов В.С. Исследование влияния порядка рассмотрения пар на качество расписаний при использовании жадного подхода // Известия Юго-Западного государственного университета. 2013. № 1 (46). С. 58–64. ISSN 2223-1560.

2. Ватутин Э.И., Ватутин В.И., Романченко А.С. Оценка качества расписания вуза с использованием весовой функции // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации (Распознавание – 2012). Курск, 2012. С. 136–138.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013618554. Программа для жадного построения расписаний учебных занятий вуза / Ватутин Э.И., Бобынцев Д.О., Романченко А.С. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 11.09.13.

4. Ватутин Э.И. Проектирование логических мультиконтроллеров. Синтез разбиений параллельных граф-схем алгоритмов. Saarbrucken: Lambert Academic Publishing, 2011. 292 с. ISBN 978-3-8433-1728-3.

5. Ватутин Э.И., Леонов М.Е. Использование смежной окрестности при жадном последовательном формировании блоков разбиения граф-схем параллельных алгоритмов // Известия высших учебных заведений. Серия «Приборостроение». 2013. Т. 56, № 6. С. 30–35.

Получено 25.10.13

E.I. Vatutin, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: evatutin@rambler.ru)

D.O. Bobintsev, Post-Graduate Student, Computer Science Chair, Southwest State University (Kursk) (e-mail: daniel8728@yandex.ru)

A.S. Romanchenko, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: romanchas@rambler.ru)

INVESTIGATION OF INFLUENCE OF THE PARTIAL PAIRS ORDERING AND PAIR VICINITY IMPROVEMENT TO SCHEDULE QUALITY WITHIN GREEDY APPROACH

A description of the method of construction schedules using the greedy selection strategy pairs and its modifications, characterized group of pairs in the neighborhood with the possibility of local improvement solutions in the vicinity. It is shown that using neighborhoods educational groups can obtain solutions of higher quality compared with eager forming solutions with a different order of the pairs. The results of computer simulation, in which the optional improving the quality of solutions using a greedy local improvement within a schedule and the surrounding area of the current pair, are shown. The presented approach to the determination of the quasi-optimal solutions lends itself well to parallelization and can be efficiently implemented using GRID.

***Key words**: discrete combinatorial optimization, scheduling, GRID.*

УДК 519.8

В А. Заичко, Российское космическое агентство (Москва) (e-mail: aoi007@mail.ru)

ОСОБЕННОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО СТРУКТУРНО-АЛГЕБРАИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА РЕГИОНАЛЬНЫХ ИННОВАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ КОСМИЧЕСКИХ УСЛУГ

Для выбора варианта построения регионального инновационно-образовательного центра космических услуг как структурно-сложной организационно-технической системы в условиях быстрого изменения условий функционирования предложено использовать комбинированный структурно-алгебраический метод на основе совместного использования методов теории метаграмматик и анализа иерархий Саати.

***Ключевые слова**: региональный инновационно-образовательный центр космических услуг, комбинированный структурно-алгебраический подход, теория метаграмматик, метод анализа иерархий Саати.*

***

В настоящее время в Российской Федерации реализуется полномасштабный переход к системному использованию результатов космической деятельности в интересах социально-экономического развития регионов. В частности, на заседании Госсовета РФ 10.08.2010 г. (г. Рязань) первым пунктом итогового протокола рекомендовано «органам исполнительной власти субъектов РФ совместно с Роскосмосом, другими заинтересованными федеральными органами исполнительной власти разработать с учетом специфики регионов и принять к реализации (начиная с 2011 года) региональные целевые программы использования спутниковых навигационных технологий и других результатов космической деятельности в интересах социально-экономического развития субъектов Российской Федерации, предусмотрев в программах создание центров космических услуг». В настоящее время в РФ подписано более 80 соглашений Роскосмоса с субъектами РФ по созданию организационных структур и формированию программ комплексного использования результатов космической деятельности (РКД) в интересах регионов, создано и функционирует более 50 центров космических услуг (ЦКУ), решающих во главе с полномочным представителем Роскосмоса ОАО «НПК «Рекод»» актуальные задачи в интересах регионов.

В то же время опыт создания и функционирования ЦКУ выявил необходимость усиления научно-образовательного аспекта в их работе, что определяет

необходимость создания такого их нового подкласса, как инновационно-образовательные (ИО) ЦКУ на базе ведущих региональных вузов, системной интеграции на этой организационной основе усилий вузовской науки и подготовки высококвалифицированных кадров для решения высокотехнологичных задач использования РКД в интересах конкретных регионов.

Создание региональных ИО (РИО) ЦКУ должно осуществляться на системной основе с учетом итогов реализации международных и федеральных космических программ, региональных особенностей, динамично изменяющихся потребностей в РКД и возможностей их получения, существенных ограничений и неопределенностей в ресурсном обеспечении, изменения законодательной, технологической и научно-образовательной базы в конкретном регионе и РФ в целом.

Особую актуальность при этом представляет решение задачи разработки моделей и алгоритмов для структурно-параметрического синтеза такого достаточно нового класса сложных и организационно-технических систем, как РИО ЦКУ. Данные центры должны объединять большой спектр реально функционирующих и учебных комплексов и средств приема, первичной и информационно-аналитической обработки космической, навигационной информации от международных и отечественных спутниковых систем, а также информации, предоставляемой организациями Роскосмоса, региональными органами власти и другими структурами. Помимо этого в РИО ЦКУ должно осуществляться системное объединение учебных комплексов для очной и дистанционной форм обучения, систем, обеспечивающих взаимодействие с федеральными и региональными структурами информационного обмена, а также включение в ЕТРИС и Гепортал Роскосмоса, Консорциум космических вузов России, обеспечение взаимодействия с международными космическими организациями, образовательными структурами и т.п.

Современный этап разработки моделей и алгоритмов для решения задач структурно-параметрического синтеза подобных сложных систем космического назначения характеризуется наличием достаточно представительного набора моделей и алгоритмов, ориентированных на применение различных формализмов, включая системы массового обслуживания, агрегатные модели, структурно-алгебраические (в первую очередь – атрибутные грамматические, автоматные, графовые, сетевые, марковские и полумарковские) модели, модели на основе многоагентных систем, систем массового обслуживания, статистические и нечеткие модели, модели на основе теории случайных процессов и т.п.[1-33].

В то же время учет конкретной специфики создаваемых РИО ЦКУ позволил выделить в качестве наиболее предпочтительного использование комбинированного структурно-алгебраического подхода на основе метаграмматик (МГ) в сочетании с методом анализа иерархий (МАИ) Саати [7-9, 20, 22]. Подобное сочетание позволяет использовать метаграмматические модели и алгоритмы для генерации и анализа структур создаваемых РИО ЦКУ, а МАИ использовать для выборочного анализа предпочтительности вариантов при синтезе в условиях неопределенности. Подобное комбинированное использование рассмотренных формализмов требует дальнейшего развития теоретического аппарата формальных грамматик в направлении создания метаграмматических моделей для генерации вариантов РИО ЦКУ, а также развития метода анализа иерархий Саати в направлении анализа предпочтительности выбранных сложноструктурированных вариантов РИО ЦКУ в условиях неопределенности.

Все вышеизложенное позволило определить в качестве основного противоречие между объективной необходимостью создания и повышения эффективно-

сти функционирования РИО ЦКУ для оперативного решения все более широкого спектра прикладных задач региона на основе РКД и недостаточной разработанностью моделей и алгоритмов для структурно- параметрического синтеза подобного достаточно нового класса сложных организационно-технических систем.

В качестве основной решаемой задачи данной статьи выбрана разработка метаграмматической модели, многоуровневой модели влияния при анализе иерархий и комбинированного алгоритма генерации и выбора вариантов для структурно-параметрического синтеза РИО ЦКУ в условиях неопределенности на основе сочетания структурно-алгебраического подхода и метода анализа иерархий.

С целью анализа общих особенностей решения задачи создания РИО ЦКУ выполнен анализ тенденций и особенностей создания в РФ центров космических услуг и такого их перспективного подкласса, как РИО ЦКУ. Особое внимание уделено состоянию вопроса разработки моделей и алгоритмов для системного анализа процессов их создания и функционирования с учетом региональных особенностей и особенностей их взаимодействия с региональными системами управления и обработки информации, потребителями РКД, федеральными органами власти, в первую очередь с Роскосмосом.

В частности [20, 21], проведен анализ планов создания под эгидой Роскосмоса региональных центров космических услуг, в том числе и РИО ЦКУ, основных особенностей организации инновационной деятельности РИО ЦКУ в интересах социально-экономического развития типового региона (на примере Курской области) и конкретного базового вуза (Юго-Западный государственный университет (ЮЗГУ, г. Курск)). Рассмотрено место и задачи РИО ЦКУ в региональной системе оказания космических услуг, принципы и структурно-функциональная схема организации взаимодействия РИО ЦКУ с региональной системой управления социально-экономическим развитием. Проведен анализ основных инфраструктурных особенностей создания РИО ЦКУ в интересах инновационного развития региона и организации предоставления образовательных услуг.

На рисунке 1 представлена структура задач регионального ЦКУ, а на рисунке 2 – типовой вариант структурно-функциональной организации взаимодействия РИО ЦКУ с региональной системой управления.

На основе анализа основных процессов формирования и реализации программ использования результатов космической деятельности в интересах регионов РФ, на примере Курской области, сформулированы предложения по месту, роли, целям и направлениям деятельности РИО ЦКУ в рамках региональной инфраструктуры использование РКД. Показана целесообразность возложения на РИО ЦКУ 3-х групп задач (направлений):

– информационно-образовательных;
– инновационно-внедренческих;
– научно-методических.

Определены требования к составу услуг для каждого направления деятельности.

Сделаны вывод о необходимости выделения 3-х контуров организации взаимодействия РИО ЦКУ с другими элементами инфраструктуры региона в соответствии с направлениями его деятельности, которые хотя и взаимоувязаны, но отличаются составом взаимодействующих элементов инфраструктуры, составом используемых при этом информационных ресурсов и динамикой (регламентом) обмена ими.

В результате проведенного анализа выделены основные классы предоставляемых региональным потребителям услуг, характеризующих возможности РИО ЦКУ по решению практических задач в регионе на основе РКД. Выбраны показатель и критерий достижения целевого эффекта его функционирования, проведена разработка метаграмматической обобщенной модели, описывающей многоуровневую систему правил формирования типового РИО ЦКУ.

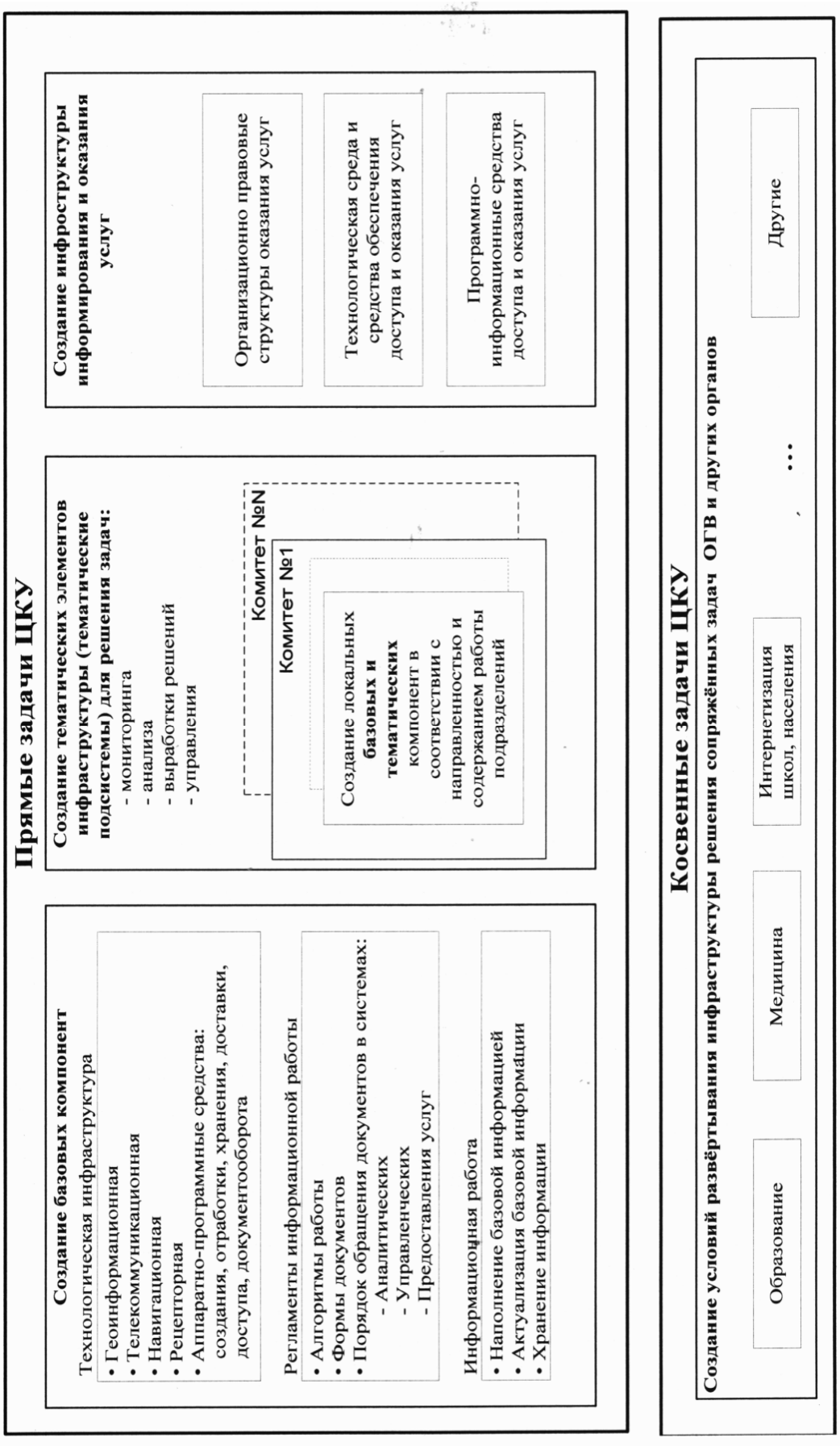


Рис.1. Структура задач регионального ЦКУ

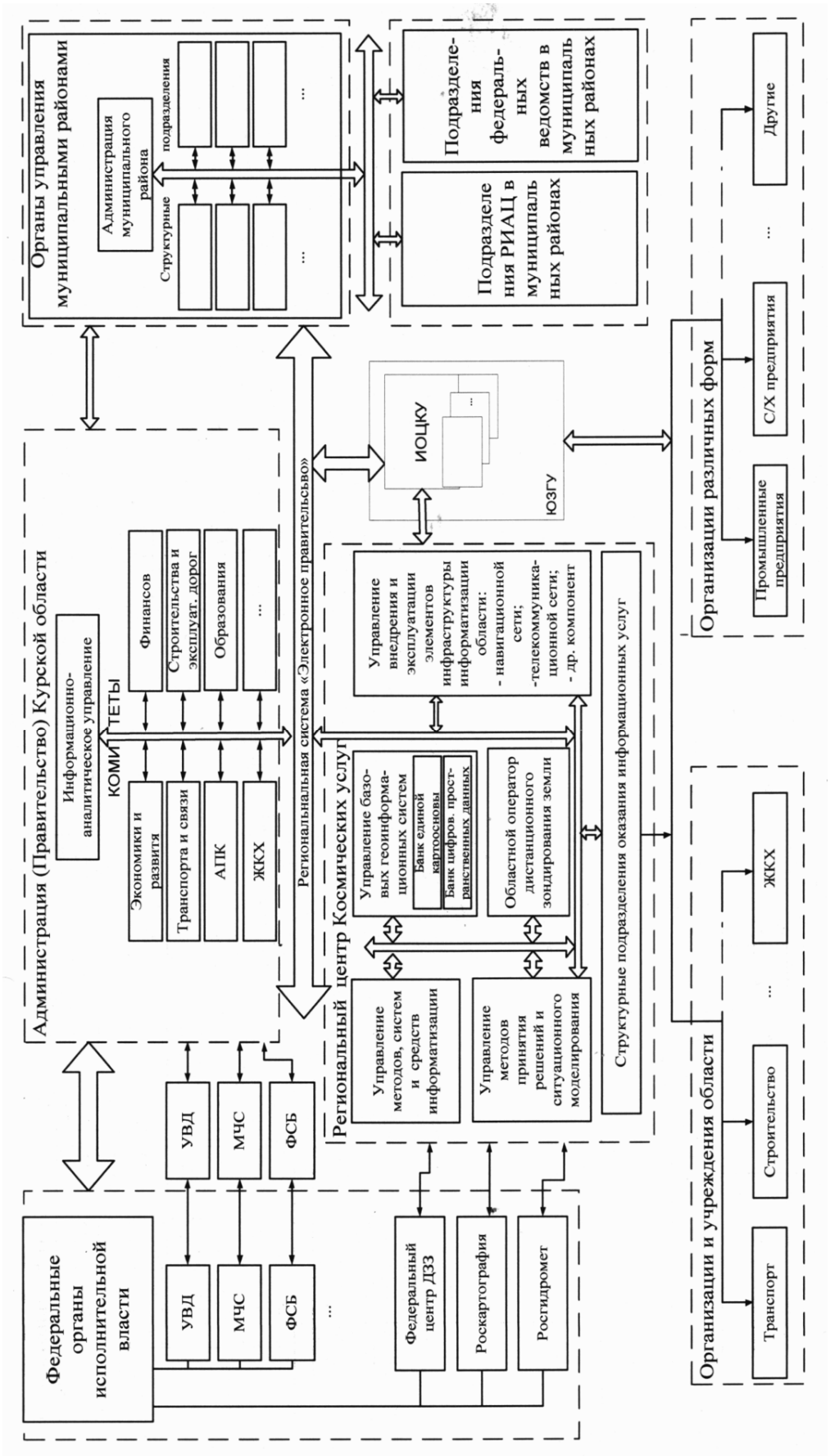


Рис.2. Типовой вариант структурно-функциональной организации взаимодействия РИО ЦКУ с региональной системой управления

Метарамматическая модель (ММ), описывающая основные продукционные правила порождения вариантов РИО ЦКУ, в условиях неопределенности представляется в виде следующей нечеткой атрибутной метаграмматики (НАМГ):

$G_{ЦКУ}=<\{G_1,G_2, G_{31}, G_{32}, G_{33}\},W_{ЦКУ}>,$

где $G_1=<V_{N1},V_{T1},P_1,S_1,A_1>$ – нечеткая атрибутная грамматика (НАГ), причем $V_{N1}=\{S_1, B_{11}\}$, $V_{T1}=\{$(СУ ЦКУ), (ОС), (СТС), (ИС)$\}$, P_1 – содержит нечеткие правила подстановки и имеет следующую характеристическую схему:

1) $S_1\rightarrow$(СУ ЦКУ)B_{11} ;
2) $B_{11}\rightarrow$(ОС)$B_{11}|$(ОС)B_{12};
3) $B_{12}\rightarrow$(СТС) $B_{12}|$(СТС) B_{13};
4) $B_{13}\rightarrow$(ИС) $B_{13}|$(ИС).

Атрибутные компоненты рассмотрены ниже.

$G_2=<V_{N2},V_{T2},P_2,S_2,A_2>$ – НАГ, причем $V_{N2}=\{S_2, B_{21}, B_{22}B_{23}\}$, $V_{T2}=\{$(S1), (S2), (S3), (СУ ЦКУ)$\}$, P_2 содержит нечеткие правила подстановки и имеет следующую характеристическую схему:

1) $S_2\rightarrow$(S1)B_{21};
2) $B_{21}\rightarrow$(S1)$B_{21}|$(S2)B_{22};
3) $B_{22}\rightarrow$(S3)$B_{23}|$(S2)B_{22};
4) $B_{23}\rightarrow$(S3)$B_{23}|$ (СУ ЦКУ).

$G_{31}=<V_{N31},V_{T31},P_{31},S_{31},A_{31}>$ – НАГ, причем $V_{N31}=\{S_{31}, B_{311}, B_{312}\}$, $V_{T31}=\{$(СУ ОС), (СУ СТС), (СУ ИС)$\}$, P_{31} содержит нечеткие правила подстановки и имеет следующую характеристическую схему:

1) $S_{31}\rightarrow$(СУ ОС)B_{311};
2) $B_{311}\rightarrow$(СУ СТС)B_{312};
3) $B_{312}\rightarrow$(СУ ИС).

$G_{32}=<V_{N32},V_{T32},P_{32},S_{32},A_{32}>$ – НАГ, причем $V_{N32}=\{S_{32}, B_{321}\}$, $V_{T32}=\{$(СУ СДО), (СУ ДО)$\}$, P_{32} содержит нечеткие правила подстановки и имеет следующую характеристическую схему:

1) $S_{32}\rightarrow$(СУ СДО)B_{321};
2) $B_{321}\rightarrow$(СУ ДО).

$G_{33}=<V_{N33},V_{T33},P_{33},S_{33},A_{33}>$ – НАГ, причем $V_{N33}=\{S_{33}, B_{331}, B_{332}B_{333}\}$, $V_{T33}=\{$(N-ПЭВМ), (ПРН), (УАСПУ), (СПО)$\}$, P_{33} содержит нечеткие правила подстановки и имеет следующую характеристическую схему:

1) $S_{33}\rightarrow$(N-ПЭВМ)B_{331};
2) $B_{331}\rightarrow$(ПРН)B_{332};
3) $B_{332}\rightarrow$(СПО)B_{333};
4) $B_{333}\rightarrow$(УАСПУ).

При дальнейшей детализации рассмотрения каждый терминал грамматик, входящих в представленную НАММ, представляется, в свою очередь, соответствующей НАМ, отражающей ее внутреннюю структуру. При этом в модели используется еще несколько НАММ, связанные соответствующими правилами согласования в общую НАММ, описывающую РИО ЦКУ.

Правила вычисления атрибутов для схем грамматик, входящих в представленную выше НАММ, имеют следующий вид:

i) $A\rightarrow aB$, $n(B)= p(a)$, $w(S)=w(B)+p(a)$, где A, B – произвольные нетерминалы;

a – произвольный терминал, соответствующий в зависимости от грамматики всему РИО ЦКУ, комплексу, подсистеме или отдельному блоку;

n – унаследованный атрибут;

w – синтезированный атрибут соответствующего символа;

p(a) – атрибут терминала a, в рассматриваемом случае соответствующий параметру стоимости.

Необходимо подчеркнуть, что атрибутная компонента представляется в таком достаточно простом виде только для случаев использования формального описания для получения оценок параметров стоимости. В случае, если одновременно проводится оценка потенциальной эффективности различных вариантов РИО ЦКУ для различных условий эксплуатации и региона, должны использоваться соответствующие функционалы или при порождении цепочек должны реализоваться направленные итерационные процедуры вычисления предпочтений, рассмотренные ниже и задаваемые соответствующими моделями для использования МАИ.

Правила согласования в НАММ имеют следующую схему:

$C_{(1,1)}^{(1,2)}$ – TS(1/F) правила (терминал – начальный нетерминал)

$(СУЦКУ)\rightarrow^{TS}(S_2)$, $n(S_2)= p(СУЦКУ)$, $w(СУЦКУ)=w(S_2)$.

$C_{(2,i3)}^{(2,3)}$ – также TS(1) правила:

$(S1)\rightarrow^{TS}S_{31}, n(S_{31})= p(S1), w(S1)=w(S_{31})$;

$(S2)\rightarrow^{TS}S_{32}, n(S_{32})= p(S2), w(S2)=w(S_{32})$;

$(S3)\rightarrow^{TS}S_{33}, n(S_{33})= p(S3), w(S3)=w(S_{33})$.

При обозначении терминалов грамматик использованы названия типовых подсистем РИО ЦКУ, обобщенные терминалы (S1), (S2), (S3) соответствуют обозначениям соответствующих подсистем S1, S2, S3, введенным выше.

При необходимости учета в грамматическом описании возможности добавления дополнительных подсистем и блоков для перспективных структур РИО ЦКУ в соответствующие грамматики добавляются дополнительные правила, позволяющие индуктивно порождать дополнительные цепочки терминалов.

В частности:

– правила $B_{11}\rightarrow(СУ\ РСБК)B_{11}$ в грамматике G_1 позволяют рекурсивно порождать варианты РИО ЦКУ, отличающихся числом входящих в них систем управления;

– правила $B_{21}\rightarrow(S1)B_{21}$; 3) $B_{22}\rightarrow(S2)B_{22}$; 4) $B_{23}\rightarrow(S3)B_{23}$ в грамматике G_2 позволяют рекурсивно порождать варианты, отличающиеся числом входящих в них подсистем S1-S3.

При применении соответствующих правил в грамматиках G_{31}-G_{33} также возможно рекурсивное порождение вариантов построения РИО ЦКУ, отличающихся составом входящих в основные подсистемы блоков и устройств.

Задание нечетких мер на множествах правил подстановки и согласования позволяет обеспечить задание предпочтений на стратегиях порождения вариантов структур РИО ЦКУ для различных условий применения и нечетких исходных данных.

В целом анализ конкретных особенностей применения НАММ для структурно-параметрического моделирования рекурсивных правил генерации вариантов построения РИО ЦКУ показал, что:

– для описания вариантов построения комплексов заданного класса достаточно использовать один из подклассов регулярных многоуровневых НАММ с соответствующими правилами согласования;

– специфика атрибутной компоненты определяется особенностями использования модели и представляется достаточно простыми арифметическими выражениями;

– применение в составе НАММ регулярных грамматик и предложенных атрибутных компонент для структурно-параметрического описания РИО ЦКУ создает предпосылки для применения в качестве процедурной компоненты генерации и выбора структуры вариантов построения рассматриваемых классов систем модификаций одних из наиболее эффективных алгоритмов синтаксического анализа регулярных метаграмматик.

Базируясь на разработанной модели в рамках решения третьей частной задачи исследований, разработан метод генерации и выбора вариантов РИО ЦКУ в условиях неопределенности.

Обобщенная схема, составляющая формальный базис разработанного метода в рамках комбинированного подхода на основе структурно-алгебраических методов и МАИ, представлена на рисунке 3.

Кратко рассмотрим ее основные особенности.

В рамках общей и региональных программ создания РИО ЦКУ как сложных организационно-технических систем космического назначения на каждом этапе синтеза на основе проведенных системных исследований (исследования и прогноза развития рынка космических услуг и реализации национальных и международных космических программ, программ использования РКД в регионах, определения общих требований к перспективным РИО ЦКУ и т.п.) и исследования конкретных особенностей создания

РИО ЦКУ для конкретных регионов и вариантов создания и комплектования основных подсистем РИО ЦКУ проводится синтез общей системы правил создания и модернизации РИО ЦКУ. Проводится их декомпозиция в виде многоуровневой системы взаимосвязанных продукционных схем. С учетом проведенных исследований на основе результатов декомпозиции проводится планирование использования, создания и модификации подсистем РИО ЦКУ для каждого уровня декомпозиции. С учетом полноты реализации и прогнозных (потенциальных) характеристик данных подсистем проводится оценка потенциальной эффективности функционирования РИО ЦКУ по системе выбранных показателей для конкретного региона и условий эксплуатации сгенерированных вариантов реализации, а также проверка соответствия унаследованных атрибутов требуемым значениям.

По результатам данного анализа проводится уточнение планов создания (использования) подсистем перспективных РИО ЦКУ при существующих оперативных, финансовых, людских и информационных ограничениях, а при необходимости – и корректировка, по согласованию с руководством Роскосмоса и региона основных требований к подсистемам и средствам РИО ЦКУ, условий финансирования, привлечения соисполнителей, сроков выполнения программ создания, развертывания и т.п.

При использовании и создании дополнительных средств и подсистем для реализации перспективных функциональных возможностей в создаваемом РИО ЦКУ на основе экспертных оценок, аналитических моделей, модели влияния для МАИ проводится оценка их основных параметров, которые в дальнейшем используются как атрибуты в метаграмматических описаниях (моделях) при реализации процедур направленного перебора вариантов на основе методов синтаксического анализа НАММ.

С учетом полученных значений атрибутов на основе предложенных алгоритмов синтаксического анализа НАММ проводится оценка потенциально реализуемых значений показателей эффективности функционирования создаваемого РИО ЦКУ для конкретного региона, заданных условий применения и проверка соответствия их значений требуемым. При несоответствии осуществляется направленный перебор «входных значений» параметров средств и подсистем с целью получения значений параметров, при которых выполняются выбранные критерии эффективности. Если подобная «локальная параметрическая» оптимизация не приводит к требуемым результатам, то, осуществляется попытка увеличения реализуемых значений показателей эффективности путем разработки новых средств и подсистем, расширения их набора, использования дополнительных средств и подсистем в синтезируемом РИО ЦКУ.

При выполнении заданных критериев эффективности осуществляется переход к этапу непосредственно практической (инженерной) реализации основных средств, подсистем и РИО ЦКУ в целом.

На этом этапе проводится изыскание путей и непосредственно инженерная реализация выбранных подсистем при создании набора средств (программных комплексов, устройств, подсистем), организации новых оргштатных единиц РИО ЦКУ и их комплексировании при реализации РИО ЦКУ с учетом выделенных финансовых, людских, временных ресурсов, имеющейся технической и технологической базы, оперативных наработок и инженерных разработок, а также требований по эргономичности, МГХ, защите от несанкционированного доступа, стандартизации, унификации и т.п. При соответствии реальных характеристик РИО ЦКУ требуемым, с учетом оперативности и ресурсных ограничений, проводится его создание (модернизация) в рамках проводимых на данном этапе разработок.

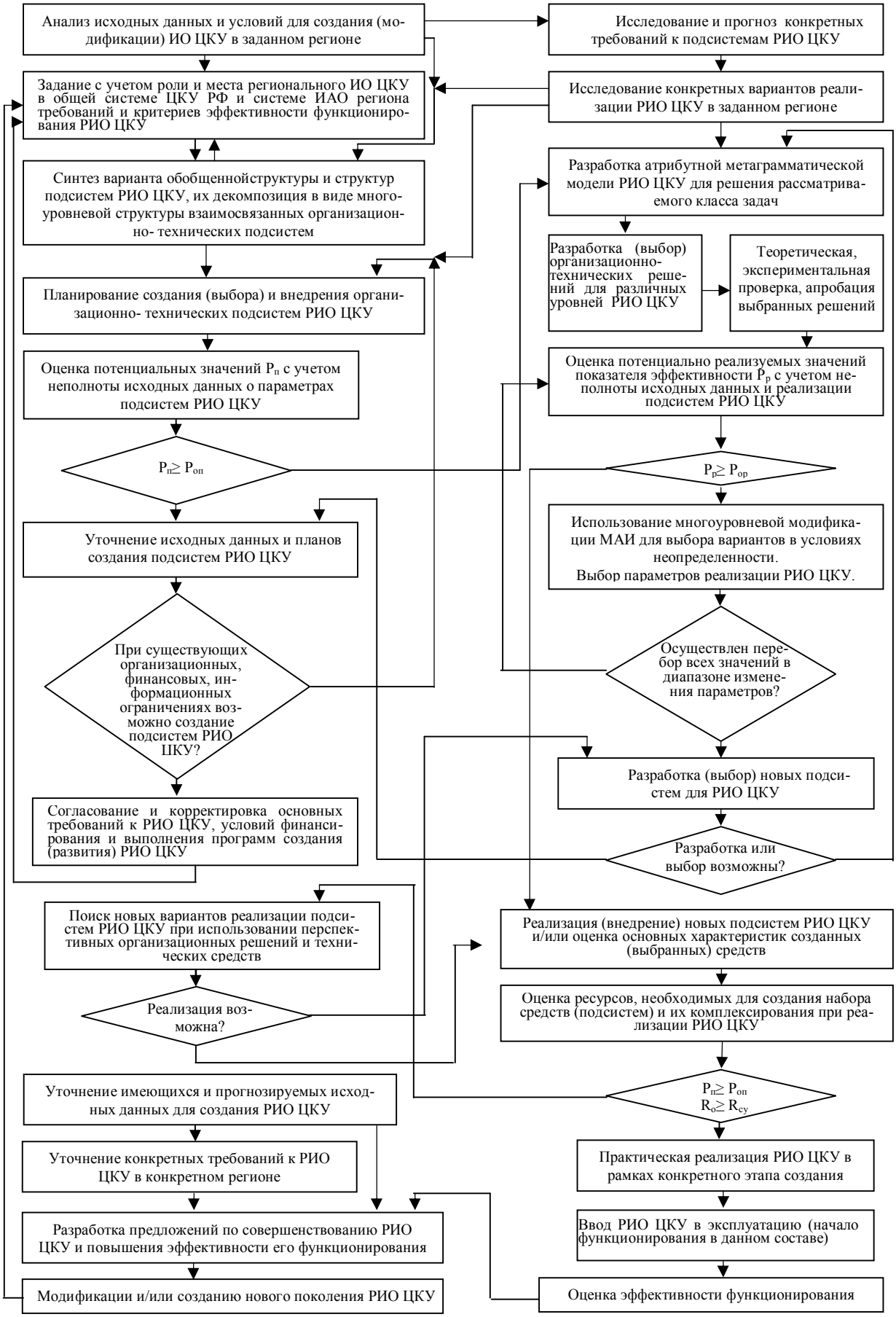


Рис.3. Общая итерационная схема алгоритма генерации и выбора вариантов РИО ЦКУ

Во время эксплуатации РИО ЦКУ осуществляется оценка эффективности его оперативного использования, уточнение ситуаций в регионах и конкретных особенностей реализации подсистем РИО ЦКУ. На этой основе уточняются приоритетные направления дальнейших исследований по повышению эффективности РИО ЦКУ, дооснащению перспективными средствами, а также осуществляется переход к модернизации РИО ЦКУ или следующему этапу синтеза в рамках концепции «эволюционного синтеза» сложных организационно-технических систем.

При этом существенным фактором при реализации современных РИО ЦКУ является использование возможности динамичной адаптации к условиям в регионах и на конкретных местах эксплуатации в рамках данной схемы.

Основные особенности формально-эвристических процедур, реализуемых в рамках данной общей схемы, следующие:

– основные процедуры и функции по направленной генерации и выбору вариантов при структурно-параметрическом синтезе создаваемых РИО ЦКУ в условиях неопределенности реализуются в рамках комплексного подхода, сочетающего применение НАММ и нечетких моделей влияния;

– при использовании разработанных НАММ значения унаследованных атрибутов, характеризующих параметры отдельных устройств и подсистем, получаются с использованием комплекса имитационных моделей, получение обобщенных значений показателей эффективности РИО ЦКУ в целом получаются в результате синтаксического анализа как значения синтезированных атрибутов соответствующих начальных нетерминалов самой верхней грамматики, входящей в НАММ;

– при использовании разработанного алгоритма для решения задач выбора оптимальных (рациональных) вариантов построения РИО ЦКУ возможно, в зависимости от «уровня декомпозиции» путем наложения ограничений на детализацию грамматик в НАММ, решать общую задачу структурно-параметрической оптимизации или локальные задачи оптимизации структуры РИО ЦКУ или входящих в него отдельных подсистем в условиях неопределенности (на основе применения МАИ).

Все это позволяет решать большинство задач структурно-параметрического синтеза РИО ЦКУ рассматриваемого класса, включая как задачи синтеза отдельных подсистем, так и задачи оптимизации структуры РИО ЦКУ в целом, в рамках единой процедуры синтаксического анализа НАММ и использования на отдельных этапах МАИ.

Список литературы

1. Особенности применения атрибутных метаграмматик для формального структурно-лингвистического описания вариантов построения и программ создания сложных систем с расширяемой архитектурой / Атакищев О.И. [и др.] // Телекоммуникации. 2003. № 6. С. 23–32.

2. Математические модели организаций / А.А. Воронин, М.В. Губко, С.П. Мишин, Д.А. Новиков. М.: ЛЕНАНД, 2008.

3. Системы виртуального окружения в задачах реагирования, предотвращения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций / Д.А. Байгозин, Ю.М. Батурин, Т.Н. Борисов [и др.] // Интеллектуальные информационные системы. 2008. № 2.

4. Динер И.Я. Исследование операций. Л.: ВМА, 1969.

5. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений: научно-практическое издание. М.: СИНТЕГ, 1998. Серия «Информатизация России на пороге XXI века».

6. Атакищев О.И. Особенности структурно-лингвистического описания топологии сетей связи для распределенных корпоративных систем безопасности // Телекоммуникации. 2003. № 9. С45–51.

7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: [пер. с англ.]. М.: Радио и связь, 1993.

8. Атакищев О.И., Добросердов О.Г. Особенности применения метаграмматик для формального описания структуры сложных технических систем // Методы и средства систем обработки информации: сб. науч. статей. Курск, 1997. С. 5–14.

9. Кини Р.А., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения: [пер. с англ.]. М.: Радио и связь, 1981.

10. Нечаев Ю. И. Концепция мягких вычислений в бортовых интеллектуальных системах //Информационно-измерительные и управляющие системы. 2009. № 2. Т. 7.

11. Резников Б.А. Системный анализ и методы системотехники. Ч. 1. Методология системных исследований. Моделирование сложных систем: учебник. М., 1990.

12. Новиков Д.А. Математические модели формирования и функционирования команд. М.: Изд-во физ.-мат. лит., 2008.

13. Дюбин Г.Н., Суздаль В.Г. Введение в прикладную теорию игр. М.: Наука; Главная редакция физико-математической литературы, 2009.

14. Формальные грамматики, метаграмматики и грамматические структуры. Их применение при принятии управленческих решений / О.И. Атакищев, С.С. Аджемов, С.Г. Емельянов [и др.]. М.: МТУСИ, 2010. 345 с.

15. Особенности применения нечеткой многоуровневой модификации метода анализа иерархий для определения рационального варианта комплектования регионального центра космических услуг в условиях неопределенности / С.Г. Емельянов [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. № 6 (45). С. 45–50.

16. Нечеткая многоуровневая модификация метода анализа иерархий и способ определения оценок предпочтительности альтернативных вариантов создания сложных систем космического назначения в условиях повышения неопределенности внешней среды / С.Г. Емельянов [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. № 5 (44), ч. 2. С. 50–61.

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

18. Атакищев О.И. Метаграмматики и особенности их применения для формального описания сигналов и протоколов документальных служб связи и передачи данных // Телекоммуникации. 2001. № 10. С. 12.

19. 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: сб. материалов II Всероссийской научно-практической конференции. Домбай, 2007. С. 27–29.

20. Атакищева И.В. Особенности использования структурно-лингвистического метода для решения задач управления в автоматизированных системах обучения иностранному языку // Язык для специальных целей: система, функции, среда: сб. материалов II Всероссийской научно-практической конференции. Курск, 2008. С. 34–35.

21. Атакищева И.В. Особенности использования компьютерных технологий в сфере обучения иностранным языкам в системе высшего профессионального образования // Язык для специальных целей: система, функции, среда: материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Курск, 2010. С. 10–12.

22. Атакищева И.В., Атакищев А.О. Основные принципы создания подсистем управления выбором

стратегий и программ обучения автоматизированным обучающим системам // Образование. Инновации. Качество: материалы IV Международной научно-методической конференции. Курск, 2010. С. 205–207.

23. Атакищева И.В., Емельянов С.Г., Атакищев О.И. Управление выбором стратегий и программ обучения иностранному языку в автоматизированных обучающих системах высшего профессионального образования на основе структурно-лингвистического подхода: монография. М.: Изд-во МТУСИ, 2010. 120 с.

24. Емельянов С.Г., Атакищева И.В. Особенности структурно-лингвистических моделей для описания вариантов реализации сложноструктурированных стратегий автоматизированного обучения английскому языку // Образование. Инновации. Качество: материалы IV Международной научно-методической конференции. Курск, 2010. С. 224–226.

25. Атакищева И.В., Атакищев О.И., Емельянов С.Г. Концептуальная модель управления формированием структуры адаптивных программ и курсов обучения иностранному языку // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия «Технические науки». 2013. № 1 (46). С. 31–35.

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

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

28. 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.

29. 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. all] // Telecommunications and radio engineering. Begell House Inc, USA. 2004. Vol. 62. P. 509–515.

30. 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.: Изд-во МТУСИ. 2010.

31. 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.

32. Атакищева И.В. Общие особенности концептуальной модели процесса управления формированием структуры курсов обучения иностранному языку студентов технических специальностей // Известия Тульского государственного университета. Серия «Технологическая систематика». 2006. Вып.15. С. 23–29.

33. Основные особенности применения метаграмматик для формального описания вариантов сложноструктурированных стратегий автоматизированного обучения / С.Г. Емельянов, О.И. Атакищев, И.В. Атакищева [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Серия «Технологическая систематика». 2006. Вып.15. С. 48–55.

Получено 22.11.13

V.A. Zaichko, the Russian Space Agency (Moscow) (e-mail: aoi007@mail.ru)

STRUCTURAL FEATURES OF THE COMBINED ALGEBRAIC METHOD FOR STRUCTURAL-PARAMETRIC SYNTHESIS OF REGIONAL INNOVATION AND EDUCATIONAL CENTER OF SPACE SERVICES

To select an a variant of synthesis of regional innovation and educational center of space services as a structurally complex organizational and technical system in a rapidly changing operating conditions is proposed to use a combined structural-algebraic method based on the joint use of the theory of the metagrammatik and the analytic hierarchy process Saaty.

***Key words**: regional innovation and education center of space services, combined structural-algebraic approach, theory of metagrammars, analytic hierarchy process Saaty.*

УДК 004.22

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

С.Ю. Капицын, канд. техн. наук, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского (Санкт-Петербург) (e-mail: wolv76@mail.ru)

К.Ю. Рюмшин, канд. техн. наук, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского (Санкт-Петербург) (e-mail: e8@mail.ru)

А.В. Луковкин, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского (Санкт-Петербург) (e-mail: e8@mail.ru)

ВИЗУАЛЬНАЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛИЧНОСТИ

В статье рассматривается вопрос автоматизации процесса идентификации психологических характеристик личности по физиогномическим данным.

***Ключевые слова**: физиогномика, автомат, психологический портрет.*

***

Введение

Физиогномика – целостная система знаний, в которой все черты лица тесно взаимосвязаны с особенностями жизнедеятельности и характерными поведенческими реакциями. Предметом физиогномики является визуальная психодиагностика личностных особенностей на основе оценки внешнего облика и, в первую очередь, лица человека (визуальная – с помощью глаз; психодиагностика – область психологии, разрабатывающая методы выявления и измерения индивидуально-психологических особенностей личности) [1-7]. Физиогномика – определение характера по лицу, самая древняя ветвь человековедения, ее родиной считается Китай. В Китае искусство «сянмиэн» имело и имеет большое прикладное значение [5]. Знание азов физиогномики поможет оперативно и уверенно ориентироваться в многообразии человеческих взаимоотношений, эффективно решать задачи рефлексивного управления объектами и др.

Актуальность

Рост источников фотографической информации порождает массивы доступных сведений об объектах, представляющих интерес для аналитических органов. В настоящее время оперативность является одним из приоритетных требований к информационно-аналитической деятельности, а отсутствие автоматизированных систем идентификации психологических характеристик исследуемого объекта требует значительных временных затрат на естественную интеллектуальную обработку физиогномических данных. Вопросы повышения оперативности обработки персональных сведений об объектах для выявления психологиче-

ских особенностей личности в интересах решения информационно-аналитических задач являются в высшей степени актуальными.

Анализ

В психологии существуют методики, позволяющие оперативно составлять психологический портрет человека. Они применяются как самостоятельно, так и комплексно, открыто и скрыто различными службами в интересах повышения эффективности своей деятельности. Однако на современном этапе степень их автоматизации низка. Это обусловлено трудоемкостью процесса сбора адекватных статистических данных, позволяющих с достаточной степенью полноты описывать психологические особенности личности.

Анализ особенностей существующих методик показал, что все эти техники объединяются в несколько больших групп:

– изучение особенностей невербального поведения или язык тела;

– анализ особенностей вербального общения;

– анализ изучения одежды;

– оперативный графологический анализ;

– анализ черт лица (физиогномика).

В настоящее время процесс изучения и составления первичного портрета наглядно можно представить в виде операционно-временной модели, представленной на рисунке 1.

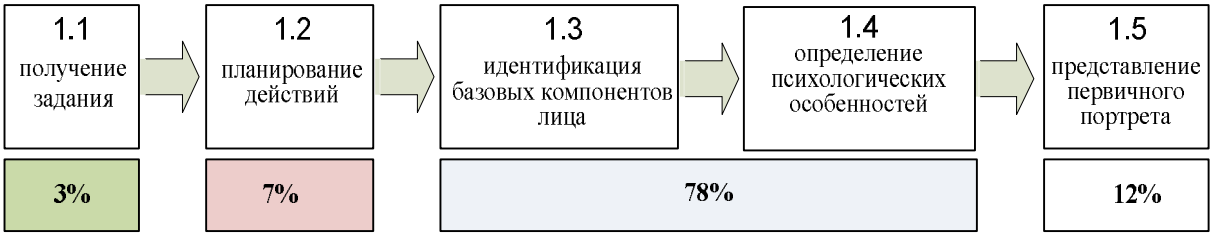


Рис.1. Операционно-временная модель процесса изучения и составления первичного психологического портрета

Анализ этапов процесса изучения и составления первичного психологического портрета показал, что 2/3 оперативного времени приходится на этапы идентификации базовых компонентов лица и определения психологических особенностей объекта исследования.

В целях обеспечения требуемого уровня оперативности определения психологического портрета личности предложен подход к представлению знаний о базовых компонентах лица человека взаимосвязанными моделями словарей физиогномических признаков и статистических психологических характеристик личности, разработке механизма интеллектуальной обработки специальных данных с возможностями автоматического составления целостного психологического портрета.

Система взаимосвязанных моделей словарей специализированных данных представлена в таблице на примере компонента лица – «Брови».

В качестве механизма интеллектуальной обработки специальных данных – интерпретации входных физиогномических признаков в совокупность выходных статистических психологических характеристик личности предлагается использовать автомат-интерпретатор, схема функционирования которого, представлена на рисунке 2.

Система взаимосвязанных моделей словарей специализированных данных

Базовый компонент лица, O_n	Физиогномический признак X_i		Статистическая психологическая характеристика Y_j	
Брови	X_1	Широкие	$У_1$	Прямота, честность, верность, смелость
	X_2	Тонкие	$У_2$	Скромность, застенчивость, консерватизм
	X_3	Длинные	$У_3$	Художественная одаренность, артистизм
	X_4	Короткие	$У_4$	Робость, молчаливость, недоверчивость
	X_5	Кустистые	$У_5$	Подозрительность, чрезмерное самолюбие
	X_6	Сросшиеся	$У_6$	Упорство, настойчивость
	X_7	Высокие	$У_7$	Дальновидность, скрытность, расчетливость

Функционирование интерпретатора удобно представить в терминах конфигурации автомата [7-27], которая включает в себя:

а) состояние управляющего устройства;

б) содержимое входной ленты с положением входной головки;

в) содержимое выходной ленты.

Формальное представление автомата интерпретатора включает систему из 5-ти объектов:

$$M = < Q, X, Y, f, q_0 >, \quad (1)$$

где Q – конечное множество состояний;

X– алфавит входных данных;

Y – алфавит выходных данных;

f – функция переходов, задающее отображение:

$$f : (q_i, x_i) \to (q_j, y_j); \quad (2)$$

$q_0 \in Q$ – начальное состояние.

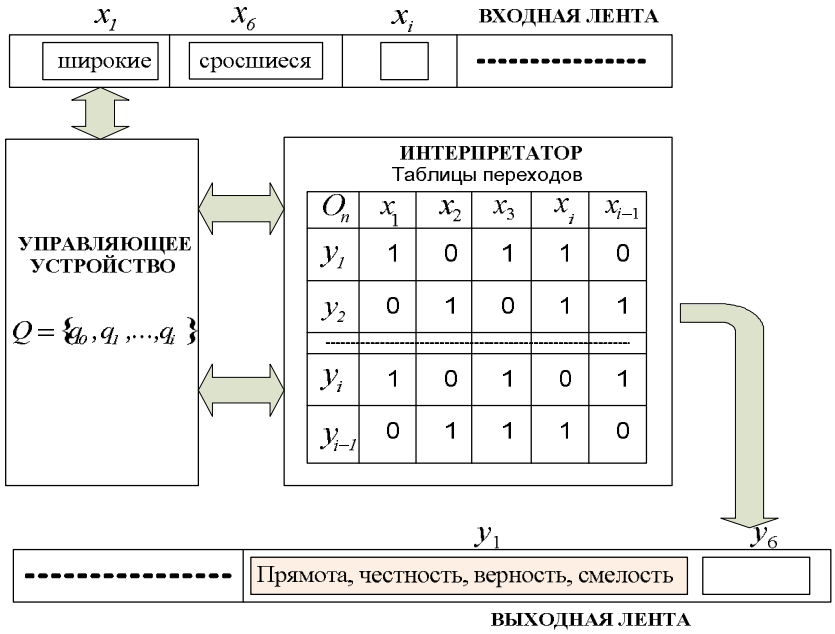


Рис. 2. Схема функционирования автомата-интерпретатора

Методика оперативного составления первичного психологического портрета личности реализована в информационно-аналитической системе – базе знаний с использованием разработанных моделей и механизма их обработки (интерпретации).

Система действий оператора включает следующие этапы:

1. Фотографирование (получение фотографических данных) лица объекта исследования (анфас, профиль).

2. Изучение индивидуальных особенностей частей лица.

3. Определение физиогномических признаков базовых частей лица.

4. Автоматическое выявление психологических особенностей объекта исследования.

5. Представление первичного психологического портрета в виде отчетно-информационного документа.

Следует отметить, что противоречия, существующие в результатах отчетов, работы аналитической системы обусловлены как несовершенством разработанной базы данных, так и противоречием в самой сущности идеи – часть физиогномических признаков заложены на генетическом уровне (форма и размер ушей, носа, глаз), часть формируется на протяжении всей жизни (морщины). Это же накладывает определенные ограничения на объект исследования – европеоидная раса, возраст старше 30 лет. Для лиц другой расы требуется создание кардинально другой базы данных в силу специфических физиогномических особенностей.

В качестве результатов работы информационно-аналитической системы рассмотрим первичный психологический портрет Маршала Советского Союза Георгия Константиновича Жукова (рис. 3).

Первичный психологический портрет Г.К.Жукова ***Выявленные психологические характеристики:*** ум, благородство, властолюбие, трудолюбие, бережливость, аккуратность, эгоистичность, последовательность, целеустремленность, беспринципность, хорошие генетические данные, высокий уровень интеллекта, рассудительность, мужественность, решительность, жесткость, справедливость, упорство, твердость, рассудительность, свободомыслие, непокорность, упрямство, лидерство, прямота, настойчивость, честность, добропорядочность, уравновешенность, высокомерие, неуживчивость, проницательность, талантливость, экстравертность, скрытность, искренность, справедливость, усидчивость, настойчивость, хитрость, общительность, авторитаризм, чрезмерное честолюбие, погруженность в себя (интровертность

Рис. 3. Портрет Г.К. Жукова

Достоверность данного психологического портрета не требует подтверждения.

Апробация аналитической системы проводилась на выставке научно-технического творчества («НТТА–2013»), проходившей с 13 по 15 ноября 2013 года на базе Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского (г.Санкт-Петербург). Составлено 157 оперативных психологических портретов всех желающих, как участников, так и приглашенных на выставку. Результаты поразили – точность выявления психологических характеристик составила 83-94%. Программный продукт был отмечен грамотой «За самый популярный экспонат на выставке НТТА–13».

Вывод

Разработанная методика оперативного составления психологического портрета, ее программная реализация позволяют осуществлять широкий спектр манипуляций с набором физиогномических признаков и выбором психологических характеристик, т. е. оперативно, в течение 4-5 минут, составлять первичный психологический портрет исследуемого объекта. Система может найти применение в качестве имитационно-моделирующего комплекса-тренажера для подготовки специалистов и формирования у них профессиональных навыков оперативного построения психологического портрета, а также для расширения возможностей перспективных аналитических ситуационных центров в интересах различных ведомств и структур.

Список литературы

1. Паршукова Л.П., Карлышев В.М., Шакурова З.А. Физиогномика.

Ростов н/Д.: Феникс, 2004. 384 с. (Серия «Высшее образование»).

2. Равенский Н. Как читать человека. Черты лица, жесты, поза мимика. М.: РИПОЛ классик, 2007. 416 с.

3. Шапарь В.Б. Язык тела и эмоций. Как читать чужие мысли и видеть, что думают другие. Харьков; Белгород: Клуб семейного досуга, 2010. 384 с.

4. Психологическая энциклопедия / под ред. Р. Корсини, А. Ауэрбаха. 2-е изд. СПб.: Питер, 2006.

5. Тимоти Т. Чтение лица, или китайское искусство физиогномики. СПб.: Досуг, 1992. 192 с.

6. Франсис Т. Секреты на лице. Наука физиогномика с иллюстрациями и объяснениями. Харьков: Авангард, 1993.

7. Искусственный интеллект: справочник: в 3 т. / под ред. В.Н. Захарова, Э.В. Попова, Д.А. Поспелова, В.Ф. Хорошевского. М.: Радио и связь, 1990.

8. Галушкин А.И. Современные направления развития нейрокомпьютерных технологий в России [Электронный ресурс]. М.: НЦН, 2000. URL: http://neurnews.iu4.bmstu.ru/primer/galosh.htm.

9. Джексон Питер. Введение в экспертные системы: учеб. пособие: [пер. с англ.]. М.: Издат. дом «Вильямс», 2001. 624 с.

10. Джордж Ф. Люгер. Искусственный интеллект. Стратегии и методы решения сложных проблем М.: Горячая Линия-Телеком, 2007.

11. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен. М.: Мир, 1976. 512 с.

12. Поспелов Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. М.: Наука, 1986. 288 с.

13. Aynsley M., Hofland A., Morris A.J. Artificial intelligence and the supervision of bioprocesses (real-time knowledge-based systems and neural networks) // Adv. Biochem. Eng. Biotechnol. 1993. N. 48. P. 1–27.

14. Azer Bestavros, Kwei-Jay Lin, and Sang Hyuk Son. Real-Time Database Systems: Issues and Applications. Kluwer Academic Publishers, 1997.

15. Bellman R.E., Zadeh L.A. Decision-Making in Fuzzy Environment // Management Science. 1970. Vol. 17, № 4. P. 141–160.

16. Fu H.C., Shann J.J. A fuzzy neural network for knowledge learninglnt // J. Neural Syst. 1994. Vol. 5, N. l. P. 13–22.

17. Kohonen T. Self-Organizing. Maps Springer, 1995.

18. Fromherz M., Muñoz-Avila H. Deployed Innovative Applications of Artificial Intelligence AI Magazine Volume Thirty-Four (2013)34(1): Spring 2013, 8.

19. Shapiro D., Fromherz M. Introduction to the Special Issue Innovative Applications of Artificial Intelligence AI Magazine Volume Thirty-Three (2012), 33(2): Summer 2012, 13.

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

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

22. 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.

23. 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. all] // Telecommunications and radio engineering. Begell House Inc, USA. 2004. Vol. 62. P.509-515.

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

25. Атакищев О.И. Метаграмматики и особенности их применения для формального описания сигналов и протоколов документальных служб связи и передачи данных // Телекоммуникации. 2001. № 10. С. 12.

26. 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.: Изд-во МТУСИ, 2010.

27. Fu K.S. Syntactic pattern recognition and applications. Englewood Cliffs. NJ: Plentice-Hall, 1982.

Получено 10.12.13

O.I. Atakishchev, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (email: aoi007@mail.ru)

S.Y. Kapitsyn, Candidate of Sciences, Military space Academy named after A.F.Mozhaisky (St.-Petersburg) (e-mail: wolv76@mail.ru)

K.YU. Ryumshin, Candidate of Sciences, Military space Academy named after A.F.Mozhaisky (St.-Petersburg) (e-mail: e8@mail.ru)

A.V. Lukovkin, Military space Academy named after A.F.Mozhaisky (St.-Petersburg) (e-mail: e8@mail.ru)

VISUAL PRELIMINARY PSYCHOLOGICAL ASSESSMENT OF PERSONALITY

The article deals with automation of the process of identification of psychological characteristics of personality on physiognomic data.

***Key words**: physiognomy, automatic, a psychological portrait.*

УДК 004.031.42

И.В. Прохоров, канд. техн. наук, доцент, директор института инновационного менеджмента, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (Москва) (e-mail: ivprokhorov@mephi.ru)

А.Э. Мысев, аспирант, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (Москва) (e-mail: almys@mail.ru)

ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ МУЛЬТИКРИТЕРИАЛЬНЫХ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ НЕЯВНЫЕ ОЦЕНКИ

В статье кратко рассмотрены основные подходы, использующиеся при создании мультикритериальных рекомендательных систем, основанных на неявных оценках.

***Ключевые слова**: Интернет, рекомендательная система, неявные оценки, коллаборативная фильтрация, мультикритериальные оценки.*

***

Рекомендательные системы – тип систем, которые предоставляют пользователям персонифицированные рекомендации по объектам (товарам или услугам), которые могли бы заинтересовать пользователей Интернета. В настоящее время такие системы становятся востребованными, так как по причине растущего объема информации в сети «Интернет» пользователям не всегда представляется возможным найти необходимую им информацию в кратчайшие сроки. Используя возможности рекомендательных систем, пользователи тратят значительно меньше времени на поиск определенного товара или услуги.

Классификация рекомендательных систем обычно разбивает их на 3 категории:

– основанные на фильтрации содержимого (*content-based*);

– коллаборативные (*collaborative*);

– гибридные (*hybrid*) [1].

При фильтрации содержимого рекомендации строятся на основе характеристик объекта и оценки пользователем этого объекта.

При коллаборативной фильтрации рекомендации строятся на основе близости оценок других пользователей оценкам рассматриваемого пользователя.

При гибридной фильтрации обычно комбинируются эти два метода.

Коллаборативная фильтрация считается самым популярным методом предоставления рекомендаций [3]. Однако большинство рекомендательных систем, основанные на данном методе, используют непосредственно рейтинги, напрямую полученные от пользователей, т.е. явные оценки (*explicit feedback*). Примерами такого рода оценок являются, например, выставление рейтинга товару пользователем или обзор фильма. Большинство современных исследований в области рекомендательных систем [1, 7, 8] направлены именно на область обработки явных оценок.

Получение явных оценок от пользователей не всегда возможно, так как система могла быть запущена недавно и в ней не имеется каких-либо данных о рейтингах объектов, или нет достаточного количества оценок, чтобы определить предпочтения пользователя, или пользователь может давать оценки, не соответствующие его реальным предпочтениям. В таком случае используются данные, которые получены от пользователей ненапрямую, т.е. неявные оценки (*implicit feedback*). Неявные оценки состоят из данных о взаимодействии пользователя с системой, например: время, проведенное на странице объекта, количество переходов на страницу объекта, история просмотров веб-страницы и т.д., т.е. пользователь напрямую не сообщает информацию о своих предпочтениях. Существует множество подходов, использующихся в тех случаях, когда недоступны рейтинги объектов, но в данной статье рассматриваются только подходы в области мультикритериальных рекомендательных систем.

Рекомендательная система, основанная на мультикритериальных оценках, использует в качестве исходных данных не общую оценку объекта пользователем, а составную из нескольких оценок. Например, пользователь оценил фильм на 6 баллов из 10 (общая оценка), но на самом деле эта оценка является составной из оцененного им сюжета в 8 баллов и оцененным уровнем игры актеров в 4 балла. Дополнительная информация, которую предоставляют мультикритериальные оценки, может помочь в улучшении качества рекомендаций, так как она представляет более сложные предпочтения каждого пользователя [1].

Эвристические подходы

Вычисление коэффициента корреляции Пирсона или вычисление косинуса угла между векторами являются основными подходами. Но в мультикритериальных системах в привычном виде их нельзя использовать, так как для каждой пары пользователь-товар (u, i) существует $k + 1$ мультикритериальных оценок [1, 6]. В этом случае вычисляется похожесть между пользователями по каждому отдельному критерию, а затем вычисляется общая похожесть путем агрегирования $k + 1$ отдельных значений.

Подход с построением матрицы псевдорейтингов

Рассмотрим факты покупки пользователями определенных товаров. В простой матрице псевдорейтингов, если пользователь u купил товар i, то в соответствующей ячейке таблицы ставится значение рейтинга 1. Например, пользователь A купил товары 1 и 2, пользователь B купил товар 3, а пользователь C купил товары 2 и 3. В самом простом случае методом k-ближайших соседей [4]

вычисляются пользователи, которые наиболее близки по предпочтениям к тому пользователю, для которого нужно предоставить рекомендацию. Однако, насколько изменится точность рекомендации, если будут известны данные о времени старта продаж всех товаров и времени покупки пользователями этих товаров? В [3] доказано, что, если добавить в матрицу псевдорейтингов предложенные данные, точность рекомендаций вырастает на 46% при использовании коэффициента корреляции Пирсона как меры схожести, в отличие от того, если бы эти данные не учитывались (т.е. при обычной коллаборативной фильтрации). В случае данного исследования это доказывает, что на текущие предпочтения пользователя больше влияют недавние покупки и то, что товары, поступившие в продажу недавно, пользуются большим спросом у пользователей системы.

Подход с использованием агрегатной функции

Данный подход состоит из нескольких этапов: мультикритериальная оценка размерности k декомпозируется в k индивидуальных оценок. Затем вычисляются приблизительные значения k индивидуальных оценок. Выбирается агрегатная функция f с помощью статистических методов. В итоге общая оценка каждого неоцененного объекта вычисляется на основе k индивидуальных оценок и выбранной агрегатной функцией.

Подход с использованием вероятностного моделирования

Примером этого подхода служит работа [9], в которой описана модель *FMM* (*Flexible Mixture Model*). Все параметры модели вычисляются, используя *EM*-алгоритм, затем, используя полученные параметры, общий рейтинг неизвестного объекта предсказывается как наиболее вероятное значение. Подход был расширен для работы с мультикритериальными оценками.

Подход с использованием множественного сингулярного разложения (*MSVD*)

В отличие от *SVD*-методов, метод *MSVD* используется для обработки мультикритериальных оценок. В работе [10] результаты использования данного подхода помогли определить связи между пользователями, объектами и оценками, а также определить ближайших соседей каждого пользователя. Результаты показали, что *MSVD*-подход на 5% эффективнее, чем традиционная модель, которая основывается на общих оценках.

Приведенные выше подходы используются для построения различных рекомендательных систем, использующих неявные оценки как основной источник исходных данных. Однако нельзя не отметить, что многие исследователи в этой области сходятся во мнении, что на текущий момент неявные оценки в большинстве рекомендательных систем существуют как дополнение к результатам, полученным от анализа явных пользовательских оценок.

Список литературы

1. Francesco Ricci, Lior Rokach, Bracha Shapira, Paul B. Kantor. Recommender Systems Handbook. Springer Science+Business Media, LLC, 2011.

2. Douglas W. Oard, Jinmook Kim. Implicit Feedback for Recommender Systems. Technical Report WS-98-08. AAAI Press, 1998.

3. Lee T.Q., Park Y. A Time-based Recommender System using Implicit Feedback // Expert Systems with Applications. 2008. Vol. 34. P. 3055–3062.

4. Denis Parra, Alexandros Karatzoglou, Xavier Amatriain. Implicit Feedback Recommendation via Implicit-to-Explicit Ordinal Logistic Regression Mapping // In Proc. Of CARS-2011. Workshop, 2011.

5. Thorsten Joachims, Laura Granka, Bing Pan, Helene Hembrooke, Filip Radlinski, Geri Gay. Evaluating the Accuracy of

Implicit Feedback from Clicks and Query Reformulations in Web Search // ACM Transactions on Information Systems. 2007. Vol. 25, No. 2. Article 7.

6. Palanivel K., Sivakumar R. A Study on Implicit Feedback in Multicriteria E-Commerce Recommender System // Journal of Electronic Commerce Research. 2010. Vol. 11, No. 2. P. 140–156.

7. Yifan Hu, Yehuda Koren, Chris Volinsky. Collaborative Filtering for Implicit Feedback Datasets. IEEE CS Press, 2008. C. 263–272.

8. Marco Tulio Ribeiro, Anisio Lacerda, Edleno Silva de Moura, Imatar Hata, Adriano Veloso, Nivio Ziviani. Multi-Objective Pareto-Efficient Approaches for Recommender Systems. ACM Trans. Intell Syst. Technol. 9, 1, Article 1. 2013. 20 c.

9. Sahoo N., Krishnan R., Duncan G., Callan J.P. Collaborative filtering with Multi-component Rating for Recommender Systems // In Proc. Of the 16th Workshop on Information Technologies and Systems. Milwaukee, WI, 2006.

10. Li Q., Wang C., Geng G. Improving Personalized Services in Mobile Commerce by a Novel Multicriteria Rating Approach // In Proc of 17 International WWW Conference. Beijing, China, 2008.

Получено 12.12.13

I.V. Prokhorov, Candidate of Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Innovation Management, National Research Nuclear University «MEPhI» (Moscow)
(e-mail: ivprokhorov@mephi.ru)

A.E. Mysev, Post-Graduate Student, National Research Nuclear University «MEPhI» (Moscow)
(e-mail: almys@mail.ru)

APPROACHES TO BUILDING MULTICRITERIA RECOMMENDER SYSTEMS BASED ON IMPLICIT FEEDBACK

In this paper we review main approaches to building recommender systems based on implicit feedback and multicriteria ratings.

***Key words**: Internet, recommender system, implicit feedback, collaborative filtering, multicriteria ratings.*

УДК 528.7, 528.74

В.Г. Андронов, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: vladiA58@mail.ru)

АПРИОРНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОСМИЧЕСКОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СЪЁМКИ

Получены аналитические соотношения, позволяющие выполнить априорную количественную оценку соответствия планируемых ракурсов и траекторий космической оптико-электронной съёмки требуемому качеству получаемых изображений.

***Ключевые слова:** оптико-электронная сканирующая система, качество снимков, сдвиг изображения, смаз изображения, скорость движения изображения.*

***

В настоящее время с появлением оптико-электронных сканирующих систем (ОЭСС) высокого и сверхвысокого разрешения, способных выносить линию визирования вдоль, перпендикулярно и поперёк трассы КА за счёт трёхосных угловых разворотов, резко возросла производительность космической сканерной съёмки [1]. Наряду с объектовым режимом и постоянным ракурсом наблюдения для ОЭСС стали доступны режимы маршрутной и площадной съёмки с длительностью включения до единиц минут, характеризующиеся сложной траекторией и конфигурацией. Вследствие этого существенно усложнилась и приобрела

динамический характер геометрия съёмки, что обусловливает необходимость учёта при её планировании не только геометрических, но и пространственно-частотных, кинематических и информативных характеристик сканерных изображений [2]. Эти обстоятельства диктуют острую потребность предварительного моделирования планируемых режимов и траекторий съёмки с целью оценки возможности их осуществления с заданным качеством. В этой связи тема статьи, связанная с разработкой технологии априорной оценки возможности и качества оптико-электронной съёмки, представляется актуальной.

Основные термины и определения

Известно, что качество сканерных изображений, получаемых в режиме временной задержки и накопления (ВЗН) зарядовых пакетов (ЗП) матрицами приборов с зарядовой связью (ПЗС), в определяющей степени зависит от согласованности параметров поступательного и углового движения ОЭСС с характеристиками этого режима [3]. В процессе съёмки для получения высококачественного изображения осуществляется программное трёхосное угловое движения КА, и за счёт этого обеспечиваются следующие известные требования [4-6] к значениям продольной $V_x^{ЗП}(x,y)$ и поперечной $V_y^{ЗП}(x,y)$ составляющих скорости движения (СД) ЗП в главной точке фокальной плоскости (ФП), расположенной в геометрическом центре линеек матриц ПЗС:

$$V_x(t) = V_x^{ЗП}(x,y)\,|\,(x=y=0) = V_{ном} = \text{const};\quad (1)$$

$$V_y(t) = V_y^{ЗП}(x,y)\,|\,(x=y=0) = 0, \quad (2)$$

где x, y – координаты ЗП в цикле ВЗН в системе координат ФП Oxy.

В ГОСТе по фотограмметрии [7] понятие качества сканерных изображений отсутствует, за исключением термина «сдвиг» изображения, формализация которого в силу наличия в тексте общих фраз не представляется возможной. В этой связи для получения инструментария априорной оценки возможности оптико-электронной съёмки заданных территорий с требуемым качеством введём следующие термины и определения (рис.).

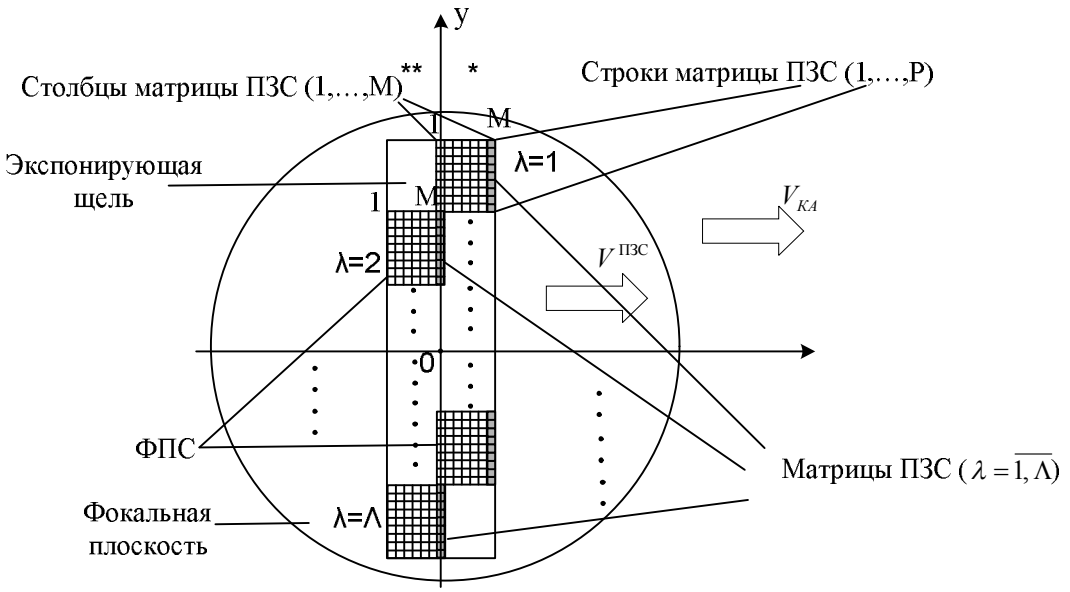


Рис. Структура ФП ОЭСС

Определение 1.

Матрицы ПЗС, расположенные в шахматном порядке вдоль экспонирующей щели, образуют конгруэнтные прямоугольные структуры, которые в соответствии с порядковыми номерами обра-

зующих их матриц называются линейками матриц ПЗС нечётного * и чётного ** ряда.

Определение 2.

Фоточувствительные элементы на ПЗС, образующие строки и столбцы матриц ПЗС, будем называть датчиками ПЗС.

Определение 3.

Формирующими краями линеек матриц ПЗС называются виртуальные линии, проходящие через геометрические центры датчиков последних столбцов М матриц ПЗС нечётного и чётного ряда, которые в системе координат ФП имеют абсциссы $x - x^{*}, x - x^{**} - 0$. В геометрическом аспекте формирующие края позиционируют координаты точек пересечения связки проектирующих лучей (СПЛ) с ФП ОЭСС в моменты, а во временном – моменты окончание циклов ВЗН и формирования строк маршрута изображения.

Определение 4.

Тактовое время $\tau_т$ съёмки – интервал времени между моментами формирования строк маршрута изображения. Тактовое время съёмки в цикле ВЗН определяет интервал времени прохождения ЗП от одного датчика к другому по строкам матриц ПЗС.

Определение 5.

Длительность $\tau_М = M \cdot \tau_т$ цикла ВЗН ЗП – интервал времени прохождения ЗП по строкам матриц ПЗС от первых m=1 до последних m=M столбцов, с которых ЗП считываются в бортовое запоминающее устройство.

Определение 6.

Сдвиг $\Delta x, \Delta y$, $(\Delta k, \Delta n)$ сканерного изображения – изменение положений пикселей по метрическим x, y (пиксельным k,n) осям их геометрической структуры в маршруте сканерного изображения вследствие зависимости продольной и поперечной составляющих СД ЗП от координат датчиков ПЗС в системе отсчёта ФП ОЭСС, что проводит к отклонению скоростей и траекторий движения ЗП в строках матриц ПЗС в конце цикла ВЗН.

Определение 7.

Смаз $\Delta x^{\pm}, \Delta y^{\pm}$ сканерного изображения – величина сдвига на краях y^{+}, y^{-} линеек матриц ПЗС.

Основные формулы для оценки смаза сканерных изображений

Поскольку величина составляющих СД ЗП зависит не только от положения датчиков в линейках матриц ПЗС, но и от ракурса и угловых скоростей движения КА на интервалах циклов ВЗН и съёмки в целом [4-6], условия (1) – (2) выполняются строго только в центре фотоприёмной структуры (ФПС) ОЭСС. При этом по мере удаления датчиков ПЗС от центра ФПС начинает отклоняться от значения номинальной $V_{ном}$ продольная составляющая $V_x^{ЗП}(x, y)$ СД ЗП по оси x, возникает и увеличивается поперечная составляющая $V_y^{ЗП}(x, y)$ по оси y. Это при определённых ракурсах и траекториях съёмки приводит в первом случае к уменьшению длительности цикла ВЗН и снижению разрешающей способности ОЭСС, а во втором – к изменению резкости, контрастности и яркости формирующегося маршрута изображения, что всё вместе обусловливает размытость формирующегося на краях линеек матриц ПЗС изображения, которая и называется смазом. В ряде случаев уровень смаза может быть такой, что полученные в этих условиях материалы съёмки оказываются непригодны к обработке.

Для организации априорного контроля качества маршрута изображения при планируемых ракурсах и маршрутах съёмки получим связь между значениями составляющих $V_x^{ЗП}(x, y^{\pm})$, $V_y^{ЗП}(x, y^{\pm})$ СД ЗП на краях линеек матриц ПЗС и допустимыми значениями $\Delta x^{\pm}, \Delta y^{\pm}$ смаза космических сканерных изображений.

Из определения 6 следует, что

$$\Delta x^{\pm} = \left| V_x^{ЗП}(x, y^{\pm}) - V_{ном} \right| \cdot \tau_М;\ \Delta y^{\pm} =$$

$$= V_y^{\text{ЗП}}(x, y^{\pm}) \cdot \tau_{\text{М}}. \quad (3)$$

Учитывая определения 4-5, получим

$$\tau_{\text{М}} = \tau_{\text{т}} \cdot \text{М}; \; \tau_{\text{т}} = \Delta l_x / V_{\text{ном}}. \quad (4)$$

Подставив (4) в (3), имеем

$$\Delta x \pm \text{доп} =$$

$$= (|V_x^{\text{ЗП}}(x, y^{\pm}) - V_{\text{ном}}| / V_{\text{ном}}) \cdot \Delta l_x \cdot \text{М}; \quad (5)$$

$$\Delta y^{\pm}\text{доп} = (V_y^{\text{ЗП}}(x, y^{\pm}) / V_{\text{ном}}) \cdot \Delta l_y \cdot \text{М}, \quad (6)$$

где Δl_x, Δl_y – размеры датчика ПЗС по осям x и y.

Обозначив

$$(|V_x^{\text{ЗП}}(x, y^{\pm}) - V_{\text{ном}}| / V_{\text{ном}}) = \Delta_x{}^{\pm}\text{доп};$$
$$(V_y^{\text{ЗП}}(x, y^{\pm}) / V_{\text{ном}}) - \Delta_y{}^{\pm}\text{доп},$$

имеем

$$\Delta_x{}^{\pm}\text{доп} = \Delta x^{\pm} / (\Delta l_x \cdot \text{М}); \; \Delta_y{}^{\pm}\text{доп} =$$
$$= \Delta y^{\pm} / (\Delta l_y \cdot \text{М}). \quad (7)$$

Поскольку значения составляющих смаза намного меньше единицы, их удобно выражать в процентах.

С учётом этого окончательно получим

$$\Delta_x{}^{\pm}\text{доп} \le \Delta x^{\pm} / (\Delta l_x \cdot \text{М}) \cdot 100\%, \quad (8)$$

$$\Delta_y{}^{\perp}\text{доп} \le \Delta y^{\pm} / (\Delta l_y \cdot \text{М}) \cdot 100\%. \quad (9)$$

Например, если необходимо, чтобы при числе М=128 столбцов матриц ПЗС (тактов накопления ЗП) величина смаза не превышала одного пикселя, то абсолютные и относительные значения соответственно составляющих $V_y^{\text{ЗП}}(x, y^{\pm})$ и $V_x^{\text{ЗП}}(x, y^{\pm})$ на краях линеек матриц ПЗС не должны превышать 0,8% от значения $V_{\text{ном}}$; при допустимом смазе в 10 пикселей – 8% и т.д. С учётом полученных соотношений будем считать, что планируемые режимы оптико-электронной съёмки возможны и выполнимы, если на всём интервале включения съёмочной аппаратуры, кроме (1)–(2), выполняются и дополнительные условия (8)–(9). Все аналитические соотношения, необходимые для расчёта значений составляющих $V_y^{\text{ЗП}}(x, y^{\pm})$, $V_x^{\text{ЗП}}(x, y^{\pm})$ и $V_{\text{ном}}$, можно найти в работах [8-13].

Список литературы

1. Космическая съемка — на пике высоких технологий [Электронный ресурс]: матер. III Междунар. конф. / Компания «Совзонд». Электрон. дан.: М.: Компания «Совзонд», 2009. URL: http://www.sovzondconference.ru/, свободный.

2. Титаров П.С. Практические аспекты фотограмметрической обработки сканерных космических снимков высокого разрешения. ГИС-Ассоциация // Информационный бюллетень. 2004. № 3 (45). С. 25–26.

3. Батраков А.С. Общая модель для расчета и анализа скорости сдвига оптического изображения при съемке земной поверхности // Исследование Земли из космоса. 1989. № 4. С. 54–58.

4. Кузнецов П.К., Семавин В.И., Солодуха А.А. Методика уменьшения смаза изображения, получаемого при съемке Земли из космоса // Моделирование и оптимизация динамических систем и систем с распределенными параметрами. Математические модели в информационных технологиях. Математическое моделирование и краевые задачи: тр. Второй Всерос. научной конференции. Самара, 2005. Ч. 2. С. 153–156.

5. Бутырин С.А. Синтез маршрута космического аппарата наблюдения Земли с выравниванием продольной составляющей скорости движения изображения // Вестник СамГТУ. Серия «Технические науки». 2005. Вып. 37. С. 128-134.

6. Петрищев В.Ф. Оптимальное сканирование космическим аппаратом поверхности Земли: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. у-та, 2007. 96 с.

7. ГОСТ Р 51833-2001. Фотограмметрия. Термины и определения. М., 2001.

8. Общая модель скорости движения космических сканерных изображений в инерциальном пространстве / В.Г. Андронов, И.А. Клочков, Е.В. Лазарева,

Т.В. Мордавченко // Известия вузов. Серия «Геодезия и аэрофотосъёмка». 2010. № 4. С. 58–61.

9. Андронов В.Г., Волобуев Ю.Н., Заичко В.А. Модель дрейфа связки проектирующих лучей в фокальной плоскости оптико-электронной сканирующей системы // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия «Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение». 2013. № 1. С. 166–171.

10. Андронов В.Г., Клочков И.А., Мордавченко Т.В. Формирование угловых параметров космической сканерной съёмки в режимах трёхосного программного управления осью визирования КА // Известия вузов. Серия «Геодезия и аэрофотосъёмка». 2010. № 6. С. 43–47.

11. Андронов В.Г., Волобуев Ю.Н. Кинематическая модель углового движения связки проектирующих лучей в оптико-электронной сканирующей системе // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия «Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение». 2012. № 2. Ч. 3. С. 218–222.

12. Андронов В.Г. Построение макетных снимков местности для оптико-электронных сканирующих систем // Известия вузов. Серия «Геодезия и аэрофотосъёмка». 2013. № 5. С. 56–62.

13. Андронов В.Г. Теоретические основы геоорбитального моделирования космических сканерных изображений высокого разрешения: монография / Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2012. 260 с.

Получено 14.11.13

V.G. Andronov, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: vladiA58@mail.ru)

A PRIORI ESTIMATE FOR THE QUALITY OF THE SPACE OPTICAL-ELECTRONIC IMAGERY

The author describes deduced analytical relations allowing to perform a priori quantitative estimation of conformity between planned angles and paths of the space optical-electronic imagery with required quality of resulting images.

Key words: *optical-electronic scanning system, quality of images, image blur, image displacement, image velocity.*

УДК 004.9

Д.В. Титов, канд. техн. наук, старший преподаватель, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: amazing2004@inbox.ru)

И.И. Шуклин, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ (Курск) (тел.: (4712)58-87-66)

А.М. Шлык, инженер-программист, ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ (Курск) (тел.: (4712)58-87-66)

С.П. Ющенко, д-р техн. наук, главный научный сотрудник, ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ (Курск) (тел.: (4712)58-87-66)

БЕЗЫЗБЫТОЧНОЕ ПОКРЫТИЕ УЧАСТКА МЕСТНОСТИ ОПОРНЫМИ ИЗОБРАЖЕНИЯМИ ПРИ ГЕОКОДИРОВАНИИ МАТЕРИАЛОВ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Осуществлена формализация задачи выбора опорных изображений для геокодирования материалов аэрокосмической съемки земной поверхности. Предложен обобщенный алгоритм ее решения, обеспечивающий сокращение временных затрат на реализацию процесса в наземных центрах приема и обработки аэрокосмических изображений.

Ключевые слова*: аэрокосмические изображения, поиск опорных изображений, безызбыточное покрытие.*

***

Геокодирование и ортотрансформирование материалов аэрокосмической съемки земной поверхности в фотограмметрических системах часто предусматривает использование опорных изображений. Они представляют собой ранее полученные снимки той же местности, каждой точке которых поставлены в соответствие геодезические координаты. Отождествление на опорных и текущих аэрокосмических изображениях (АКИ) характерных точек местности (опорных точек) обеспечивает возможность решения рассматриваемых фотограмметрических задач [1, 2].

Изображения, выбираемые в качестве опорных, должны соответствовать требованиям выполняемой фотограмметрической обработки материалов текущей съемки местности. Это касается уровня разрешения, точности определения координат, сезонности съемки и т.п. Кроме того, опорные изображения – в зависимости от особенностей выполняемой фотограмметрической обработки АКИ, характера рельефа (равнинная, холмистая или горная местность) в районе съемки и т.п. – должны обеспечивать полное или частичное покрытие искомого участка местности [2].

В силу того, что аэрокосмический мониторинг Земли осуществляется на постоянной основе, в базах данных центров приема и обработки АКИ скопилось большое число изображений одних и тех же участков местности. Все чаще требуется геокодирование или ортотрансформирование АКИ на значительные территории. Указанные факторы определяют, что выполнение фотограмметрической обработки требует формирования мозаики опорных изображений, состоящей из целого ряда разновременных АКИ [3]. Это существенно усложняют выбор опорных АКИ, удовлетворяющих требованиям фотограмметрической обработки и обеспечивающих необходимый вид покрытия искомого участка местности.

Известные подходы к выбору опорных АКИ предусматривают непосредственное участие оператора в этом процессе. В их основе лежит последовательное извлечение из базы данных имеющихся изображений искомого участка местности, визуальное оценивание их характеристик и принятие решения о возможности их использования по назначению [1, 4].

Субъективизм, отсутствие у некоторых операторов достаточного опыта определяют, что эти подходы не всегда позволяют оперативно получить необходимый вид покрытия участка местности изображениями с требуемыми характеристиками [3]. Иногда подобная организация выбора опорных АКИ приводит к существенной избыточности опорной информации [6]. Кроме того, уже при наличии в базе данных 7-10 разновременных изображений требуемого участка местности выбор опорных АКИ может занимать до нескольких десятков минут. При числе таких АКИ, достигающем 30 и более, процедура становится чрезвычайно длительной и трудоёмкой. Необходима организация выбора опорных АКИ в центрах приема и обработки АКИ, предусматривающая минимизацию участия оператора в этом процессе и сокращение временных затрат на его реализацию.

Целью настоящей статьи является формализация задачи выбора опорных изображений для геокодирования и ортотрансформирования материалов аэрокосмической съемки местности и разработка схемы ее решения.

Задачу будем рассматривать как формирование безызбыточного покрытия заданного участка местности изображениями, характеристики которых соответствуют требованиям выполняемой фотограмметрической обработки материалов аэрокосмической съемки.

Под безызбыточным покрытием заданного участка местности будем понимать мозаику, составленную из его раз-

новременных аэрокосмических изображений, обеспечивающую полное покрытие его территории. Каждое из изображений в мозаике, обеспечивая покрытие некоторого фрагмента заданного участка местности, должно соответствовать требованиям фотограмметрической обработки АКИ. В предельном случае такая мозаика может состоять из единственного изображения, обеспечивающего полное покрытие заданного участка местности.

В качестве необходимого условия формирования безызбыточного покрытия будем рассматривать наличие в базе данных таких АКИ, которые в совокупности обеспечивают полное покрытие заданного участка местности. В качестве достаточного условия – существование хотя бы одного варианта состава АКИ в мозаичном покрытии искомого участка местности, в котором каждое изображение по своим характеристикам соответствует требованиям выполняемой фотограмметрической обработки.

Наконец, заметим, что требование частичного (требуемого вида) покрытия опорными изображениями искомого участка местности может быть выполнено путем формирования безызбыточных покрытий для заданных его фрагментов.

Теперь пусть существует база данных, содержащая множество D изображений земной поверхности мощностью M. Каждому изображению из D соответствуют метаданные, всю совокупность которых содержит множество

$$Md = \{W_m\},\ m \in [1, M].$$

Каждое изображение из D данных будем характеризовать множеством G_i, $i \in [1, M]$ точек местности, покрываемой данным АКИ, каждой из которых в соответствие поставлены геодезические координаты.

Другие характеристики АКИ представим в виде множества

$$W = \{w_u\},\quad u \in [1, U],$$

где U – количество используемых характеристик.

При этом будем считать, что изображение, выбираемое в качестве опорного, удовлетворяет требованиям выполняемой фотограмметрической обработки, если значения каждого элемента w_u множества W окажутся в соответствующих интервалах допустимых значений $[w_{u\min},\quad w_{u\max}]$.

Теперь формирование безызбыточного покрытия заданного участка местности опорными АКИ, удовлетворяющими требованиям выполняемой фотограмметрической обработки, может рассматриваться как нахождение подмножества D_o множества D, для которого выполняется следующее условие:

$$\begin{cases} \exists G_0 : G_T \subseteq G_0; \\ \forall w_u \in W : w_u \in [w_{u\min},\quad w_{u\max}], u \in [1,\quad U], \end{cases} \qquad (2)$$

где G_0 – множество точек местности, покрываемой мозаикой изображений, составленной из D_o, которым в соответствие поставлены геодезические координаты;

G_T – множество точек в границах полигона, ограничивающего требуемый участок местности, каждой из которых в соответствие поставлены геодезические координаты.

Практика геокодирования и ортотрансформирования материалов съемки местности известными методами показывает, что при выборе i-го АКИ для использования в качестве опорного, наряду с обеспечиваемым им покрытием G_i местности, наиболее значимыми являются следующие характеристики:

– дата, сезон съёмки;

– пространственное разрешение;

– точность координатной привязки;

– координаты границ облачности на АКИ.

Представим эти характеристики АКИ в виде

$$W = \{\tau, \quad R, \quad \sigma, \quad O\}, \qquad (3)$$

где τ – сведения, характеризующие дату или сезон съёмки; данная характеристика имеет существенное значение, поскольку на разносезонных опорном и текущем АКИ достаточно сложно идентифицировать точки местности (опорные точки); кроме того, с течением времени элементы местности претерпевают существенные изменения;

$R = \{r_x, r_y\}$ – параметры пространственного разрешения АКИ по осям абсцисс и ординат; не теряя общности, можно принять $r_x = r_y$;

σ – ошибка географической привязки опорного изображения, определяющая точность привязки формируемого геокодированного или ортотрансформированного АКИ;

$O = \{O_k\}$– параметры облачности на изображении, $k = 1, \ldots, K$, K – количество объектов «облачность» на снимке, $O_k = \{Ot_k \quad Op_k\}$, Ot_k – характеристика типа облачности, принимающая значения: 0 – облака отсутствуют, либо существенно не влияют на дешифровочные свойства АКИ; 1 – облака не сплошные (например, перистые облака); 2 – сплошная облачность (например, грозовой фронт); Op_k – множество геодезических координат точек местности в границах полигона, соответствующего *k*-му объекту «облачность» на АКИ.

На примере этих характеристик, а также с использованием покрытия G_i рассмотрим критерии отбора АКИ из базы данных для использования в мозаике опорных изображений при фотограмметрической обработке материалов съемки некоторого участка местности.

Критерий 1

Изображение может использоваться при формировании мозаики опорных изображений, если выполняется условие

$$G_T \bigcap G_i \neq 0, i \in [1, M]. \qquad (6)$$

Критерий 2

Участок изображения может использоваться при формировании мозаики опорных изображений, если выполняется условие

$$Ot_k \leq Ot_T, \qquad (7)$$

где Ot_T – минимально необходимый тип объекта «облачность», позволяющий использовать участок изображения в качестве опорного при геокодировании или ортотрансформировании материалов аэрокосмической съемки заданного участка местности.

При этом существуют следующие ограничения на использование участка АКИ в качестве опорного:

$Ot_k = 0$ – всегда используется;

$Ot_k = 1$ – используется в зависимости от ограничений применяемого метода геокодирования или ортотрансформирования;

$Ot_k = 2$ – не используется.

Следует отметить, что если изображение, рассматриваемое на предмет использования его в качестве опорного, покрыто более чем на 80 % объектами типа «облачность», не соответствующими (7), то оно исключается при формировании мозаики опорных изображений.

Критерий 3

Изображение может использоваться при формировании мозаики опорных изображений, если время его съемки принадлежит требуемому интервалу:

$$\tau \in [\tau_{T\min}, \quad \tau_{T\max}],$$

где $\tau_{T\min}$ и $\tau_{T\max}$ – нижняя и верхняя границы требуемого временного интервала.

Критерий 4

Изображение может использоваться при формировании мозаики опорных

изображений, если значения его пространственного разрешения соответствуют требованиям выполняемой фотограмметрической обработки материалов аэрокосмической съемки местности:

$$\begin{cases} r_x \in \left[r^T_{x\min}, \quad r^T_{x\max} \right] \\ r_y \in \left[r^T_{y\min}, \quad r^T_{y\max} \right] \end{cases}, \qquad (9)$$

где $r^T_{x\min}$, $r^T_{y\min}$, $r^T_{x\max}$ и $r^T_{y\max}$ – нижние и верхние границы требуемого интервала пространственного разрешения по осям абсцисс и ординат.

Критерий 5

Изображение может использоваться при формировании мозаики опорных изображений, если ошибка его географической привязки меньше либо равна требуемой:

$$\sigma \le \sigma_T, \qquad (10)$$

где σ_T – требуемая величина ошибки географической привязки АКИ.

Введенные критерии отбора опорных АКИ образуют следующую систему:

$$\begin{cases} G_T \bigcap G_i \neq 0; \\ Ot_k \le Ot_T; \\ \tau \in \left[\tau_{T\min}, \quad \tau_{T\max} \right]; \\ r_x \in \left[r^T_{x\min}, \quad r^T_{x\max} \right] \wedge r_y \in \left[r^T_{y\min}, \quad r^T_{y\max} \right]; \\ \sigma \le \sigma_T. \end{cases} \qquad (11)$$

Очевидно, что при необходимости набор характеристик АКИ, входящих в *W*, и, соответственно, система критериев отбора изображений могут быть расширены.

Теперь на примере использования характеристик из (3) и системы критериев (11) рассмотрим обобщенный алгоритм решения задачи формирования безызбыточного покрытия опорными АКИ заданного участка местности. Он включает следующие основные шаги.

1. *Задание границ участка местности, изображение которого подлежит геокодированию или ортотрансформированию, а также конкретных значений для критериев (7) – (10) и последовательности оценивания характеристик АКИ.*

2. *Поиск в базе данных с использованием критерия (6) и отбор АКИ, частично или полностью покрывающих заданный участок местности.*

3. *Проверка отобранных на шаге 2 изображений на соответствие критериям (7) – (10).*

В результате для каждого из отобранных изображений оказывается сформированным набор параметров:

$$S = \left\{ O^s, \quad \tau^s, \quad R^s, \quad \sigma^s \right\}. \qquad (12)$$

Элементы *S* принимают значение 1, если значение соответствующей характеристики АКИ удовлетворяет критерию, и значение 0 – в противном случае. Те изображения, для которых все параметры в (12) принимают значение 1, рассматриваются в качестве потенциальных опорных изображений и включаются в множество D_n. Остальные изображения исключаются из рассмотрения.

4. *Проверка полноты покрытия заданного участка местности изображениями из* D_n.

Проверка полноты покрытия осуществляется путем проверки справедливости выражения

$$G_T \subset \bigcup_{n=1}^{N} G_N, \qquad (13)$$

где $n = 1,...,N$, N – количество АКИ в наборе D_n.

Если выражение (13) оказывается неверным, осуществляется возврат к шагу 1 для определения вида требуемого частичного покрытия заданного участка местности и границ его фрагментов, для которых далее будет осуществляться поиск безызбыточных покрытий.

В противном случае осуществляется переход к следующему шагу.

5. *Исключение из* D_n *избыточных АКИ, формирование* D_o *и мозаичного покрытия опорными изображениями за-*

данного участка местности.

Исключение избыточных АКИ осуществляется на основе перебора изображений из D_n по следующему алгоритму:

а) $D_o = \{\}$;

б) формируется полигон G_T, соответствующий части заданного участка местности, еще не покрытой АКИ, уже включенными в D_o:

$$G_T = G_T \Delta G_n, \qquad (15)$$

где Δ – симметрическая разность G_T и G_n.

Полигоны, характеризующие объекты типа «облачность», у которых параметр Ot_k не соответствует требуемому ($Ot_k > Ot_T$), исключаются из области покрытия местности, обеспечиваемой данным АКИ.

Тогда (15) может быть представлено в виде

$$G_T = \begin{cases} G_T \Delta G_n \,|\, Ot \le Ot_T; \\ \left(\bigcup Op\right) \bigcup \left(G_T \Delta G_n\right) \,|\, Ot > Ot_T; \end{cases} \qquad (16)$$

в) в D_n выбирается АКИ, имеющее максимальную площадь покрытия заданного участка местности:

$$G_T \bigcap G_n = \max; \qquad (17)$$

г) выбранное АКИ заносится в D_o, а в мозаику опорных изображений включается его фрагмент, покрывающий G_T или его часть;

д) если $G_T \neq \{\}$, то осуществляется переход к п. б). Если $G_T = \{\}$, то переход к шагу 6.

6. Если D_o и мозаика опорных изображений сформированы, то выполнение алгоритма завершено. В противном случае – возврат к шагу 1.

Результатом использования рассмотренного алгоритма является мозаика опорных АКИ, сформированная из имеющихся в базе данных изображений и обеспечивающая полное покрытие требуемого участка местности. Другими словами, безызбыточное покрытие заданного участка местности изображениями, характеристики которых соответствуют требованиям фотограмметрической обработки материалов аэрокосмической съемки земной поверхности, оказывается сформированным.

Схематично алгоритм представлен на рисунке 1. Он реализован в качестве комплекса программ для ПЭВМ, использованного для экспериментального исследования полученных результатов.

Исследование предусматривало сравнение существующих и предложенного подхода к выбору опорных изображений при фотограмметрической обработки материалов аэрокосмической съемки местности на рабочем месте, оборудованном для проведения фотограмметрической обработки изображений и подключенном к базе данных аэрокосмических изображений. В качестве операторов Центра приема и обработки АКИ выступали эксперты, имеющие опыт геокодирования и ортотрансформирования АКИ.

В исследовании использовался тестовый набор данных на участок местности площадью 930 км^2. Число изображений участка местности в базе данных варьировалось от 1 до 50. Как для программного комплекса, так и для эксперта измерялось время от момента начала поиска опорных АКИ в базе данных до момента формирования мозаики опорных изображений. Итоговые результаты выбора опорных изображений приведены на рисунке 2.

При этом установлено, что использование рассмотренного алгоритма исключает необходимость просмотра имеющихся АКИ оператором и на этой основе позволяет сократить время выбора опорных изображений.

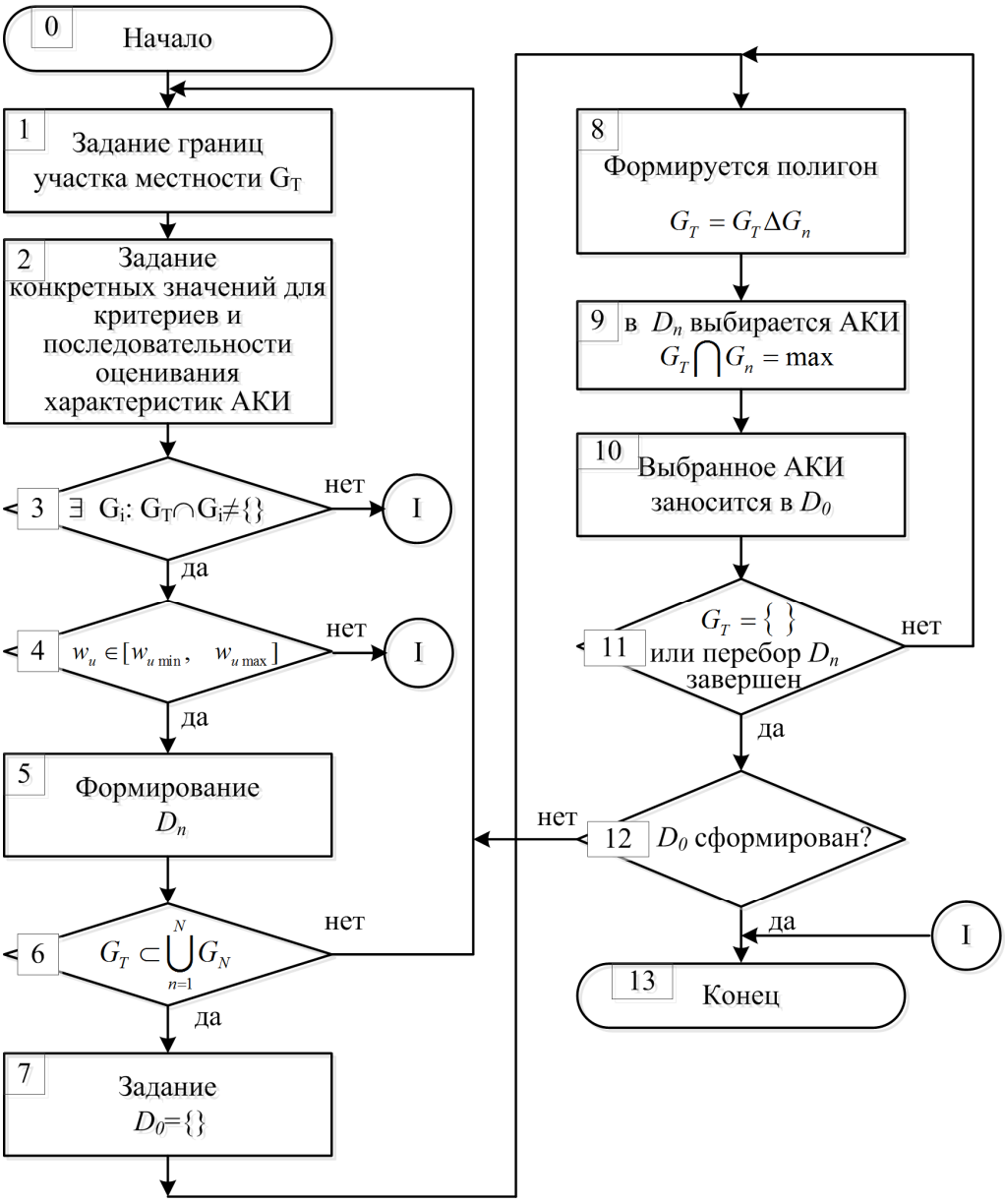


Рис. 1. Обобщенный алгоритм формирования безызбыточного покрытия опорными АКИ требуемого участка местности

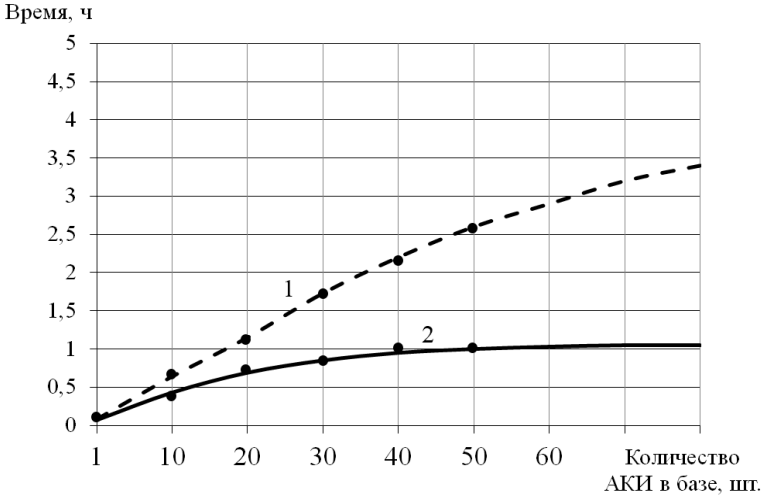


Рис. 2. Продолжительность подбора опорных АКИ при существующем (1) и предлагаемом (2) подходах к его реализации

Таким образом, экспериментальные исследования подтвердили перспективность использования предложенного подхода к выбору опорных изображений для уменьшения трудоемкости и сокращения временных затрат на фотограмметрическую обработку АКИ.

Выводы

1. Выбор опорных АКИ для геокодирования или ортотрансформирования материалов аэрокосмической съемки земной поверхности формализован как задача формирования безызбыточного покрытия заданного участка местности ранее полученными его изображениями, каждое из которых соответствует сформулированным требованиям.

2. Предложен обобщенный алгоритм, обеспечивающий нахождение одного из допустимых решений формализованной задачи. Его использование исключает необходимость участия оператора в выборе опорных изображений, обеспечивает снижение трудоемкости и сокращение временных затрат на реализацию этого процесса в центрах приема и обработки АКИ.

3. Дальнейшие исследования предусматривают формирование безызбыточного покрытия заданного участка местности, являющегося оптимальным с точки зрения требуемых затрат вычислительных ресурсов на выполнение фотограмметрической обработки АКИ.

Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ для поддержки молодых ученых – кандидатов наук (МК-1194.2014.8).

Список литературы

1. Шавук В.С. Теоретическое обоснование цифровой фотограмметрической системы обработки космических снимков высокого разрешения: автореф. ... канд. техн. наук / ФГОУВПО «Государственный университет по землеустройству». М., 2008.

2. Андрианов Д.Е. Геоинформационные системы: исследование, анализ и разработка / Государственный научный центр Российской Федерации – ВНИИгеосистем. М., 2004.

3. Кузнецов А.Е., Светелкин П.Н. Оперативное совмещение спектрозональных изображений при цветосинтезе // Вестник РГРТУ. Вып. 22. Рязань, 2007.

4. Кузнецов С.Д. Основы баз данных. М.: Интернет-Университет информационных технологий; Бином. Лаборатория знаний, 2007.

5. «Клиент-серверная» организация формирования опорных изображений для геокодирования материалов космической съёмки местности в геоинформационных системах / И.И. Шуклин, С.В. Прилуцкий, Д.В. Титов, А.М. Шлык // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. № 2. Ч. 1. С. 133–137.

6. Телеганов Н.А., Тетерин Г.Н. Метод и системы координат в геодезии. Новосибирск: Изд-во СГГА, 2008. 143 с.

Получено 20.11.13

D.V. Titov, Candidate of Sciences, Senior Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: amazing2004@inbox.ru)

I.I. Shuklin, Candidate of Sciences, Senior Researcher, SRI (Kursk) Federal State Unitary Enterprise «18th Central SRI» MoD of RF (tel.: (4712)58-87-66)

A.M. Shlik, Engineer, SRI (Kursk) Federal State Unitary Enterprise «18th Central SRI» MoD of RF (tel.: (4712)58-87-66)

S.P. Uschenko, Doctor of Sciences, Professor, Principal Researcher SRI (Kursk) Federal State Unitary Enterprise «18th Central SRI» MoD of RF(tel.: (4712)58-87-66)

IRREDUNDANT REFERENCE IMAGE COVERAGE OF THE AREA FOR GEOCODING OF AEROSPACE SURVEY

The paper presents the structural approach to selection of reference images for the tasks of geocoding the aerospace survey of earth surface. The authors introduce the timesaving algorithm for solving these tasks. The provided algorithm is intended for application at ground stations involved in receiving and processing the aerospace images.

***Key words**: aerospace image, search for reference images, irredundant coverage.*

УДК 631.147:635.82

В.Н. Кузнецов, канд. техн. наук, профессор, Старооскольский технологический институт (филиал) Национального исследовательского университета «МИСиС» (тел.: 4725- 451215)

В.П. Панов, канд. техн. наук, доцент, Старооскольский технологический институт (филиал) Национального исследовательского университета «МИСиС» (тел.: 4725- 451215)

ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОЦЕНТНОГО ВЫХОДА БИОГАЗА И СТАБИЛИЗАЦИИ ОСАДКА В МЕТАНТЕНКАХ

Определены регулируемые и нерегулируемые параметры, а также входные и выходные величины метантенка как объекта управления автоматизированной системы получения биогаза. Предлагается построение системы управления метантенком с использованием элементов искусственных нейронных сетей.

***Ключевые слова**: биогаз, метантенк, нейронные сети, автоматизированная система управления.*

***

Проблемы получения биогаза в отечественной и зарубежной литературе обсуждаются давно и широко. В последние 30 – 40 лет в связи с развитием средств вычислительной техники также широко обсуждается проблема автоматизации управления получением биогаза в метантенках. При этом особое внимание уделяется вопросам оптимизации получения биогаза, т.е. получать максимальное количество газа при минимальных затратах. Один из возможных подходов к построению оптимальной системы управления метантенком на основе нейронных сетей предлагается в данной статье.

Метантенк представляет собой химический анаэробный реактор непрерывного действия, предназначенный для получения биогаза в результате микробиологической десорбции органических субстратов.

Биотехнология получения газа (метана) в метантенке многоступенчатая и включает большое число биохимических реакций, которые необходимо контролировать, а также поддерживать оптимальные условия их протекания.

Особенностью многоступенчатой технологии получения метана в метантенке является то, что все стадии распада сложных органических веществ до метана происходят условно-одновременно, в едином замкнутом объеме реактора (рис. 1).

Сбраживанию подвергается смесь сырого осадка и активного ила. Минерализация органических веществ осадка и ила в процессе брожения сопровождается выделением продуктов распада в газ и иловую воду и приводит к значительным изменениям в химическом составе сброженной смеси. Не все органические вещества, которые находятся в сточной жидкости или осадке, могут быть разрушены анаэробным брожением. В ходе сбраживания осадка содержание лигнина уменьшается, а гуминовых веществ увеличивается примерно на 2 – 22%; целлюлоза почти не разрушается, а лигноцеллюлоза остаётся интактной. Общий объём смеси при этом практически не изменяется, и сухое вещество в результате распада уменьшается, влажность осадка в процессе брожения возрастает, а следовательно, возрастает и зольность.

Создание и поддержание необходимого технологического процесса в метантенке обеспечивается установлением оптимальной температуры брожения содержимого, соблюдением равновесия между нагрузкой на метантенки и скоростью прироста метанобразующих микроорганизмов в сбраживаемой среде или соотношения между количествами вновь поступающего и зрелого осадков, обеспечением достаточного массообмена.

Загружаемый в метантенки субстрат можно сбраживать в двух различных температурных условиях: мезофильное сбраживание, происходящее при температуре 30 – 35^{o}C (оптимальная темпера-

тура 32 – 33°С), и термофильное сбраживание, происходящее при температуре 50 – 55°С (оптимальная температура 52 – 53°С). Температура сбраживания является одним из важнейших факторов, влияющих на скорость распада субстрата, она существенно влияет на скорость сбраживания (время сбраживания изменяется в пределах от 15 до 90 часов).

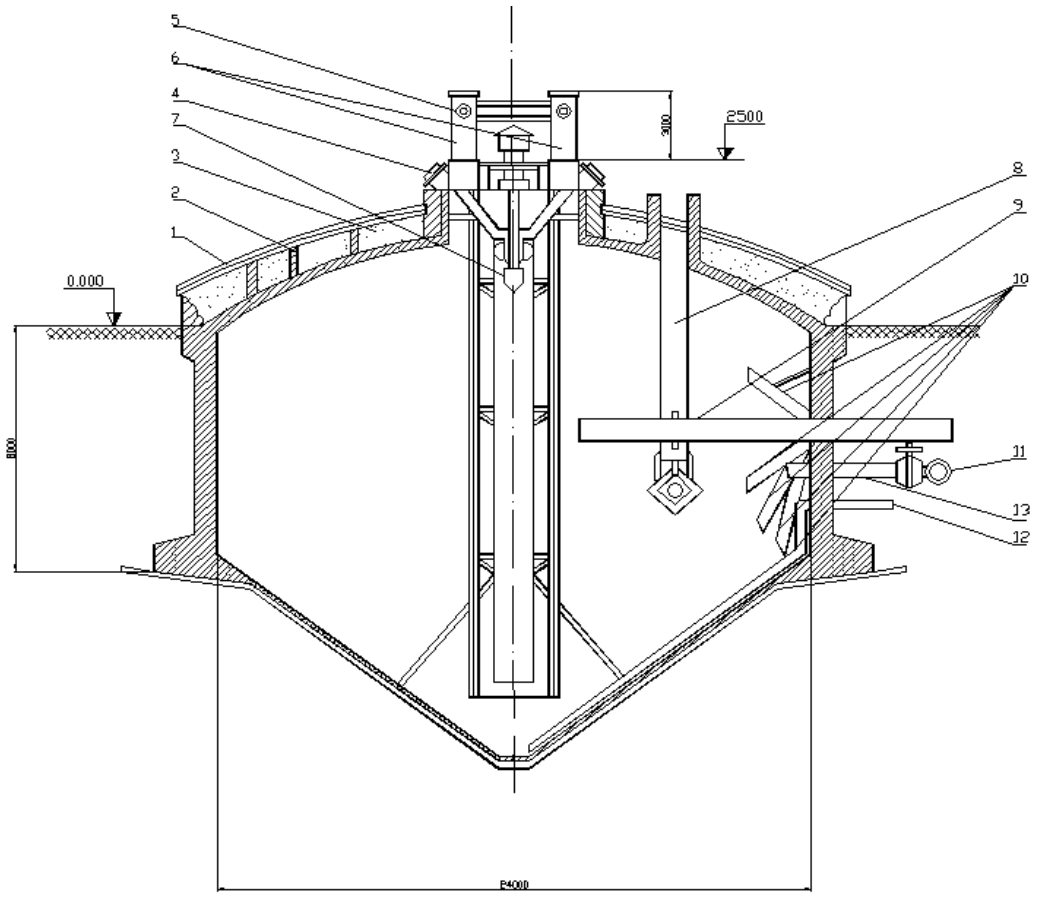


Рис. 1. Метантенк: 1 – мягкая кровля; 2 – кирпич; 3 – шлак; 4 – смотровой люк; 5 – газопровод; 6 – газовые колпаки; 7 – пропеллерная мешалка; 8 – переливная труба; 9 – трубопровод для загрузки сырого осадка; 10 – трубопроводы для выгрузки сброженного осадка с разных горизонтов; 11 – паровой инжектор; 12 – трубопровод для выгрузки сброженного осадка из конусной части метантенка; 13 – термометр сопротивления

Каждый из вышеперечисленных типов брожения осуществляется своей специфической группой микроорганизмов. Первому типу соответствует мезофильная флора, второму – термофильная. Температура 35 – 42°С является слишком высокой для жизнедеятельности мезофильных метанобразующих бактерий и малоблагоприятной для развития и роста термофильной флоры. Таким образом, обязательным условием оптимального процесса жизнедеятельности метанобразующих бактерий является соблюдение постоянной температуры на протяжении всего процесса. С момента установления температуры бактериальные культуры адаптируются к ней. Изменение температуры на 3 – 4°С может привести к торможению метанового и возобновлению кислотного брожения.

На основании анализа биохимических реакций в метантенке (рис. 4) и скорости сбраживания можно сделать вывод, что более предпочтительным является термофильный процесс. Он отличается большей интенсивностью распада органических веществ и заканчивается примерно в 2 раза быстрее, а следовательно, вдвое сокращается требуемый объём сооружений. При термофильном процессе происходит не только более быстрый, но

и более глубокий распад органических веществ.

Эффективность работы метантенков оценивается по величине распада беззольного вещества, которая подсчитывается либо по выходу газа $Р_г$, либо по убыли беззольного вещества $Р_{бз}$. В первом случае массу газа выражают в процентах от массы загруженного беззольного вещества. Распад по газу показывает, какая часть беззольного вещества превратилась в процессе брожения в газ. Значение $Р_{бз}$ подсчитывают по данным анализа загруженного и выгруженного осадков на влажность и зольность. Убыль беззольного вещества выражают в процентах от массы загруженного беззольного вещества.

Интенсификация процесса переработки осадка в метантенке направлена на выявление управляющих воздействий, повышающих выход биогаза и концентрацию в нём метана.

Состав и удельный выход газа при распаде каждого компонента осадка различны (табл. 1). Наибольшая масса газа образуется при распаде жиров, наименьшая – при распаде белков. Так как в составе активного ила обычно преобладают белки, выход газа при его сбраживании оказывается меньшим, чем при сбраживании осадка из первичных отстойников.

Таблица 1

Масса и состав газа, выделяющегося при анаэробном сбраживании углеводов, жиров и белков

Компоненты осадка	Удельный выход газа, мл/г	Состав газа, %		Плотность газа, г/м^3, при нормальных условиях	Масса газа, г, получаемого с 1 г распавшегося вещества
		CH_4	CO_2		
Углеводы	790	50	50	$1,25*10^3$	0,985
Жиры	1250	68	32	$1,05*10^3$	1,31
Белки	704	71	29	$1,01*10^3$	0,71

Метантенки работают по проточной схеме (термофильный процесс). Осадок подогревается посредством рециркуляции и теплообмена воды/осадка и острым паром с помощью пароструйного инжектора. Теплообменник типа осадок/осадок позволяет использовать тепло сброженного осадка для предварительного его подогрева. Для мезофильных метантенков подобное повторное использование тепла реализовать сложно, но для термофильных процессов возможно рекомендовать рециркуляцию тепла, оцениваемую цифрой 50 – 60%, что приводит к значительному снижению энергопотребления.

Осадок первичных отстойников (сырой осадок) и избыточный активный ил могут быть одновременно подвергнуты сбраживанию. Для этого рекомендуется использовать буферную ёмкость, в которой смешиваются осадки различных типов. Наиболее высокий выход биогаза и наибольшее уменьшение сухого вещества наблюдаются при сбраживании сырого осадка (~ 0,27 м^3/кг сухого вещества осадка, поступающего в метантенк).

Метантенк загружается осадком в зависимости от влажности последнего. Доза загрузки (Д), в зависимости от влажности, определяется по таблице 2.

Таблица 2

Суточная доза загрузки Д, %, в метантенк

Режим сбраживания	Д при влажности загружаемого осадка, %				
	93	94	95	96	97
Мезофильный	7	8	9	10	11
Термофильный	14	16	18	20	22

Контроль и управление метантенком

Правильная эксплуатация метантенков должна обеспечивать нормальный и наиболее оптимальный режим сбраживания осадков в техническом и экономическом отношениях.

Для нормального процесса брожения следует:

– соблюдать постоянную заданную температуру в метантенке;

– выдерживать дозу суточной загрузки метантенка;

– регулярно перемешивать сырой загружаемый осадок со сброженным;

– выгружать перед загрузкой сырого осадка расчетное количество сброженного;

– выпускать замеренное количество иловой воды;

– измерять влажность и температуру загружаемого и выгружаемого осадков;

– контролировать уровень субстрата в загрузочной и выгрузочной камерах;

– контролировать температуру и давление пара;

– контролировать температуру окружающей среды;

– контролировать уровень субстрата в выгрузочной камере;

– непрерывно измерять температуру, давление и pH в метантенке;

– непрерывно измерять выход газа.

Схема расположения датчиков на метантенке отражена на рис. 2.

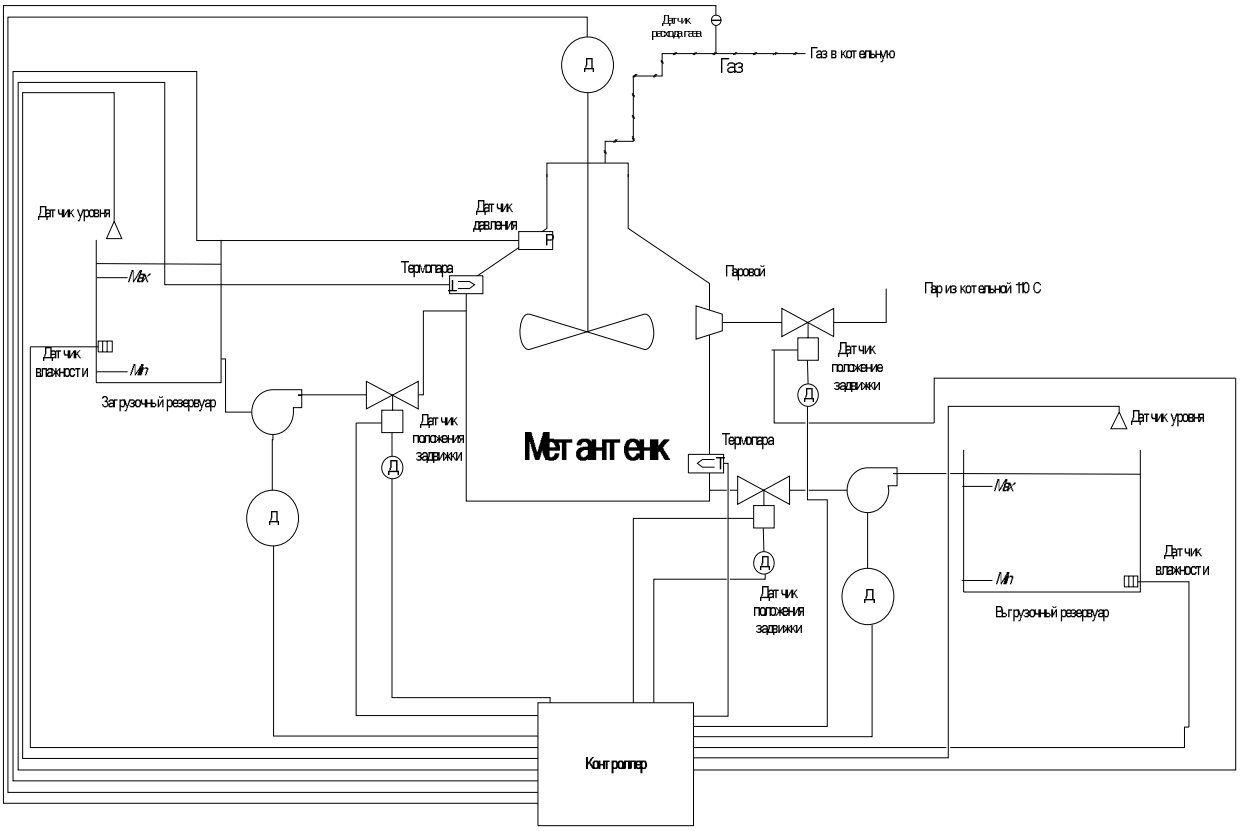


Рис. 2. Схема расположения датчиков

Математическое моделирование химических и физических процессов, происходящих в метантенке, реализовать достаточно сложно. Известны химические модели реакций разложения сложных органических соединений до метана. Произведен переход от химической модели процесса к модели теплового баланса (большинство реакций синтеза метана являются эндотермическими). Модель теплового баланса позволяет выявить зависимость количества получаемого газа от перепадов температуры. Температура является одним из параметров, на которые можно воздействовать в процессе брожения. Большинство прочих парамет-

ров измерить достаточно сложно и иногда проблематично.

Одним из таких параметров является состав поступающего осадка, зная который возможно было бы оценить процентный выход газа, получаемого в процессе брожения, а также учесть особенности протекания химических реакций и скорректировать режим работы метантенка в соответствии с изменившимися условиями. Кроме того, в синтезе метана участвуют бактерии, механизм действия которых до конца не изучен. Их оптимальная температура жизнедеятельности составляет 53°С.

Доминирующим фактором выбора термической модели работы метантенка является температура сбраживания, влияющая на весь технологический процесс брожения (рис. 3).

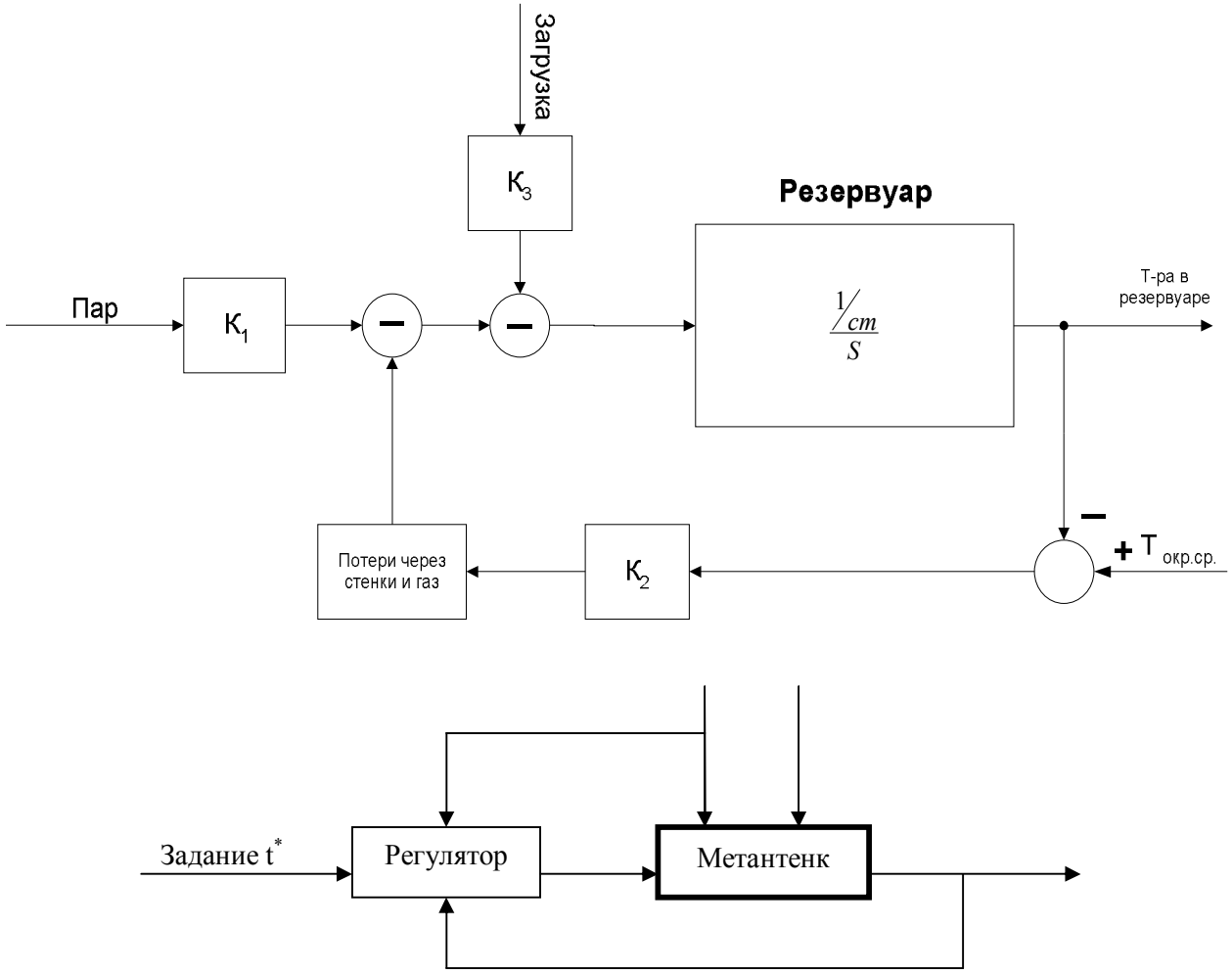


Рис. 3. Схема системы стабилизации температуры

Решение поставленной задачи можно получить, используя современные методы управления метантенком. Для этого необходимо контролировать и регулировать определённые параметры биохимических реакций (рис. 4), такие как:

– температура, давление и pH в метантенке;

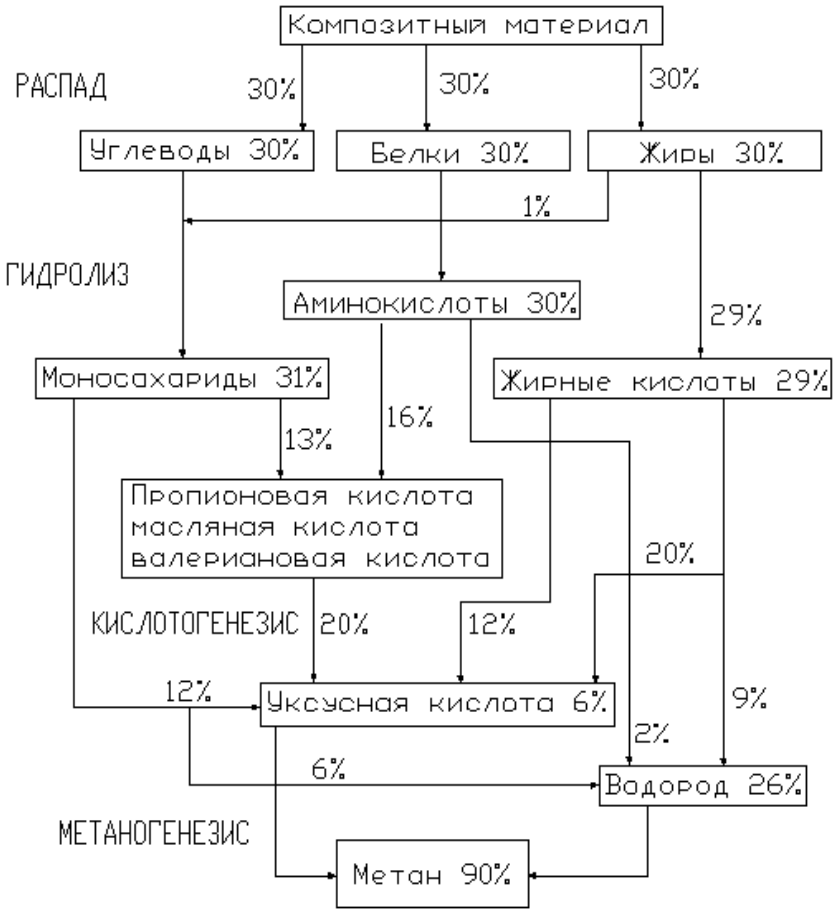
– температура входного и выходного осадков;

– влажность загружаемого осадка;

– уровень осадка в загрузочной и выгрузочной камерах;

– количество получаемого газа;

– химический состав неорганических компонентов осадка (SO_4^{2-}).



1. $4H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$; 2. $CO_2 + 2CH_3CH_2OH \rightarrow 2CH_3COOH + CH_4$;
3. $CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2$; 4. $CO + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$; 5. $4CO + 2H_2O \rightarrow 3CO_2 + CH_4$.

Рис. 4. Структура биохимических реакций в метантенке

Для обоснованного выбора структуры системы управления технологическим процессом рассмотрим состав его входных и выходных величин. Всю совокупность разделим на три категории:

1. U – управляющие входные воздействия, значения которых формируются системой управления. В состав U входят:

– подача пара в метантенк;

– масса выгружаемого сброженного осадка;

– масса загружаемого в метантенк осадка;

– откачка иловой воды из метантенка.

2. X – неуправляемые, но оперативно контролируемые воздействия, в состав которых входят следующие величины:

– температура пара;

– влажность загружаемого осадка;

– температура загружаемого осадка;

– температура окружающей среды;

– влажность выгружаемого осадка.

3. F – оперативно неконтролируемые возмущающие воздействия:

– содержание жиров в загружаемом осадке;

– содержание белков в загружаемом осадке;

– содержание углеводов в загружаемом осадке;

– содержание в загружаемом осадке примесей, неблагоприятно влияющих на жизнедеятельность микроорганизмов в метантенке.

В состав выходных величин входят:

– температура в метантенке;

– расход газа из метантенка;

– концентрация содержимого метантенка по водородному показателю pH;

– содержание недоразложившихся белков, жиров, углеводов в выгружаемом осадке.

Система автоматизации технологического процесса в метантенке должна выполнять информационные и управляющие функции.

К информационным функциям относятся:

– сбор и первичная обработка данных о состоянии процесса и технологического оборудования;

– ведение базы данных реального времени;

– визуализация процесса;

– контроль теъхнологических параметров;

– архивирование данных о параметрах технологического процесса.

К управляющим функциям относятся:

– определение оптимальной суточной дозы загрузки осадка;

– определение оптимальной температуры процесса;

– реализация оптимальных режимов по температуре и загрузке.

Необходимо отметить, что метантенк является весьма инерционным объектом с существенно различной динамикой по каналам управления температурой и расходом газа, концентрационным составом жидкой и твёрдой фаз. На основе априорной информации с приемлемой точностью можно построить только модель температурного режима, моделирование остальных каналов объекта требует дополнительных исследований. Поэтому разработку и внедрение системы автоматизации целесообразно выполнять в два этапа.

На первом этапе создаётся система, реализующая все информационные функции, а также осуществляющая автоматическую стабилизацию заданного температурного режима. Система стабилизации строится как комбинированная система регулирования, схема которой приведена на рис.3.

Регулятор компенсирует контролируемые колебания неуправляемых входов X и тепловых воздействий, вносимых при загрузке осадка, а также ликвидирует последствия неконтролируемых F или нескомпенсированных воздействий.

На втором этапе автоматизации строится нейросетевая система управления, предварительная настройка которой осуществляется с использованием экспериментальных данных, полученных на первом этапе. Эта система должна построить модель всех существующих связей технологического объекта в виде искусственной нейронной сети, а также реализовать поиск и поддержание оптимального технологического режима, что позволит существенно повысить технико-экономические показатели эксплуатации установки. В процессе нейроуправления решается задача нейросетевого моделирования биохимических процессов с целью идентификации объекта управления, а также управления отдельными процессами.

Интеллектуальная система управления процессом получения биогаза, основанная на нейронном управлении, реализует энергосберегающие технологии и повышает процент выделения биогаза.

---

1. Применение технологии анаэробной переработки отходов АПК в России / В.С. Вохмин, М.В. Кошкин [и др.] // Научный журнал КубГУ. 2011. № 73 (09).

2. Кустов К.А. Система управления процессом получения биогаза на уровне принятия решений // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2005. № 3/2 (21).

Получено 11.11.13

V.N. Kuznetsov, Candidate of Sciences, Professor, National University of Science and Technology STI MISIS (tel.: (4725) 451215)

V.P. Panov, Candidate of Sciences, Associate Professor, National University of Science and Technology STI MISIS (tel.: (4725) 451215).

PROBLEMS OF AUTOMATED PRODUCTION OF HIGH_CENT YIELD OF BIOGAS AND SLUDGE STABILIZATION IN THE DIGESTERS

Regulated and unregulated settings have been defined, as well as input and output values of the digesters as a control object of automated system of biogas production. A management system supposed to be built using elements of artificial neural networks.

***Key words**: biogas, digesters, neural networks, control object of automated system.*

УДК 004.91

С.Н. Михайлов, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: tk_kursk@mail.ru)

В.Ю. Демьяненко, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: demwlad@yandex.ru)

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Представлена обобщенная структурно-функциональная организация системы информационно-аналитического обеспечения научных исследований высшего учебного заведения, организованная в виде четырехуровневой иерархической системы.

***Ключевые слова**: информационно-аналитическое обеспечение исследований, высшее учебное заведение.*

***

Одним из компонентов творческой деятельности является информация, и недостаточный уровень информационно-аналитического обеспечения почти всегда приводит к неверному результату [1].

Информационно-аналитическое обеспечение научных исследований относится к базовым видам обеспечений профессиональной деятельности, без которой немыслимо успешное результативное функционирование высшего учебного заведения (ВУЗ). Высшие учебные заведения, несмотря на различия в предметной области, в силу специфики рода деятельности имеют схожую организационно-структурную организацию, и это дает возможность считать, что процессы информационно-аналитического обеспечения их деятельности практически не зависят от предметной области и, следовательно, имеют некоторую общность. В связи с этим целью статьи является определение обобщенной структурно-функциональной организации системы информационно-аналитического обеспечения научных исследований ВУЗа.

Под информационным обеспечением понимается совокупность информационных ресурсов и услуг, предоставляемых для решения управленческих, творческих и научно-технических задач в соответствии с этапами их выполнения [2]. В отличие от информационного обеспечения, которое включает в себя информационный фонд, а также технические и организационные средства, выполняющие функции накопления, хранения, корректирования, преобразования и представления информации в виде, удовлетворяющем потребности исследователей, процесс *информационно-аналитического* обеспечения с точки зрения функционального наполнения является более глубоким и содержит новые функции, не свойственные информационному обеспечению.

К таким функциям, в первую очередь, относится информационная поддержка принятия решений на всех этапах исследований. Необходимость такой функции возникает уже на самом раннем этапе научно-исследовательской работы – при проведении информационного поиска по теме исследований. Достигнутый в настоящее время уровень компьютеризации информационных процессов позволяет буквально «завалить» научного работника частично релевантной информацией по решаемой им проблеме. Поэтому возможность автоматизировать оценку семантической близости найденных документов выбранной тематике, при принятии решения о ценности публикации, может освободить научного работника от рутинных процедур просмотра большого количества документов.

Оценка семантической близости документов к выбранной тематике может быть выполнена автоматизированным образом инфологической системой путем последовательного выполнения трех этапов [3].

На первом этапе должна быть выполнена нормализация текста, на втором – сегментация текста на синтаксические единицы и формирование иерархических понятий текста на основе подсчета рейтинга связок слов в тексте. Последним этапом является процедура формирования и отображения графа понятийной иерархии.

На рисунке 1 представлен вариант отображения графа понятийной иерархии текста.

Рис. 1. Вариант отображения графа понятийной иерархии текста

В узлах этого графа находятся термины, а дуги характеризуют связи между ними. Визуализация графа понятийной иерархии, по сути, является аналогом иероглифической записи семантического содержания документа и позволяет научному работнику воспринимать документ не последовательно, а моментально и целиком.

Результаты анализа процессов информационно-аналитического обеспечения научных исследований высшего учебного заведения отражены в ряде публикаций [4, 5]. Предложенная в них модель процессов информационно-аналитического обеспечения научных исследований высшего учебного заведения содержит три информационно-аналитических контура: контур организации и управления научной деятельностью, исследовательский и обеспечения исследований.

Каждый из этих контуров может иметь несколько автоматизированных систем, обеспечивающих решение локальных задач. Например, контур организации и управления научных исследований может иметь систему автоматизированного документооборота, 1С-Бухгалтерия, систему складского учета и др. Исследовательский – специфические автоматизированные системы по предметным областям, а обеспечения исследований – автоматизированные системы учета библиотечного фонда, системы мониторинга, поиска и визуализации научных и образовательных ресурсов и др. Причем ядром контура обеспечения исследований должна стать инфологическая система, реализующая функции семантического поиска данных во всех доступных ВУЗу информационных ресурсах.

Такой подход обеспечит реализацию принципа упреждающего информирования исследовательских коллективов о новых публикациях в интересующей предметной области.

Информационная модель [5] и структура единой инфокоммуникационной среды ВУЗа [6] легли в основу обобщенной схемы структурно-функциональной организации системы информационно-аналитического обеспечения научных исследований.

Информационное взаимодействие элементов системы должно быть организовано на принципе иерархии, реализованном древовидной топологией. Иерархические уровни системы информационно-аналитического обеспечения научных исследований ВУЗа включают в себя уровень подсистем, уровень узлов подсистем, уровень локально-вычислительных сетей подразделений и уровень автоматизированных рабочих мест (АРМ) сотрудников подразделений (рис. 2).

Структурно система информационно-аналитического обеспечения научных исследований включает четыре подсистемы:

– мониторинга, поиска и визуализации научных и образовательных ресурсов;

– организации и управления научной деятельностью;

– обеспечения научно-производственной деятельности технопарка;

– проведения исследований.

Подсистема мониторинга, поиска и визуализации научных и образовательных ресурсов включает в себя узел управления информатизации ВУЗа, на который замыкаются локально-вычислительные сети отделов управления, обеспечивающие организацию информационного обмена между АРМ сотрудников. Данная подсистема должна обеспечивать постоянное информационное взаимодействие между подсистемой проведения исследований и подсистемой организации и управления научной деятельностью.

Для своевременного формирования и актуализации тезаурусов по приоритетным направлениям исследований ВУЗа, а также обновления тематических антологий исследовательские коллективы должны иметь постоянный доступ к подсистеме через АРМ технологических операций. В этом случае подсистема мониторинга, поиска и визуализации научных и образовательных ресурсов имеет возможность реализации функций целенаправленного поиска, обнаружения и предоставления в конкретные исследовательские коллективы актуальной научно-технической информации на основе оценки подобия данных из неструктурированных информационных ресурсов семантическому содержанию антологий.

Подсистема организации и управления научной деятельностью объединяет узлы: организации и управления научной деятельностью, обеспечения научной деятельности, научно-технической библиотеки, на которые замыкаются АРМ сотрудников через соответствующие ЛВС.

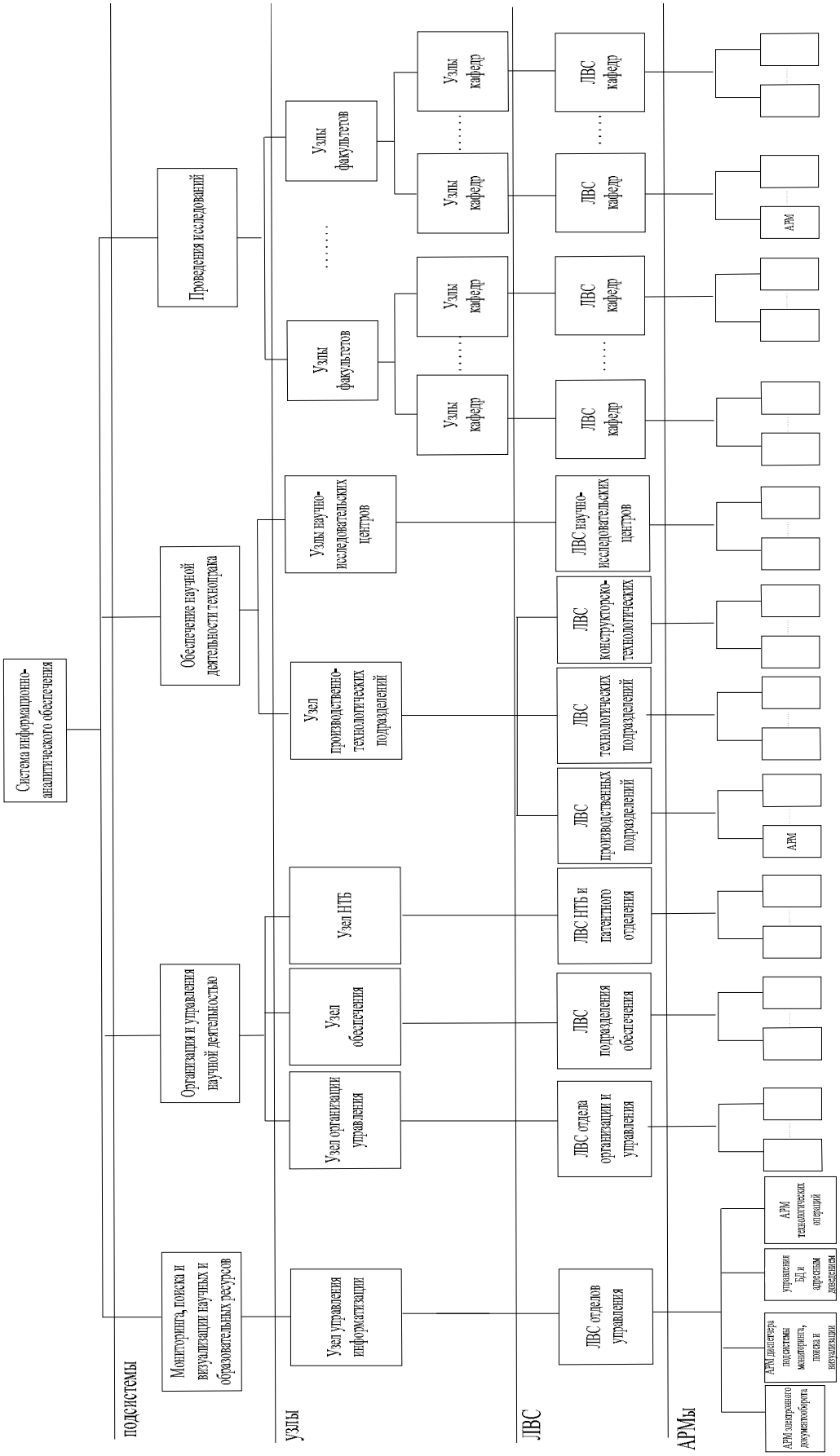


Рис. 2. Структурно-функциональная организация системы информационно-аналитического обеспечения научных исследований

Подсистема обеспечения научно-производственной деятельности технопарка объединяет узлы научно-исследовательских центров (НИЦ) и производственно-технологических подразделений, на которые замыкаются АРМы через соответствующие ЛВС подразделений технопарка:

– научно-исследовательских центров;

– производственных подразделений;

– технологических подразделений;

– конструкторско-технологических подразделений.

Подсистема проведения исследований объединяет узлы факультетов и кафедр и исследовательских коллективов через соответствующие ЛВС.

Таким образом, предложенная обобщенная схема структурно-функциональной организации системы информационно-аналитического обеспечения научных исследований вуза позволяет при известных требованиях к подсистемам перейти к этапу проектирования этой системы.

Список литературы

1. Блюменау Д.И. Библиотечно-информационное обеспечение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ : учеб. пособие. Л., 1978. 73 с.

2. Брежнева В.В., Минкина В.А. Информационное обслуживание: продукты и услуги, предоставляемые библиотеками и службами информации предприятий. СПб. : Профессия, 2004. 304с.

3. Михайлов С.Н., Федосов М.А. Обобщенный алгоритм функционирования инфологической системы: достоинства и недостатки // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций: материалы III региональной науч.-практ. конф. / редкол.: А.М. Потапенко (отв. ред.) и [др.]; Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2011. С. 135–139.

4. Михайлов С.Н. Информационная модель сопровождения научных исследований (на примере технического вуза) // Информационно-измерительные и управляющие системы. М.: Радиотехника, 2009. Т. 7, № 11. С. 86–89.

5. Михайлов С.Н., Гуламов А.А., Нассер А.А. Модель процессов информационно-аналитического обеспечения ВУЗа //Информационно-измерительные и управляющие системы. М.: Радиотехника, 2011 Т. 9, № 4. С. 28–32.

6. Михайлов С.Н. Методика формирования архитектуры инфокоммуникационной среды информационно-аналитического обеспечения научных исследований технического вуза // Информационно-измерительные и управляющие системы. М.: Радиотехника, 2010. Т. 8, № 7. С.27–29.

Получено 18.11.13

S.N. Mikhailov, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tk_kursk@mail.ru)

V.U. Demyanenko, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: demwlad@yandex.ru)

STRUCTURAL AND FUNCTIONAL ORGANIZATION OF THE SYSTEM OF INFORMATION AND ANALYTICAL SUPPORT FOR RESEARCH

A generalized structural and functional organization of the system of information-analytical support of scientific research institution of higher education that is organized in a hierarchical four-level system is presents.

***Key words**: information and analytical support for research, higher education institution.*

УДК 004.94

Ю.А. Векленко, канд. техн. наук, начальник отдела стендов и технологических средств контроля, Курское ОАО «Прибор» ОКБ «Авиаавтоматика» (e-mail: okb@aviavtom.kursk.ru)

А.С. Киселев, инженер-конструктор, ООО «ОКБ «Авиаавтоматика» (Курск) (e-mail: kbavia@fitmail.ru)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КОНТРОЛЬНО-ПРОВЕРОЧНАЯ АППАРАТУРА КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ КОМПЛЕКСА АВИАЦИОННОГО ВООРУЖЕНИЯ

Представлен подход к проведению с помощью автоматизированной контрольно-проверочной аппаратуры предполетной подготовки летательного аппарата и диагностики технического состояния комплекса авиационного вооружения.

***Ключевые слова**: комплекс авиационного вооружения, предполетная подготовка летательного аппарата, надежность.*

***

Целью предполетной подготовки летательного аппарата (ЛА), одного из направлений системы технического обслуживания самолетов фронтовой авиации, является контроль технического состояния комплекса авиационного вооружения (КАВ). Предполетная подготовка ЛА позволяет предотвратить выпуск в полет неисправного самолета, снаряженного авиационными средствами поражения (АСП).

Постоянное совершенствование технического уровня применяемых в современной авиации АСП и соответствующий рост сложности управляющего ими бортового оборудования требуют повышения качества контроля в части полноты проверки цепей управления и точности проводимых измерений (как электрических, так и временных характеристик). Широкий спектр АСП, применяемых на современных боевых ЛА, требует создания адекватной по сложности аппаратуры наземного контроля КАВ [4].

В процессе эксплуатации ЛА неработоспособное состояние КАВ может наступить не только в результате внезапных отказов, но и в результате отклонения параметров элементов КАВ от номинальных (требуемых) значений под воздействием изменений окружающих условий и старения, износа элементов. Особенно это заметно при эксплуатации ЛА в морских условиях (интенсивность отказов оборудования при эксплуатации в морских условиях намного выше).

Особенность оценки надежности КАВ при постепенных отказах состоит в учете информации о предшествующем ее состоянии и возможности на основе этой информации строить экстраполяции прогнозов массовых отказов КАВ [1].

Для оценки надежности КАВ следует также учитывать параметры надежности самой аппаратуры, с помощью которой обеспечивается проверка ЛА, другими словами, необходимо учитывать параметры надежности автоматизированной контрольно-проверочной аппаратуры (АКПА).

Исследования задач повышения надежности КАВ могут проводиться с использованием нескольких методов: экспериментального, полунатурального и аналитического метода. Выбор метода зависит от исследуемой системы, характера решаемой задачи и наличия соответствующего математического и материально-технического обеспечения [3].

Экспериментальные методы исследования применяются для определения характеристик уже имеющихся в наличии системы или элементов. Наземные экспериментальные исследования позволяют получить экспериментальным путем характеристики (как временные, так и электрические) КАВ в процессе его функционирования, что актуально для поставленной нами задачи.

Суть полунатуральных методов исследования заключается в замене некоторых частей объекта (например, некото-

рые бортовые системы, объекты вооружения) соответствующими математическими моделями. В своей работе некоторые типовые режимы функционирования КАВ и их взаимосвязи будем замещать математическими моделями.

Сущность аналитического метода состоит в том, что исследуемая система, взаимодействующие с ней в процессе функционирования подсистемы заменяются математическими моделями. Аналитический метод достаточно сложен ввиду большого количества математических моделей и требует большого количества вычислительных мощностей. Поэтому синтез полунатурального и экспериментального метода является оптимальным для решения задач повышения надежности КАВ на уже имеющемся ЛА.

Одним из наиболее эффективных способов повышения эксплуатационной надежности является прогнозирование технического состояния системы, по результатам которого проводится корректировка ее параметров и замена устройств, выработавших свой ресурс – наработки до отказа.

Для отказов, связанных с изменениями параметров элементов комплекса и комплекса в целом, употребляется термин «параметрическая надежность». Параметрическая надежность характеризует постепенный выход параметров из рабочей области $(X_{\max}, X_{\min})$. Устройство функционирует нормально, если его определяющие параметры находятся в определенных допустимых пределах $X_{j\min} \le X \le X_{j\max}$, т. е. если погрешности характеристик в реальных условиях эксплуатации не превосходят некоторой допустимой величины.

Значения показателей параметрической надежности существенно зависят от вида связей между элементами и вида характеристик изменения параметров, которые носят нестационарный, случайный характер. При этом полагают, что рабочая область изменения параметров устройства или комплекса не случайна и не меняется в течение работы комплекса.

Параметрической надежностью, в общем случае, называют вероятность P того, что при работе в реальных условиях характеристики устройства не выходят за пределы поля допуска:

$$P = p\left(X_{1_{\min}} \le X_1 \le X_{1_{\max}}, ... X_{j_{\min}} \le X_j \le X_{j_{\max}}, ... X_{m_{\min}} \le X_m \le X_{m_{\max}}\right).$$

Задача анализа параметрической надежности устройства заключается в определении P при известных законах распределения параметров Xi или в расчете некоторых необходимых числовых характеристик вероятности P при заданных числовых характеристиках функций распределения параметров.

Для фиксированного момента времени t вероятность нахождения системы в работоспособном состоянии, т.е. вероятность того, что определяющий параметр находится в заданных границах $(X_{\max}, X_{\min})$, определяется выражением

$$P(t) = \int_{X_{\min}}^{X_{\max}} f(X,t)dx,$$

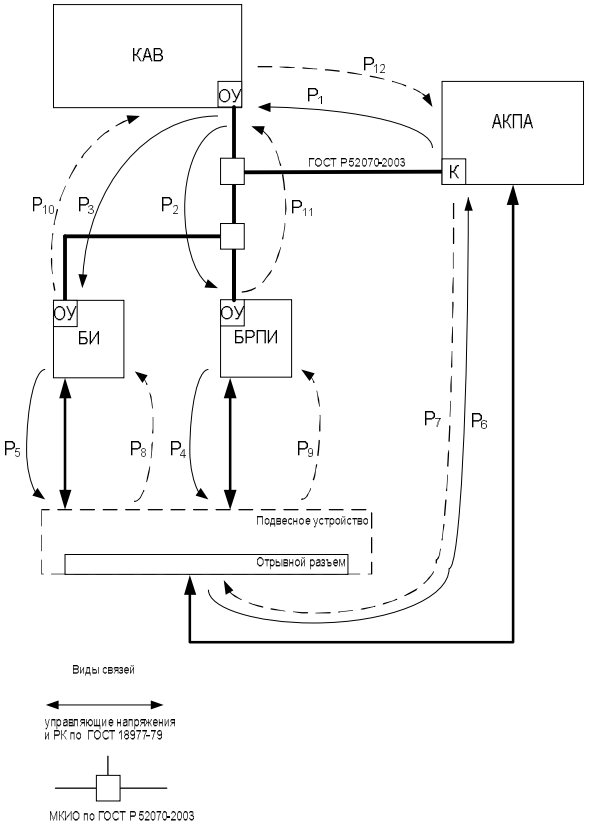
где $f(X,t)$ – плотность распределения значений параметра $X(t)$ в момент времени t.

В большинстве случаев, имеющих для практики значение, рассматриваются основные технические параметры, характеризующие работоспособность системы и являющиеся его мерой качества, называемые определяющими параметрами. Как правило, определяющим параметром выбирается тот параметр, который более существенно влияет на надежность устройства. В качестве определяющего параметра при оценке надежности КАВ определим интервал времени, в котором находится воздействие на составные части комплекса, а вероятность нахождения определяющего параметра в заданных границах $(X_{\max}, X_{\min})$ для каждой со-

ставной части обозначим $P_1 \ldots P_{12}$. Так, вероятность прохождения всего теста $P_{\text{тест}}$ будет равна произведению вероятностей нахождения определяющего параметра в рабочей области на отдельных участках системы проверки:

$$P_{\text{тест}} = P_1 \cdot P_2 \cdot \ldots \cdot P_{12}.$$

Структурная схема разбиения теста на отдельные участки показана на рис. 1.



P_1 – Вероятность нахождения выходного массива МКИО (АКПА-КАВ) в заданной рабочей области определяющего параметра

P_2 – Вероятность нахождения выходного массива МКИО (КАВ-БРПИ) в заданной рабочей области определяющего параметра

P_3 – Вероятность нахождения выходного массива МКИО (КАВ-БИ) в заданной рабочей области определяющего параметра

P_4 – Вероятность нахождения выходных управляющих напряжений и РК (БРПИ-ТП) в заданной рабочей области определяющего параметра

P_5 – Вероятность нахождения выходных управляющих напряжений и РК (БИ-ТП) в заданной рабочей области определяющего параметра

P_6 – Вероятность нахождения входных управляющих напряжений и РК (ТП-АКПА) в заданной рабочей области определяющего параметра

P_7 – Вероятность нахождения выходных управляющих напряжений и РК (АКПА-ТП) в заданной рабочей области определяющего параметра

P_8 – Вероятность нахождения входных управляющих напряжений и РК (ТП-БИ) в заданной рабочей области определяющего параметра

P_9 – Вероятность нахождения входных управляющих напряжений и РК (ТП-БРПИ) в заданной рабочей области определяющего параметра

P_{10} – Вероятность нахождения входного массива МКИО (БИ-КАВ) в заданной рабочей области определяющего параметра

P_{11} – Вероятность нахождения входного массива МКИО (БРПИ-КАВ) в

P_{12} – Вероятность нахождения входного массива МКИО (КАВ-АКПА) в

Рис. 1. Структурная схема разбиения теста на отдельные участки

На примере отдельно взятого участка прохождения теста рассмотрим параметры надежности участка. В конечном итоге параметры надежности КАВ будут складываться из параметров надежности каждого участка прохождения теста.

Как уже было сказано, определяющим параметром X были выбраны временные характеристики прохождения теста. Изменение определяющего параметра X предполагается линейным во времени, т. е.

$$X(t) = b \cdot t,$$

где b – скорость изменения параметра X;

t – время наблюдения за параметром.

Выражение, характеризующее изменение определяющего параметра при $X \to X_{\max}$:

$$X(t) = X_0 + b \cdot t, \qquad (1)$$

где X_0 – начальное значение определяющего параметра, т. е. номинальное.

Отказ наступает при достижении определяющего параметра максимально допустимого значения.

Выражение (1) примет вид при $X \to X_{\min}$:

$$X(t) = X_0 - b \cdot t.$$

В этом случае отказ наступает при достижении определяющего параметра минимально допустимого значения.

Скорость изменения определяющего параметра b, как правило, зависит от большого числа контролируемых и неконтролируемых факторов и является случайной величиной. Наиболее типичный случай, и это подтверждается на практике, когда она подчинена усеченному нормальному закону распределения:

$$f(b) = \frac{1}{\sigma_b \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(b - b_{cp})^2}{2\sigma_b^2} \right)$$

при $X_{\min} \le X \le X_{\max}$,

где *f(b)* – плотность вероятности случайной величины – скорости изменения определяющего параметра *b*;

b_{cp} – средняя скорость процесса изменения параметра;

σ_b – среднеквадратическое отклонение величины *b*.

Существует также понятие предельно допустимого значения определяющего параметра (временных характеристик), которое определяет срок службы информационной системы, характеризуемого определяющим параметром *X*, и достигается с течением времени под влиянием факторов, связанных со старением, изнашиванием или разрегулированием (при этом система теряет работоспособность, т. е. происходит отказ). Поскольку внешние и внутренние факторы, влияющие на процесс ухудшения определяющего параметра, имеют случайный характер, то и характер изменения определяющего параметра во времени, а также время достижения им критического значения тоже являются случайными. Поскольку под действием дестабилизирующих факторов или в процессе старения определяющий параметр может не только расти, но и уменьшаться, то допустимое значение определяющего параметра может определяться как его максимальным значением X_{max}, так и его минимальным значением X_{min}.

Для анализа надежности системы при постепенных отказах, связанных со случайным процессом изменения определяющего параметра *X(t)*, как правило, вычисляют следующие показатели:

− вероятность нахождения объекта в работоспособном состоянии:

$$P(t) = P(X(t) \le X_{\max}),$$

$$P(t) = P(X(t) \ge X_{\min});$$

− показатели наработки до постепенного отказа – времени достижения определяющим параметром значения X_{max}, X_{min}: плотность распределения наработки до отказа *f(t)*, вероятность безотказной работы $P(t) = P(T > t)$, интенсивность отказов λ(t).

Срок службы $t=T$, т. е. момент времени, в который происходит отказ, является функцией случайного аргумента *b*, т. е.

$$T = \frac{X_{\max} - X_o}{b},$$

$$T = \frac{X_o - X_{\min}}{b}.$$

Параметр *X* для каждого значения $t=T$ будет распределен по нормальному закону с параметрами

$$X_{cp} = X_{\text{o ср}} + \text{b}_{\text{ср}} \cdot \text{T},$$

где X_{cp} – математическое ожидание параметра *X*;

$X_{o\ cp}$, b_{cp} – среднее значение случайных величин X_o и *b*.

Поскольку вероятность безотказной работы является функцией времени, то необходимо определить плотность распределения *f(t)* по заданной плотности *f(b)*.

Используя известную из курса теории вероятности формулу

$$f(t = T) = f(\psi(t)) \,|\, \psi'(t) \,|,$$

где Ψ (t) =X/T, Ψ' (t)= –X/T^2,
получим

$$f(T) = \frac{C\beta}{\sqrt{2\pi T^2}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\beta}{T} - a \right)^2 \right),$$

где $\beta = \frac{|X_{\max} - X_o|}{\sigma_b}$ или $\beta = \frac{|X_o - X_{\min}|}{\sigma_b}$ – относительный запас долговечности, имеет размерность времени;

$a = \frac{b_{cp}}{\sigma_b}$ – относительная скорость изменения параметра.

Теперь, зная вероятность *f(T),* можем определить вероятность отказа системы:

$$Q(t) = \int_0^t f(\tau) d\tau,$$

вероятность безотказной работы соответственно:

$$P(T) = 1 - Q(T).$$

Вводя нормированную функцию Лапласа F(u), получим

$$P(t) = 0.5 + F(\frac{X - b_{cp}T}{T\sigma_b}).$$

Эта формула выражает вероятность того, что определяющий параметр *X(t)* при данном *t=T* не выйдет за пределы допустимого максимального значения X_{max} и минимально допустимого значения X_{min}, т. е.

$$P(T) = P(X \le X_{\max}),$$

$$P(T) = P(X \ge X_{\min}).$$

На рис. 2 показана плотность распределения наработки при постепенных отказах.

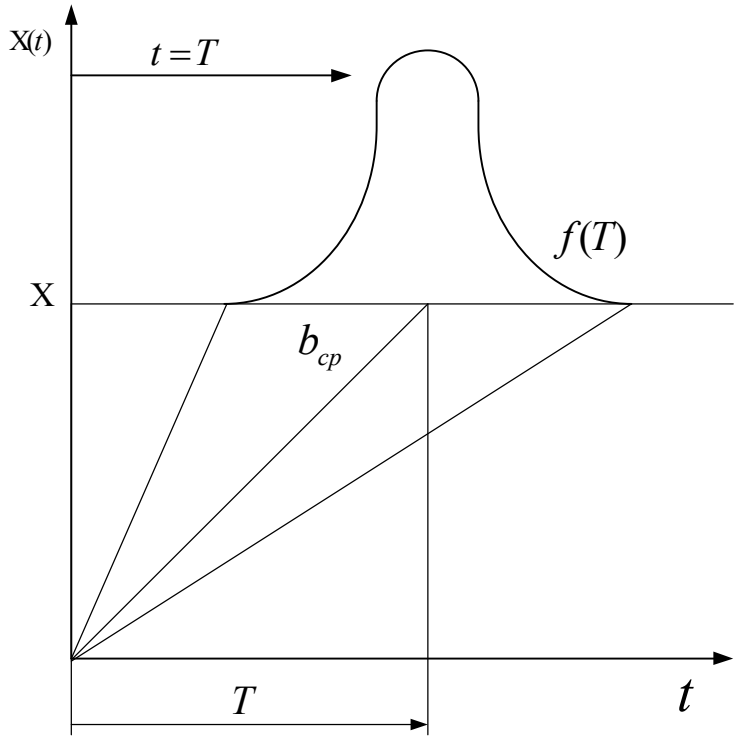


Рис. 2. Плотность распределения наработки при постепенных отказах

Параметр *X(t)* при заданном *t=T*, так же как и скорость *b*, распределен по нормальному закону с параметрами:

– $M(x) = X_{cp} = \mathrm{b_{cp}T}$ – математическое ожидание;

– $\sigma(x) = \sigma_b T$ – среднеквадратическое отклонение.

Поэтому вероятность безотказной работы численно равна площади, ограниченной кривой плотности распределения *f(X)*, заключенной в пределах от X_{min} до X_{max}:

$$P(t) = \frac{1}{\sigma(x)\sqrt{2\pi}} \int_{x\min}^{x\max} \exp(-\frac{(x - x_{cp})^2}{2\sigma^2(x)})dx = 0.5 + (F\frac{x - b_{cp}T}{\sigma_b T}) = 0.5 + F(\frac{x - b_{cp}T}{\sigma_b T}).$$

Этот закон носит название альфа-распределения, и его достоинством является возможность рассмотрения моделей с учетом динамики изменения определяющего параметра при его движении к границам области работоспособности [2].

Для решения задачи нахождения времени до начала массовых отказов комплекса необходимо решить уравнение

$$\frac{d^3 f(T)}{dT^3} = 0.$$

Таким образом, разбивая тест на отдельные последовательные участки про-

хождения, рассчитывая вероятность нахождения определяющего параметра в допустимых диапазонах на определенных участках, решая уравнения, мы находим количественное значение определяющего параметра, т. е. время до начала массовых отказов. АКПА может быть использована для диагностики технического состояния КАВ и определения сроков проведения технического обслуживания, проведения корректировки вышедших за допустимые пределы параметров по результатам проведения теста, а также предотвращения отказов КАВ.

Для обеспечения надежности КАВ необходимо учитывать информацию о предшествующем состоянии КАВ и выработки на основе полученной информации решений о техническом обслуживании ЛА, тем самым не допуская вылет ЛА в полет с неисправным КАВ. Информацию о состоянии КАВ получает АКПА в ходе реализации замкнутого цикла, который за счет своего многократного повторения позволяет судить об исправности оборудования, обеспечивающего применения АСП.

Нахождение временных характеристик в заданных границах и определение времени до начала массовых отказов позволяет гарантировать работу КАВ при прицеливании управляемыми АСП, позволит повысить надежность КАВ за счет проведения предполетной подготовке ЛА с применением АКПА с тестами, включающими в себя алгоритмы проверок, нахождения временных характеристик в заданных значениях. Проведение проверки с помощью АКПА перед каждым вылетом ЛА позволит значительно повысить качество проведения предполетной подготовки ЛА, в частности КАВ, и гарантировать работу КАВ в динамических режимах [5].

Список литературы

1. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К. Математические методы в теории надежности. М.: Либроком, 2013 .

2. Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных систем. М.: Медиа, 2012.

3. Данеко А.И., Рафиков М.Ю., Тишков В.В. Методология исследования систем управления авиационным вооружением. М.: МАИ, 2003.

4. Векленко Ю.А., Киселев А.С. Проведение проверки комплекса авиационного вооружения при предполетной подготовке летательного аппарата – гарантия выполнения боевой задачи // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия «Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение». 2012. № 2. Ч. 1. С. 36–40.

5. Пат. 2482545 РФ, МПК G09B 9/08 F41A 33/00. Способ и устройство в виде учебно-летного имитатора авиационных средств поражения для обучения летного состава / Дурнев В.В., Тарасов В.В., Поляков В.Б., Демин И.М., Дмитриев П.В., Кузнецов В.П., Киселев А.С., Манухин С.В., Суровых В.А.; ООО ОКБ «Авиаавтоматика». №2011137758/11; заяв. 13.09.2011; опубл. 20.05.2013, Бюл. № 14.

Получено 14.11.13

Yu.A. Veklenko, Candidate of Sciences, Head of Testbed and Technological Control Means Department, «Aviaavtomatica» Development Labs, Kursk Joint-stock Company «Pribor» (e-mail: okb@aviavtom.kursk.ru)

A.S. Kiselyov, Engineer, «Aviaavtomatica» Development Labs, (Kursk) (e-mail: kbavia@fitmail.ru)

AUTOMATED TEST EQUIPMENT, AS A MEANS TO IMPROVE THE RELIABILITY AIRCRAFT ARMAMENT DURING THE PREFLIGHT PREPARATION OF THE AIRCRAFT

Presented approach to using the automated test equipment preflight preparation of the aircraft and technical condition diagnostics complex aircraft armament.

***Key words**: complex of aviation arms, automation of check of the flying machine, reiability.*

УДК 621.391

Ю.Г. Шипулин, д-р техн. наук, профессор, Ташкентский государственный технический университет (тел.: +998-90-345-23-99)

Ш.Ю. Шипулин, менеджер фирмы «CHECKMARKET» (Ташкент) (тел.: +7-495-740-32-34)

С.А. Максудов, зам. директора ООО «NIROSTANDART» (Ташкент) (тел.: +998-93-777-30-20)

О.С. Райимжанова, старший преподаватель, Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий (тел.: +998-90-231-22-41)

Ж.У. Халикулов, магистрант, Ташкентский государственный технический университет (тел.: +998-90-901-85-21)

Д.В. Титов, канд. техн. наук, старший преподаватель, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: amazing2004@inbox.ru)

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ

Приведены принципы построения, основные характеристики и конструкция многофункционального устройства, состоящего из теплового преобразователя термоанемометрического типа для контроля скорости потока воздуха и оптоэлектронного преобразователя для определения направления потока воздуха в диапазоне 360 градусов.

***Ключевые слова**: многофункциональный, скорость потока, температура воздуха, теплообмен, контроль, направление потока, источник излучения, приемник излучения, измерительная схема.*

***

В таких отраслях промышленности, как тепло- и ветроэнергетика, нефтегазовые комплексы, строительство высотных зданий, радио- и телевизионные ретрансляторы, транспортные туннели, горнорудные шахты и др., необходимо контролировать важные параметры воздушных потоков – скорость, температура, наличие и направление или отсутствие воздушного потока.

Среди существующих устройств для контроля направления и скорости воздушных потоков [1, 2] недостаточно исследованы и разработаны устройства, состоящие из тепловых преобразователей скорости воздуха и оптоэлектронного преобразователя направления потока воздуха, которые имеют ряд существенных достоинств, таких как высокая чувствительность, надёжность, точность и простота технологии изготовления. Кроме того, современные системы контроля и управления воздушными потоками требуют, чтобы устройства контроля были многофункциональными и позволяли одной конструкцией контролировать скорость, температуру, направление и наличие потока воздуха, а также обеспечивали удобство сопряжения с микропроцессорными средствами.

Перечисленным требованиям наиболее полно удовлетворяют тепловые преобразователи термоанемометрического типа, которые имеют высокую чувствительность особенно при малых скоростях потоков. Функциональные возможности устройства повышаются путем одновременного измерения с помощью тепловых преобразователей скорости и температуры потока воздуха и оптоэлектронного преобразователя – поворота флюгера декартовых координатах в диапазоне от 0 до 360 градусов.

На рис.1 приведена конструкция устройства для измерения скорости и направления горизонтального ветра, на рис. 2 – измерительная схема устройства; на рис. 3 представлены расположения верхнего приемника излучения и оптического экрана при различных направлениях ветра, а именно на рис. 3, *a*, *b*, *c* показаны расположения верхних и ниж-

них приемников излучения при исходном направлении ветра в виде стрелки в векторной диаграмме на экране компьютера; на рис. 3, *d*, *e*, *f* показаны расположения верхних и нижних приемников излучения и стрелки на экране компьютера при повороте от исходного направления ветра на 90 градусов против часовой стрелки; на рис. 3, *g*, *h*, *i* показаны расположения приемников излучения, экрана и стрелки при повороте направления ветра на 180 градусов от исходного; на рис. 3, *j*, *k*, *l* показаны расположения приемников излучения, экрана и стрелки при повороте направления ветра на 270 градусов; на рис. 4 приведены статические характеристики теплового преобразователя.

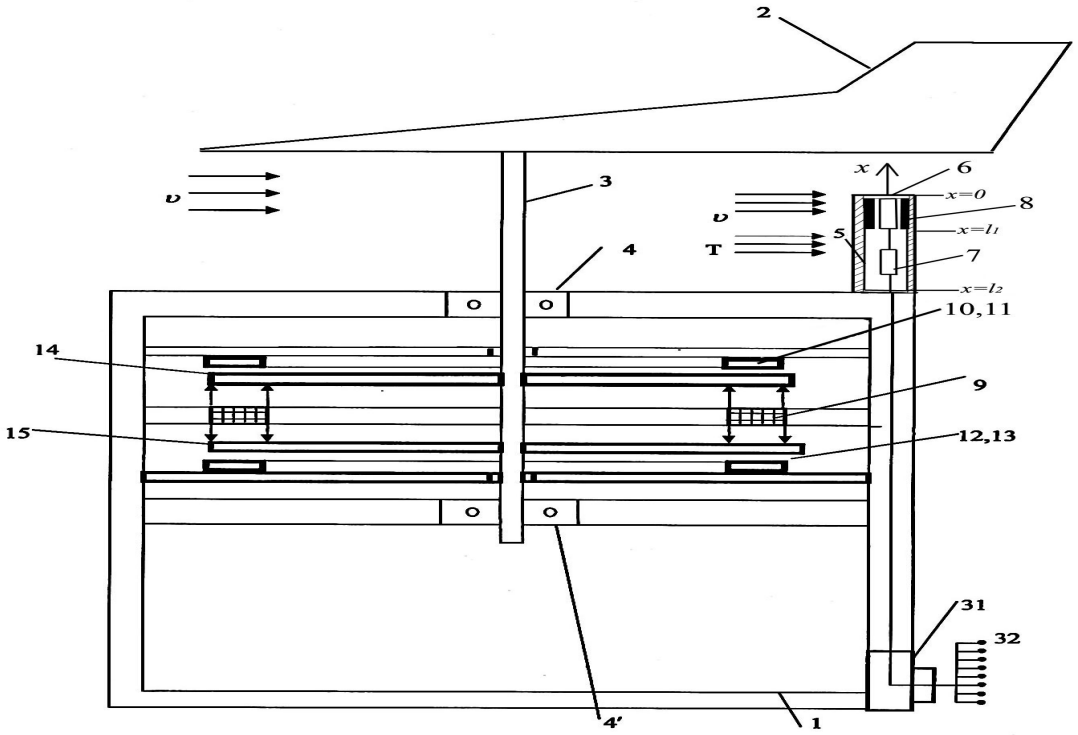


Рис.1. Конструкция многофункционального устройства для измерения скорости и направления горизонтального ветра

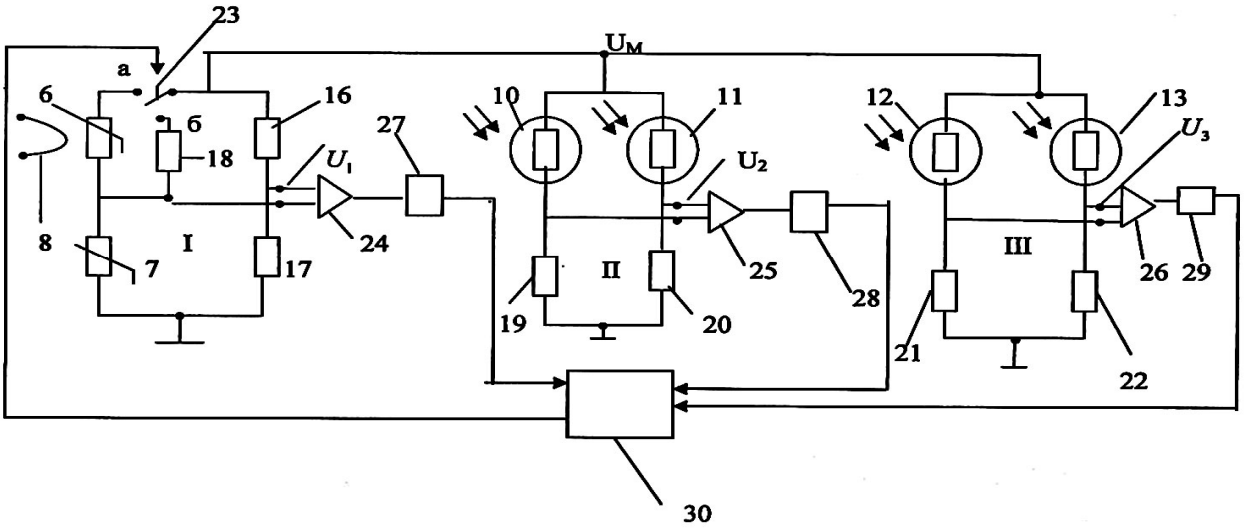


Рис. 2. Измерительная схема многофункционального устройства измерения скорости и направления горизонтального ветра

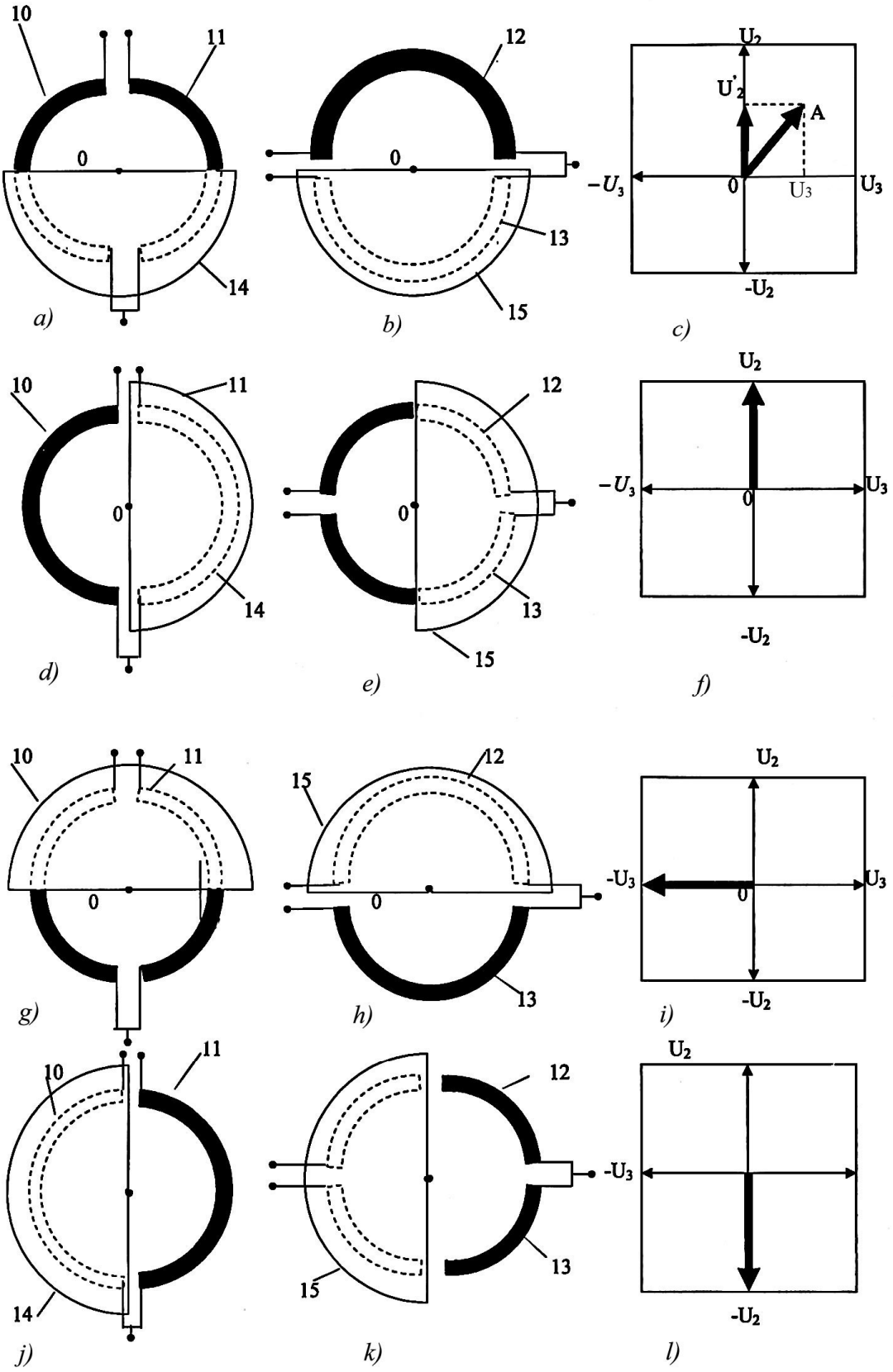


Рис. 3. Схемы расположения верхнего приемника излучения и подвижного оптического экрана

Устройство для измерения скорости и направления ветра (см. рис. 1, рис. 2) состоит из корпуса 1, флюгера 2, стержня-оси 3, подшипников 4 и 4', медной трубки 5, в которую помещены основной 6 и дополнительный 7 терморезисторы и нагревательный элемент 8, кольцевого источника излучения 9, верхних полукольцевых приемников излучения 10, 11 и смещенных на 90 градусов относительно них нижних полукольцевых приемников 12, 13; верхнего 14 и нижнего 15 полудисковых оптических экранов; постоянных электрических сопротивлений 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22; переключателя 23; электронных усилителей 24, 25, 26, аналого-цифровых преобразователей 27, 28, 29; микропроцессора 30; штепсельного разъема 31; выводных проводов 32. На рисунках обозначены $U_м$ – напряжение питания, подаваемое в мостовые схемы I, II, III, $U_1 U_2, U_3$ – выходные напряжения мостовых схем.

Устройство для измерения скорости и направления ветра работает следующим образом. При наличии горизонтального ветра со скоростью V (см. рис.1) основной терморезистор 6 с нагревательным элементом 8 нагревается и благодаря медной трубке 5, обеспечивающей хороший тепловой контакт с окружающим воздухом, вступает в теплообмен с потоком ветра. В зависимости от величины скорости потока V устанавливается определенный процесс теплообмена, его температура и, следовательно, электрическое сопротивление терморезистора 6.

В исходном состоянии при отсутствии скорости ветра ($V = 0$) мост I для измерения скорости ветра (см. рис. 2) уравновешен ($U_1 = 0$), и при положении «а» переключателя 23 сопротивления 6, 7, 16, 17 равны между собой. При наличии скорости ветра ($V \neq 0$) терморезистор 6 в результате увеличения теплообмена охлаждается, температура уменьшается и его сопротивление изменяется, при этом мост выходит из равновесия и его выходное напряжение U_1 дает информацию о скорости потока ветра [$U_1 = f(v)$]. Далее сигнал о скорости ветра через 24 и 27 подается в микропроцессор 30.

Так как при изменении температуры изменяется и сопротивление терморезистора 6, то для компенсации этого изменения используется терморезистор 7, который реагирует только на температуру потока. Для измерения температуры потока сигнал от микропроцессора 30 через переключатель 23 в положении «б» подключает к мостовой измерительной схеме I постоянное сопротивление 18, и мостовая схема I с терморезистором 7 будет контролировать только температуру T потока ветра. Благодаря медной трубке 5, в которую помещены терморезисторы 6 и 7 и нагревательный элемент 8, обеспечивается хороший тепловой контакт с потоком воздуха и защищаются 6, 7 и 8 от атмосферных осадков и других воздействий.

Таким образом, мостовая измерительная схема I с терморезисторами 6 и 7 и нагревательным элементом 8 позволяет благодаря переключателю 23 измерять скорость при положении контакта переключателя 23 «а» и температуру потока при положении контакта переключателя 23 «б». Далее в обоих случаях выходной сигнал U_1 усиливается электронным усилителем 24 и через аналого-цифровой переключатель 27 подается на микропроцессор 30, в котором периодически фиксируется информация о скорости v и температуре T воздушного потока.

В исходном направлении горизонтального ветра флюгер 2 с осью 3 принимает положение, показанное на рис.1, и одновременно оптические полудисковые экраны 14 и 15 принимают соответствующие положения по отношению к полукольцевым фоторезисторам 10, 11 и 12, 13 (см. рис. 3, *а*, *в*). В мостовой измерительной схеме II с полукольцевыми фоторезисторами 10 и 11 происходит одинаковое затемнение на половину их сопротивлений, и при равенстве их сопротивлений другим сопротивлениям моста

19 и 20 выходное напряжение моста II будет равно нулю ($U_2 = 0$). В мостовой схеме III (см. рис.2) с фоторезисторами 12 и 13 из-за полного затемнения фоторезистора 13 (его сопротивление будет максимальным), и полного освещения фоторезистора 12 (его сопротивление будет минимальным), при равенстве сопротивлений других плеч 21 и 22 выходное напряжение моста U_3 будет иметь максимальное значение со знаком «+». Эти значения напряжений мостов U_2 и U_3 могут быть отображены на экране компьютера в виде векторной диаграммы. Откладывая по осям U_2 и U_3 их значения (см. рис. 3, *c*), получаем векторное изображение направления горизонтального ветра при данном положении флюгера 2. При изменении направления ветра, например против часовой стрелки, флюгер 2 с помощью оси-стержня 3 повернет оптические экраны 14 и 15 и на выходе мостовых схем появятся соответствующие выходные напряжения U'_2 *и* U'_3, и их векторная сумма будет давать информацию о реальном направлении потока ветра с помощью стрелки OA.

На рис. 3, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, *j*, *k*, *l* показаны расположения фоторезисторов 10, 11, 12, 13, оптических экранов 14, 15 и полученные на экране компьютера изображения стрелки поворота при повороте флюгера 2 на 90, 180 и 270 градусов против часовой стрелки по отношению к исходному направлению ветра, показанному на рис. 1.

Принцип работы теплового преобразователя скорости термоанемометрического типа основан на установлении связи между скоростью воздушного потока V и распределением температуры $T(x)$ вдоль теплопровода 5 преобразователя. Рассмотрим данную тепловую систему преобразователя в виде теплового четырехполюсника, что позволит эффективно проанализировать тепловую систему, состоящую из двух участков l_1 и l_2.

В матричной форме уравнение теплового четырехполюсника с распределенным источником тепла записывается в следующем виде:

$$\begin{vmatrix} T(x) \\ \Phi(x) \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} T_q(x) \\ \Phi_q(x) \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} A(x) & B(x) \\ C(x) & D(x) \end{vmatrix} \begin{vmatrix} T(0) \\ \Phi(0) \end{vmatrix}, \quad (1)$$

или в операторной форме:

$$\begin{vmatrix} T(x,p) \\ \Phi(x,p) \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} T_q(x,p) \\ \Phi_q(x,p) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A(x,p) & B(x,p) \\ C(x,p) & D(x,p) \end{vmatrix} \begin{vmatrix} T(0,p) \\ \Phi(0,p) \end{vmatrix}, \quad (2)$$

где $T(x,p)$, $\Phi(x,p)$ – температура и тепловой поток;

$T_q(x,p)$, $\Phi_q(x,p)$ – распределенные источники температуры и теплового потока;

$T(0,p)$, $\Phi(0,p)$ – значения температуры и теплового потока в начале и в конце теплопровода;

$A(x,p)$, $B(x,p)$, $C(x,p)$, $D(x,p)$ – параметры теплового четырехполюсника.

На основании (1) для теплового преобразователя можно записать уравнение распределения вдоль участка $0 \le x \le l_1$ при постоянном тепловом потоке q(x)=q= const:

$$T_1(x) = T_1(0) ch\gamma_1 x + \frac{q}{g}(1 - ch\gamma_1 x), \quad (3)$$

и вдоль участка $l_1 \le x \le l_2$:

$$T_2(x) = T_2(l_1) ch\gamma_2 x - z_2 \Phi_2(l_1) sh\gamma_2 x. \quad (4)$$

В точке $x = l_1$ имеет место равенство температур $T_1(l_1) = T_2(l_2)$ и их производных

$$\left.\frac{T_1(x)}{dx}\right|_{x=l_1} \qquad \left.\frac{T_2(x)}{dx}\right|_{x=l_2}. \quad (5)$$

В результате решения уравнений получено

$$T_1(x) = \frac{q}{g_1}\left(1 - \frac{ch\gamma_1 x}{ch\gamma_2 l_1 + \frac{\gamma_2}{\gamma_2} sh\gamma_1 l_1}\right), \quad (6)$$

$$T_2(x) = \frac{\gamma_1}{\gamma_2}\left[\frac{q}{g} - T_1(0)\right] sh\gamma_1 l e^{-(x-l_1)\gamma_2}. \quad (7)$$

Анализ выражений (6) и (7) с точки зрения повышения чувствительности позволяет сделать выводы:

1) участок $0 \le x \le l_1$ целесообразно выполнять из материалов с большим значением r и минимальным d_1;

2) термочувствительный элемент необходимо устанавливать на участке $0 \le x \le l_1$ ближе к торцевой части теплопровода при x=0;

3) длина участка $0 \le x \le l_1$ должна обеспечивать выполнение условия q(x)=const на участке расположения термочувствительного элемента;

4) длина участка $l_1 \le x \le l_2$ должна обеспечить минимальное влияние изменения температуры подставки.

На рис. 4. приведены статические характеристики теплового преобразователя термоанемометрического типа.

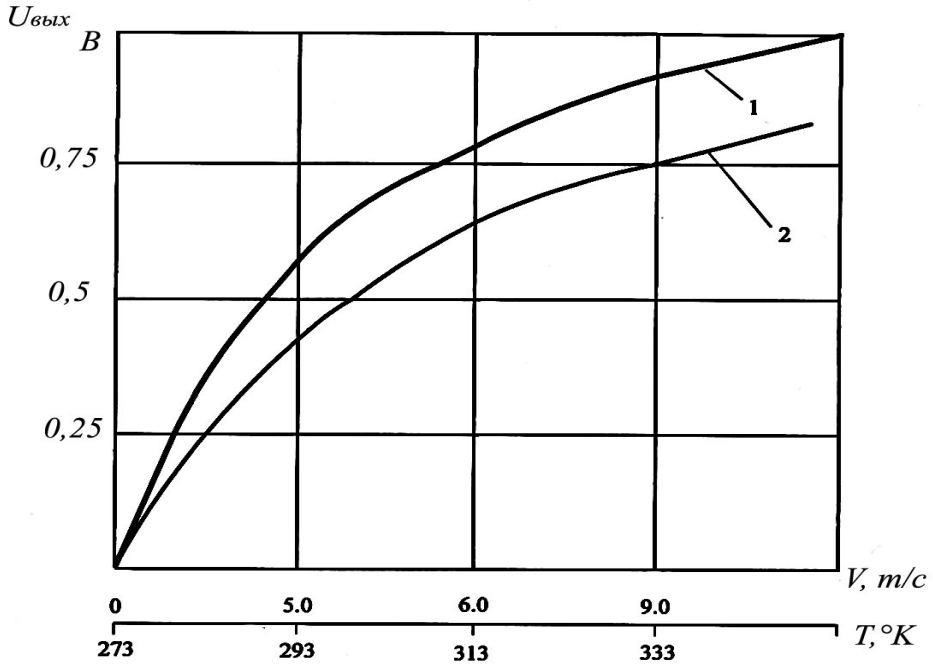


Рис.4. Статические характеристики теплового преобразователя: 1 – при контроле скорости потока; 2 – при контроле температуры потока

Возможность осуществлять с помощью дополнительного терморезистора 7 компенсацию влияния изменения температуры воздуха при измерении скорости и отдельно измерять температуру потока воздуха обеспечивается благодаря тому, что в мостовой измерительной схеме I основной терморезистор 6, снабженный нагревательным элементом 8 и переключателем 23, имеет возможность поочередно подключать к плечу мостовой схемы терморезистор 6 или постоянное сопротивление 18. Применение кольцевого источника излучения 9, расположенного между верхними и нижними полукольцевыми фоторезисторами 10, 11, 12, 13, соединенными в кольцо 2 и смещенными на 90 градусов относительно друг друга, и расположения полудисковых оптических экранов 14, 15, закрепленных на оси 3 между источником излучения и фоторезисторами, позволяет на экране компьютера получить полное изображение направления ветра в диапазоне 0-360 градусов в векторной форме.

Статья выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук (МК-1194.2014.8).

---

1. Фрайден Дж. Современные датчики: справочник. М.: Техносфера, 2005. 592 с.

2. Азимов Р.К. Тепловые преобразователи скорости и направления потоков газов и жидкостей. М.: Энергоатомиздат, 1990. 87 с.

Получено 12.11.13

U.G. Shipulin, Doctor of Sciences, Professor, Tashkent State Technical University (tel.: +998-90-345-23-99)

Sh.U. Shipulin, Manager of the company «CHECKMARKET» (Tashkent) (tel.: +7-495-740-32-34)

S.A. Maksudov, vice-director of the company «NIROSTANDART» (Tashkent) (tel.: +998-93-777-30-20)

O.S. Rayimzhanova, Senior Lecturer, Fergana branch of Tashkent University of Informative Technologies (tel.: +998-90-231-22-41)

Zh.U. Halikulov, Post-Graduate Student, Tashkent State Technical University (tel.: +998-90-901-85-21)

D.V. Titov, Candidate of Sciences, Senior Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: amazing2004@inbox.ru)

MULTIFUNCTIONAL DEVICE FOR THE PARAMETER CONTROL OF THE AIR FLOW

In the article principles of creation, basic characteristics and construction of the multifunctional device composed of the thermal converter of a thermo-anemometric type, made for the control of the air flow speed and the optic-electronic converter for determination of the air flow way over the range of 360 degrees are shown.

***Key words**: multifunctional, speed of flow, air temperature, heat exchange, control, flow way, emitting source, emitting receiver, measuring scheme.*

УДК 517.711.3

В.В. Свиридов, канд. физ.-мат. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kafedra-ipm@mail.ru)

Т.В. Алябьева, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kafedra-ipm@mail.ru)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В работе дано описание конечно-элементной модели и системы программ, реализованных с использованием пакета MATHCAD, для решения трехмерной задачи о равновесной температуре подземного хранилища.

***Ключевые слова**: моделирование, конечные элементы, трёхмерная задача теплопроводности.*

***

Задача о равновесной температуре в помещении подземного хранилища

Рассмотрим подземное хранилище или погреб, имеющее внутреннее помещение в виде прямоугольной комнаты с параметрами: a – длина, b – ширина, H – высота. Предположим, что конструктивно хранилище выполнено из некоторого теплоизолирующего материала, например камня, с толщиной стенок As и Bs с боковой и торцевой поверхности соответственно. Дно и потолок имеют толщину соответственно Qd и Qp и выполнены из того же материала. Вертикальное сечение конструкции имеет вид, приведённый на рисунке 1.

На рисунке 1 наклонной штриховкой показан грунт, точнее область грунта, задействованная в конечно-элементном расчете. В дальнейшем считаем, что $H_1 > Qp$.

Для решения вводим систему координат $0XYZ$, как показано на рисунке 1. Ось $0X$ не показана, она направлена перпендикулярно к плоскости рисунка по направлению к читателю.

В задаче используются физические характеристики (параметры):

λ_1 – коэффициент теплопроводности материала стенок;

λ_2 – коэффициент теплопроводности грунта;

h_1 – коэффициент конвективного теплообмена грунта и воздуха;

h_2 – коэффициент конвективного теплообмена материала стенок и воздуха;

$T_{1,\infty}$ – температура на бесконечности окружающего воздуха;

$T_{2,\infty}$ – температура на бесконечности внутреннего воздуха в помещении.

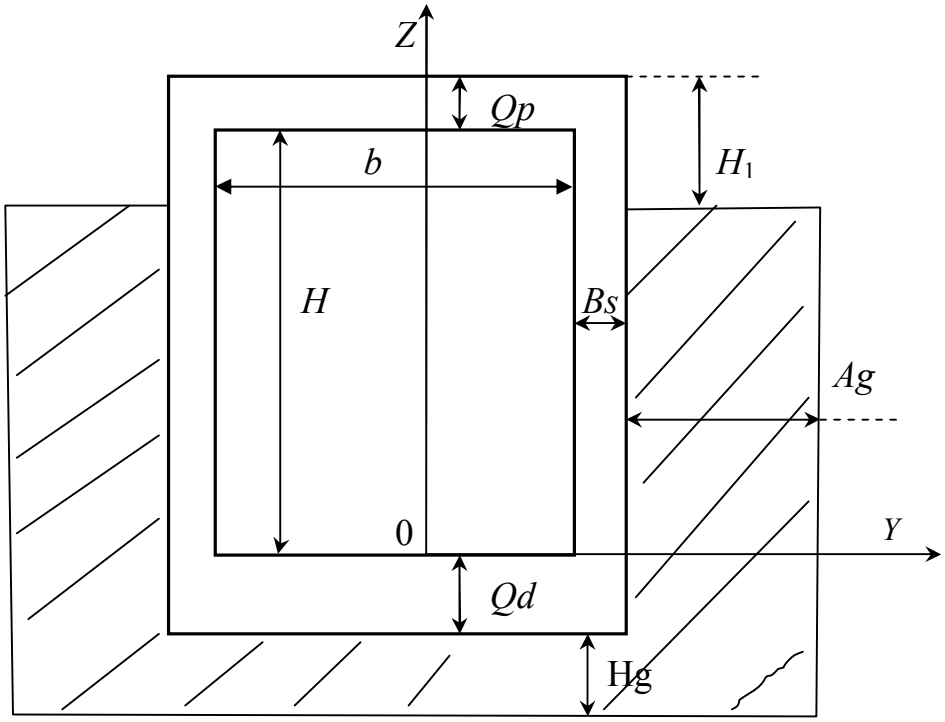


Рис. 1. Вертикальное сечение подземного хранилища, частично выступающего на поверхность:
H1 – высота конструкции, выступающей над поверхностью грунта;
Ag – толщина области грунта, окружающего погреб, вовлекаемая в расчет;
Hg – толщина слоя грунта под дном погреба, вовлекаемого в расчет

В последнем случае под температурой на бесконечности понимается температура в точках помещения, достаточно удаленных от граничных стенок, например в центре внутренней области. Величина $T_{2,\infty}$ является расчетной, т. е. целью конечно-элементного расчета указанной конструкции.

Формирование конечно-элементной сетки

В расчете используются стандартные призматические элементы (рис. 2).

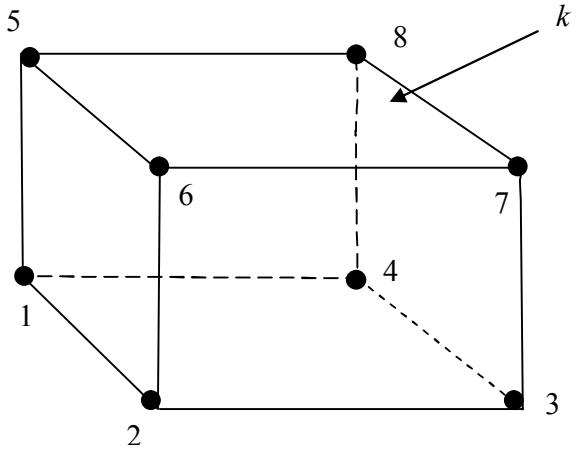


Рис. 2. Форма призматического конечного элемента

Данный элемент с номером k имеет восемь узловых вершин (1–8). Эти вершины должны быть расположены в некоторых восьми точках пространственной сетки, содержащей Nt точек, $P[Nt, 3]$ с координатами $P_{i,1}, P_{i,2}, P_{i,3}, i = 1,..., Nt$.

Таким образом, привязка набора конечных элементов к сети узловых точек характеризуется некоторым массивом $E[Ne,8]$, где – глобальный номер вершины j конечного элемента i конечно-элементной сети. То есть сеть конечных элементов описывается двумя числовыми параметрами: Ne, Nt и двумя массивами $P[Nt, 3], E[Ne, 8]$.

Построение такой сети в автоматическом режиме, т. е. программно, является важнейшим этапом задачи программирования по методу конечных элементов. Данная программа разрабатывается для каждой конкретной задачи.

При построении конечно-элементной сети используем следующие параметры:

$kb = 4$ – кратность разбиения по ширине внутренней области;

$ka = 3$ – кратность разбиения по ширине области;

$ks = 2$ – кратность разбиения по толщине граничных стенок;

$kg = 3$ – кратность разбиения по толщине задействованного слоя грунта.

Все конечные элементы имеют вид вертикально расположенных прямоугольных параллелепипедов, расположенных между соседними слоями узлов таким образом, что их верхние торцевые грани получаются параллельными вертикальным сдвигам прямоугольника из нижнего сечения на величину расстояния между слоями.

Для окончательного задания конечно-элементной сети необходимо задать расстояния по вертикали между соседними слоями, для чего вводим следующие параметры:

kp – кратность разбиения по толщине верхнего перекрытия внутренней области;

$kH1$ – кратность разбиения по высоте части хранилища, выступающей над поверхностью грунта;

kH – кратность разбиения по высоте части хранилища, погруженной в грунт;

kd – кратность подразделения по толщине дна хранилища.

Сформулируем цель разработки программы с использованием пакета MathCad (MatLab).

Должна быть разработана функция пользователя вида

$$T_\infty 2(a,b,H,H_1,As,Bs,Qp,Qd,Ag,Ag,kp,$$
$$kH1,kH,kd,ka,kb,ks,kg,\lambda_1,\lambda_2,h_1,h_2,T\infty 1)$$

То есть функция, которая в зависимости от всех геометрических параметров конструкции, физических параметров материалов, кратностных параметров сетки узлов методом конечных элементов, рассчитывает среднюю установившуюся температуру внутри хранилища. То есть температуру, при которой потоки тепла, поступающие во внутреннюю область из более нагретых верхних частей окружающей среды и уходящие в более охлажденные нижние части среды, уравновешивают друг друга.

Такая программа была разработана в пакетах MATHCAD и MATLAB, и ее применение в обоих пакетах дало совпадающие результаты [1].

Пример использования программы

Ставится задача нахождения равновесной температуры внутри хранилища длиной $a = 5$ м, шириной b = 3 м, высотой внутреннего помещения $H = 2$ м при высоте выступающей на поверхности земли части $H_1 = 1$ м, толщине каменных стенок потолка и пола 0,5 м, вовлечении в расчет окружающего слоя грунта шириной и толщиной 1 м, температуре окружающего воздуха $T_2 = 20\ ^\circ C$, темпе-

ратуре в глубине земли $T_0 = 0\ ^\circ C$, коэффициенте теплопроводности материала стен хранилища $\lambda_1 = 1$ Вт / (м·°С), коэффициенте теплопроводности грунта $\lambda_2 = 0{,}5$ Вт / (м·°С), коэффициенте конвективной теплоотдачи в окружающий воздух $h_1 = 30$ Вт / (м·°С), коэффициенте конвективной теплоотдачи в воздух внутреннего помещения $h_2 = 10$ Вт / (м·°С).

Для расчета установим в программе все указанные геометрические и физические параметры и выберем следующие параметры кратности разбиения области расчета по координатам при формировании сети конечных элементов:

– кратность разбиения по длине хранилища *ka* := 3;

– кратность разбиения по ширине хранилища *kb* :=3 ;

– кратность разбиения по высоте погруженной в грунт части хранилища *kH* := 3;

– кратность разбиения по высоте части хранилища, выступающей над поверхностью грунта *kH*1 := 5;

– кратность разбиения по толщине потолочного перекрытия хранилища *kp* := 3;

– кратность разбиения по толщине дна хранилища *kd* := 3;

– кратность разбиения по толщине слоя грунта, вовлекаемого в расчет, *kg* := 3;

– кратность разбиения по толщине стен хранилища *ks*:= 3.

Будем варьировать искомую температуру T_1 внутреннего помещения, повторно запуская расчетную MathCad-программу и добиваясь нулевого суммарного потока через внутреннюю поверхность хранилища.

1. $T_1 = 2\ ^\circ$С, $F = 71{,}838$.

Температура $T_1 = 2\ ^\circ$С является заниженной.

2. $T_1 = 8\ ^\circ$С, $F = -9{,}7$.

Температура $T_1 = 8\ ^\circ$С является завышенной.

3. $T_1 = 7\ ^\circ$С, $F = 3{,}47$.

Температура $T_1 = 7\ ^\circ$С является заниженной.

Таким образом, при указанных параметрах задачи получаем ее решение, то есть искомую среднюю равновесную температуру внутри хранилища как величину в пределах $7 - 8\ ^\circ$С.

Данную программу можно использовать и для решения задач проектирования.

Пусть требуется иметь внутреннюю температуру порядка $3 - 4\ ^\circ$С. Нужно подобрать соответствующие конструктивные геометрические физические параметры.

Также могут рассматриваться и оптимизационные задачи, например, сохраняя диапазон $7 - 8^\circ$С, за счет варьирования степени заглубления, толщины стен или потолка минимизировать затраты строительных материалов и т. д.

Список литературы

1. Метод конечных элементов и его использование при решении аграрных задач: учебное пособие / В.В. Серебровский, Т.В. Алябьева, Е.В. Павлова, А.В. Полянский; Курская государственная сельскохозяйственная академия. Курск, 2013. 152 с.

2. Корнеев В.Г. Схемы метода конечных элементов высоких порядков точности. Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1977.

3. Сьярле Ф. Метод конечных элементов для эллиптических задач: [пер. с англ.]. М.: Мир, 1980.

Получено 14.11.13

V.V. Sviridov, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kafedra-ipm@mail.ru)

T.V. Alyabjeva, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kafedra-ipm@mail.ru)

MATHEMATICAL MODELING OF THREE-DIMENSIONAL HEAT CONDUCTION PROBLEM FINITE ELEMENT METHOD

A description of the finite element model and system programs implemented using the package MATHCAD, for solving the three-dimensional problem of the equilibrium temperature of the underground storage.

***Key words**: modeling, finite elements, three-dimensional heat conduction problem.*

УДК 519.8

О.О. Варламов, д-р техн. наук, профессор, НИИ МИВАР (Москва) (e-mail: ovar@mivar.ru)

В.М. Лазарев, д-р техн. наук, профессор, ЗАО «Поиск-ИТ» (Москва) (e-mail: v.lazarev@poisk-it.ru)

О.И. Атакищев, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: аои007@ mail.ru)

М.О. Чибирова, НИИ МИВАР (Москва) (e-mail: ovar@mivar.ru)

Г.С. Сергушин, НИИ МИВАР (Москва) (e-mail: ovar@mivar.ru)

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОГНИТИВНЫХ КАРТ И МИВАРНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ

В статье приведен анализ возможностей использования когнитивных карт и миварного подхода на всех этапах разработки систем поддержки принятия решений (СППР) при обработке данных космических систем наблюдения, а также даны оценки вычислительной сложности решаемых задач. Показано, что миварный подход обобщает когнитивные карты, которые могут рассматриваться как частный случай миварных сетей. Обоснован выбор миварного подхода, который позволяет моделировать, накапливать и логически обрабатывать большие объемы данных. Применение миваров позволит повысить интеллектуальность систем поддержки принятия решений, расширить границы рассматриваемых задач и создать системы поддержки принятия решений нового поколения.

***Ключевые слова**: космические системы наблюдения; дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ); мивар; миварные сети; системы поддержки принятия решений; когнитивные карты; когнитивный анализ; логический вывод с линейной вычислительной сложностью.*

***

Введение

В настоящее время получили огромное развитие и распространение системы дистанционного наблюдения, мониторинга и контроля. Важнейшим классом таких систем являются космические системы наблюдения Земли. Спектр решаемых этими системами задач широк и включает оперативный спутниковый контроль природных ресурсов, исследование динамических процессов на суше, в океанах и атмосфере, сбор метеорологической информации, сбор и оперативную обработку данных о зонах возможных катастроф и экологических бедствий. Наиболее широкое распространение получили телевизионные системы наблюдения Земли из космоса. Оформилось целое направление научно-технической деятельности, которое получило название – дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ).

Можно выделить восемь основных направлений использования информации

ДЗЗ, получаемой космическими системами наблюдения [1]:

1. Сельское хозяйство.
2. Климатология, контроль глобальных атмосферных явлений.
3. Поиск полезных ископаемых и энергоносителей.
4. Землепользование.
5. Наблюдение состояния морей и океанов.
6. Лесное хозяйство.
7. Контроль водных ресурсов.
8. Мониторинг чрезвычайных ситуаций.

Отмеченные направления обусловливают постоянную необходимость дальнейшего развития методов ДЗЗ – совокупности алгоритмов и программ для извлечения полезной информации, полученной аппаратурой ДЗЗ (телевизионная оптико-электронная аппаратура наблюдения поверхности Земли в различных спектральных диапазонах).

В связи с возрастающей сложностью систем управления становится все более актуальной задача разработки и применения различных программных систем поддержки принятия решения (СППР), обеспечивающих обнаружение аномальных отклонений развития ситуаций, контролируемых средствами космической системы наблюдения.

Модель деятельности организационной структуры контроля на обобщенном уровне может быть описана в виде повторяющегося итерационного процесса, реализующего заданные функции, обеспечивающие выполнение стоящих перед СППР задач по обнаружению аномальных отклонений развития ситуаций [2-7]. Она может быть представлена в виде циклического алгоритма процессов деятельности организационной структуры контроля, включающего 9 блоков (рис.1).

Такое модельное представление основано на ключевой роли, разработанной в ходе исследований модели угроз безопасности, признаков возникновения и сценариев возможного развития нештатных/кризисных ситуаций на объектах и соответствующих управленческих решений.

Блок 1 – Активизация процессов деятельности системы (организационной структуры) и предварительный анализ данных

При активизации используются совместно уже имеющаяся в системе информация (данные) и вновь поступающая информация (исходные данные) от различных источников. В качестве источников информации для поддержки процессов принятия решений используются данные от систем видеонаблюдения за деятельностью контролируемых объектов (видеоархив), от центров управления взаимодействующих систем. Проверяется достоверность данных, осуществляется их адресация по объектам системы, определяется соответствие события (ситуации) и типа данных той или иной функциональной подсистеме или нескольким таким подсистемам. Вся информация проверяется на соответствие заложенному в систему набору критериев оценки ситуаций, с сигнализацией блоку 2 обнаружения информации, которая удовлетворяет установленным критериям опасности ситуации.

Блок 2 – Оценка сложившейся обстановки и степени её критичности

Здесь анализируются все изменения и даётся предварительная оценка степени критичности ситуации. Далее осуществляется комплексная оценка выявленной ситуации с отнесением её к кризисной или нештатной ситуации. При этом выявление кризисной ситуации является сигналом для перевода системы в особый режим функционирования (переход к блоку 6). Нештатной ситуации соответствует нормальный режим функционирования системы (переход к блоку 3).

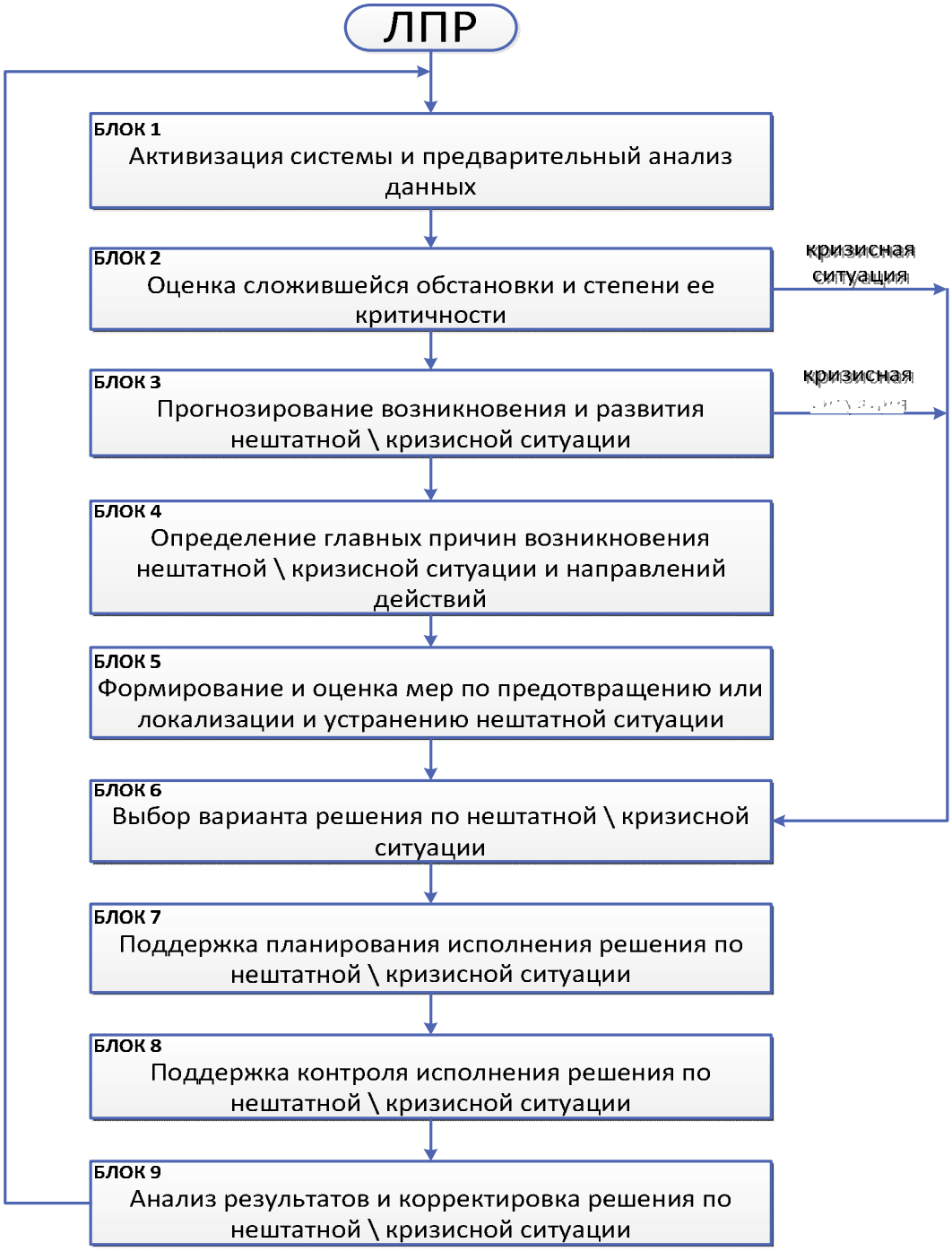


Рис. 1. Обобщенная модель процессов деятельности организационной структуры

Блок 3 – Прогнозирование возникновения и развития нештатной ситуации

Блок функционирует в нормальном режиме. Прогнозы возникновения и развития сопровождаются комплексной оценкой последствий данной нештатной ситуации, включая возможность перерастания её в кризисную ситуацию (переход к блоку 6).

Блок 4 – Определение главных причин нештатной ситуации и направлений действий

Анализируется история развития данной ситуации, которая блоком 3 была определена ранее как нештатная ситуация, с выделением главных причин данной ситуации и факторов, определяющих её развитие. Далее определяются главные управляющие воздействия и осуществля-

ется формирование целевой установки для подготовки пакетов мер.

Блок 5 – Оценка мер по предотвращению или локализации и устранению нештатной ситуации

Здесь формируются перечни мер, обеспечивающих управление данной нештатной ситуацией, с оформлением их в пакеты мер. Оценивается влияние пакетов мер на факторы, определяющие нештатную ситуацию. Оцениваются требуемые ресурсы, проводится анализ по критерию «затраты-эффективность».

Блок 6 – Выбор варианта решения по нештатной/кризисной ситуации. Выбор варианта зависит от режима системы

Функционирование в нормальном режиме (случай нештатной ситуации – переход от блока 5) предусматривает выбор эффективных пакетов мер с выделением рекомендуемого пакета и на этой основе принятием решения (переход к блоку 7). Функционирование в особом режиме (случай кризисной ситуации – переход от блоков 2 и 3) предусматривает анализ типовых пакетов мер, выбор из них рекомендуемого аналитиками и принятие решения. Далее осуществляется оценка запасов времени. Если запаса нет, то осуществляется переход к блоку 7. При наличии запаса времени включается аналитическая ветвь особого режима. Здесь выделяются факторы, определяющие развитие кризисной ситуации, с выявлением главных причин и определением главных управляющих воздействий. Уточняется перечень мер, обеспечивающих управление данной кризисной ситуацией, оценивается влияние мер на факторы, определяющие данную ситуацию. Проводится анализ по критерию «затраты-эффективность», после чего формируется рекомендуемый пакет мер. Далее принимается решение и осуществляется переход к блоку 7.

Блок 7 – Поддержка планирования исполнения решения по нештатной/кризисной ситуации

Проводится анализ отклонений развития ситуации от «Пакетной», вырабатываются оперативные рекомендации исполнительным органам, после чего рекомендации доводятся до исполнителей.

Блок 8 – Поддержка контроля исполнения решения по нештатной/кризисной ситуации

Система обеспечивает получение информации об изменениях в развитии нештатной/кризисной ситуации и результатах исполнения решения. Проводится выявление отклонения фактических результатов от плановых (сопоставление «План-факт»).

Блок 9 – Анализ результатов и корректировка решений по нештатной/кризисной ситуации

Здесь анализируются причины отклонения фактических результатов от плановых, выявляются факторы, определяющие ситуацию, формируется оценка последствий нештатной/кризисной ситуации. Осуществляется корректировка главных управляющих воздействий на нештатную/кризисную ситуацию, формируются целевая установка для подготовки пакета дополнительных мер и сам пакет с оценкой влияния и эффективности в зависимости от ресурсов, после чего принимается окончательное решение.

СППР представляют собой автоматизированные системы, предназначенные для оказания помощи в принятии решений на основе использования баз данных, документов и моделей областей. Такие системы могут опираться на различные методы принятия решений.

Можно выделить три основных этапа разработки СППР:

- извлечение и представление знаний;
- принятие решений;
- построение «человеко-машинных» (диалоговых) систем [8].

Задача описания предметной области является первоочередной, т.к. для принятия эффективных решений СППР требуется иметь исчерпывающие знания о рассматриваемой ситуации. На сегодняшний день существуют различные подходы, методы и языки представления данных и знаний. В данной работе проанализируем когнитивные карты, которые получили широкое практическое распространение [8–10]. Вместе с тем известен новый подход, объединяющий многомерное информационное пространство с логической обработкой линейной вычислительной сложности [11–35]. Этот подход активно развивается и называется миварные сети (миварный подход).

Анализ когнитивного подхода

Методология когнитивного моделирования предназначена для анализа и принятия решений в слабо структурированных ситуациях, для отображения которых используются когнитивные карты. Когнитивная карта представляет собой ориентированный взвешенный граф (рис. 2).

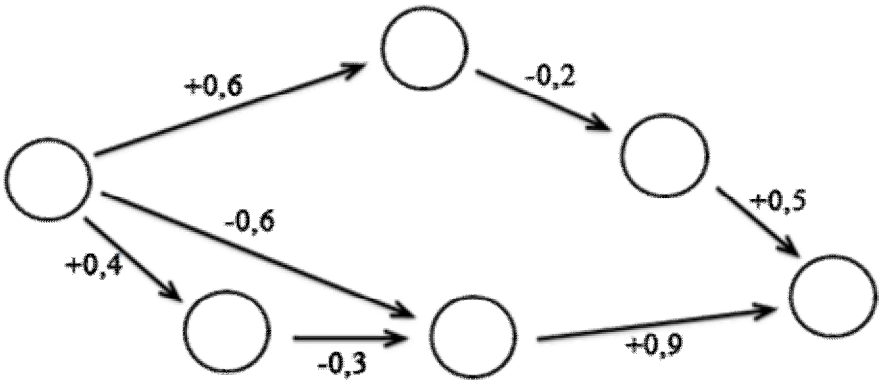


Рис. 2. Пример представления когнитивной карты

В нем вершины соответствуют базисным факторам ситуации, в терминах которых описываются процессы в модели. При этом связи определяются между факторами путем рассмотрения причинно-следственных цепочек, описывающих распространение их влияния друг на друга. Стоит отметить, что оно может быть либо усиливающим (положительным), либо тормозящим (отрицательным), либо переменного знака в зависимости от возможных дополнительных условий. При этом необходимо описать шкалу признаков, в соответствии с которой будет определяться вес отношения.

В настоящее время для определения степени влияния признаков используется метод прямого экспертного назначения силы влияния в виде коэффициента из интервала значений [-1, 1] или лингвистического значения из упорядоченного множества, например {«сильно увеличивает»,…, «слабо увеличивает»,…, «не влияет»}. Данный метод приводит к ошибкам и ограничивает диапазон решаемых задач.

Процесс когнитивного анализа ситуаций состоит из следующих этапов:

1) формулировка задачи и цели исследования;

2) изучение процесса с позиций поставленной цели;

3) сбор, систематизация, анализ существующей статистической и качественной информации по проблеме; источники – СМИ, собственные источники и др.;

4) выделение основных характеристических признаков изучаемого процесса и взаимосвязей, определение действия основных объективных законов развития исследуемой ситуации. Это необходимо для нахождения объективных зависимостей, тенденций в процессах;

5) определение присущих исследуемой ситуации требований, условий и ограничений;

6) определение путей, механизмов действия, реализации интересов основных объектов (субъектов). Это необходимо в дальнейшем для определения стратегии поведения и предотвращения нежелательных последствий развития ситуации [9].

Таким образом, на основе формулировки задачи и цели исследования происходит описание основных элементов ситуации и их характеристик (признаков) в виде каждого элемента d_n и множества признаков $F_n=\{f_{nm}\}$, m=1,…, M.

В виде признаков здесь выступают связи одних элементов с другими. Далее экспертным путем определяется когнитивная карта (F_n, W_n), являющаяся представлением эксперта о законах функционирования этого элемента, где W_n – матрица смежности орграфаразмерностью $n\times n$, отражающего функциональную структуру элемента ситуации d_n.

Когнитивные карты отдельных элементов объединяются в общую когнитивную карту:

$$(F,W), \qquad (1)$$

где $F=\cup F_n$ – множество признаков, описывающих ситуацию в целом, а W – матрица смежности, включающая матрицы смежности W_n отдельных элементов d_n и описывающая их взаимодействие [10].

Перейдем ко второму этапу разработки СППР: принятие решений.

В общем виде процесс принятия решений состоит из следующих этапов:

1) выявление и диагностика проблемной ситуации;
2) постановка цели;
3) анализ факторов;
4) разработка альтернатив;
5) оценивание и выбор альтернатив.

Анализ текущей ситуации необходим для выявления симптомов проблемной ситуации. Он может быть реализован несколькими методами: интеллектуальный анализ данных, рассуждения на базе прецедентов, нейронные сети, компьютерное имитационное моделирование, OLAP-средства. После выявления проблемы происходит постановка цели, достижение которой может полностью решить проблему. Если в процессе анализа было обнаружено несколько причин возникновения проблемной ситуации, то каждая причина порождает отдельную задачу. После выявления причин проблемных ситуаций и постановки цели рассматриваются задачи выработки альтернатив их решения. После чего оценивание и выбор альтернатив происходит на основе экспертного мнения или некоторых критериев.

При рассмотрении задачи принятия решения с использованием когнитивных карт модель ситуации задается четверкой $\langle F, X, X(0), W\rangle$. Начальными данными является текущее состояние $X(0)=(x_{11}^0, x_{12}^0 \ . \ , x_{nm}^0)$, желаемое состояние $X^G=(x_{11}^g, x_{12}^g ,\dots , x_{nm}^g)$ ситуации в функциональной системе поля знаний. Необходимо найти целевой вектор приращений

$$G=(p_{1j}, p_{2j}, \ . \ , p_{nm}),$$

где $p_{11}= x_{11}^g - x_{11}^0$, $p_{12}= x_{12}^g - x_{12}^0$, и т.д.

Целевой вектор приращений G показывает, в каком направлении и на сколько нужно изменить значения признаков в начальном состоянии X(0), чтобы перейти в целевое состояние X^G[8]. Последовательность таких изменений состояний (переходов) и называют «путем».

Задано множество управляющих признаков $R\subset F$, для каждого из которых определены ограничения на возможные их изменения, т.е. определены ресурсы управления в виде вектора $P^R=(p_{11}^r, \dots, p_{nm}^r)$. Задача заключается в нахождении множества решений $U = \{U_1, U_2, \dots, U_v\}$ для перевода ситуации из текущего состояния в целевое состояние.

Стоит отметить, что в некоторых случаях важно задание стратегий (алгоритмов) достижения целей. Они определяются экспертами в зависимости от ситуаций и требуют производить либо по-

иск кратчайшего пути, либо поиск пути с наименьшим или наибольшим весом.

Такие алгоритмы имеют высокую вычислительную сложность и не вариативны. Это также накладывает ограничения на диапазон решаемых задач и полноту их описания (чем больше объем данных, тем дольше происходит поиск решения) [37-66].

Анализ миварного подхода

Перейдем теперь к способу описания ситуаций с точки зрения миварного подхода, который базируется на эволюционных базах данных и знаний [11–13]. Важными достоинствами миварного подхода являются линейный матричный метод поиска логического вывода на адаптивной сети правил [14–15] и эволюционное миварное пространство [16] с возможностью параллельной обработки данных [17–18]. Миварный подход применяется для решения самых различных задач, включая самоорганизующиеся комплексы диагностики [11, 19], управление мобильными роботами [20], создание интеллектуальных систем [21–22], информационная безопасность [23], распознавание образов [24] и др. Теоретически обоснованы [25–26] и практически реализованы некоторые миварные интеллектуальные системы [27–36]. Отметим, что направление создания миварных систем активно развивается, например, только в 2013 году опубликовано более 8 научных статей [29–36].

Миварное пространство представляет собой множество осей, множество элементов осей, множество точек пространства и множество значений точек. Введем $A=\{a_n\}$, $n=1..N$, где A – множество названий осей миварного пространства, N – количество осей миварного пространства [11-13].

Тогда

$$\forall a_n \exists F_n = \{f_{n i_n}\}, n = 1..N, i_n = 1..I_n, \quad (2)$$

где F_n – множество элементов оси a_n;

i_n – идентификатор элемента множества F_n, $I_n=|F_n|$.

Множества F_n образуют многомерное пространство: $M=F_1 \times F_2 \times ... \times F_n$. $m=(i_1,i_2,..,i_N)$, $m \in M$, m – точка многомерного пространства, $(i_1,i_2,..,i_N)$ – координаты точки m.

Существует множество значений точек многомерного пространства M:

$$C_M=\{c_{i1,i2,..,iN} | i_1=1..I_1, i_2=1..I_2,..,i_n=1..I_N\},$$

где $c_{i1,i2,..,iN}$ – значение точки многомерного пространства M с координатами $c_{i1,i2,..,iN}$.

Для каждой точки пространства M не существует или существует единственное значение из множества C_M. Таким образом, C_M – множество изменений состояний модели данных, представляемой в многомерном пространстве.

Для перехода между многомерным пространством и множеством значений точек введено отношение

$$\mu: C_x=\mu(M_x),$$

где $M_x \subseteq M$, $M_x= F_{1x} \times F_{2x} \times ... \times F_{Nx}$.

Для описания модели данных в миварном пространстве необходимо выделить три оси: ось отношений O, ось признаков (свойств) элемента S и ось элементов (объектов) предметной областиV. Данные множества являются независимыми.

В многомерном пространстве каждому значению атрибута кортежа отношения соответствует точка с определёнными координатами. Отношения связывают элементы пространства. Множество всех точек многомерного пространства соответствует модели данных. При миварном подходе ее структура определяется точками пространства, которые хранят соответствующие значения атрибутов отношения. Миварная сеть может быть представлена в виде двудольного графа (рис. 3).

Аналогично с когнитивными картами (1), миварное пространство можно выразить кортежем вида

$$<V, S, O,> \quad (3)$$

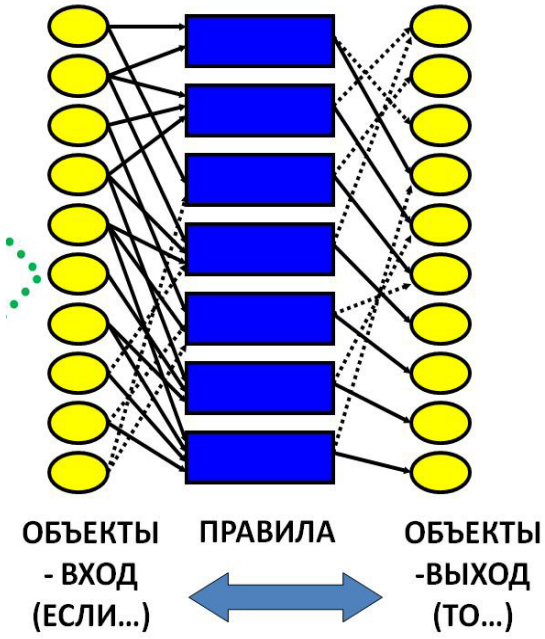


Рис. 3. Двудольный граф представления миварной сети

Стоит отметить, что элементы миварного пространства могут делиться на ряд классов:

- видовые и родовые;
- понятия части и целого;
- понятия элементов многоуровневой иерархии;
- единичные и общие;
- конкретные и абстрактные.

Отношения же могут быть представлены в любом виде: формулы, логические переходы, текстовые выражения, функции, сервисы и т. д. При этом в отношениях не ограничено количество входных и выходных параметров, что обеспечивает полноту описания связей между элементами области и возможность учесть все факторы, способные повлиять на ситуацию.

Процесс анализа и построения миварной модели предметной области состоит из следующих этапов (рис.4):

1) сбор существующих данных в рассматриваемой области;

2) выделение и описание объектов, их признаков и отношений.

Предметная область с точки зрения миварного подхода представляется в виде многомерного (базового трехмерного) пространства.

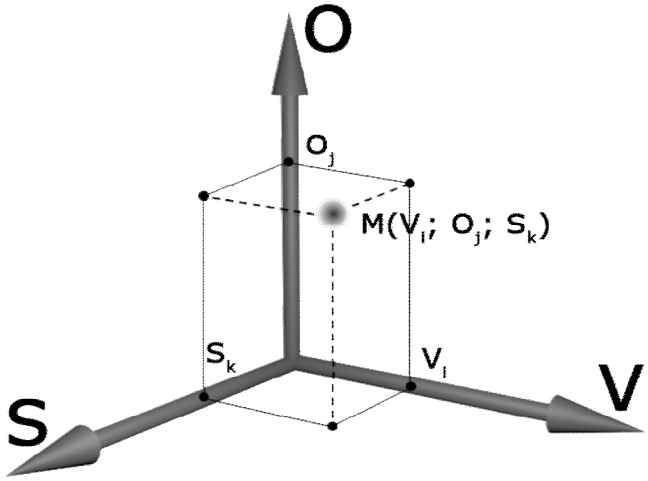


Рис. 4.Трехмерное миварное пространство представления данных

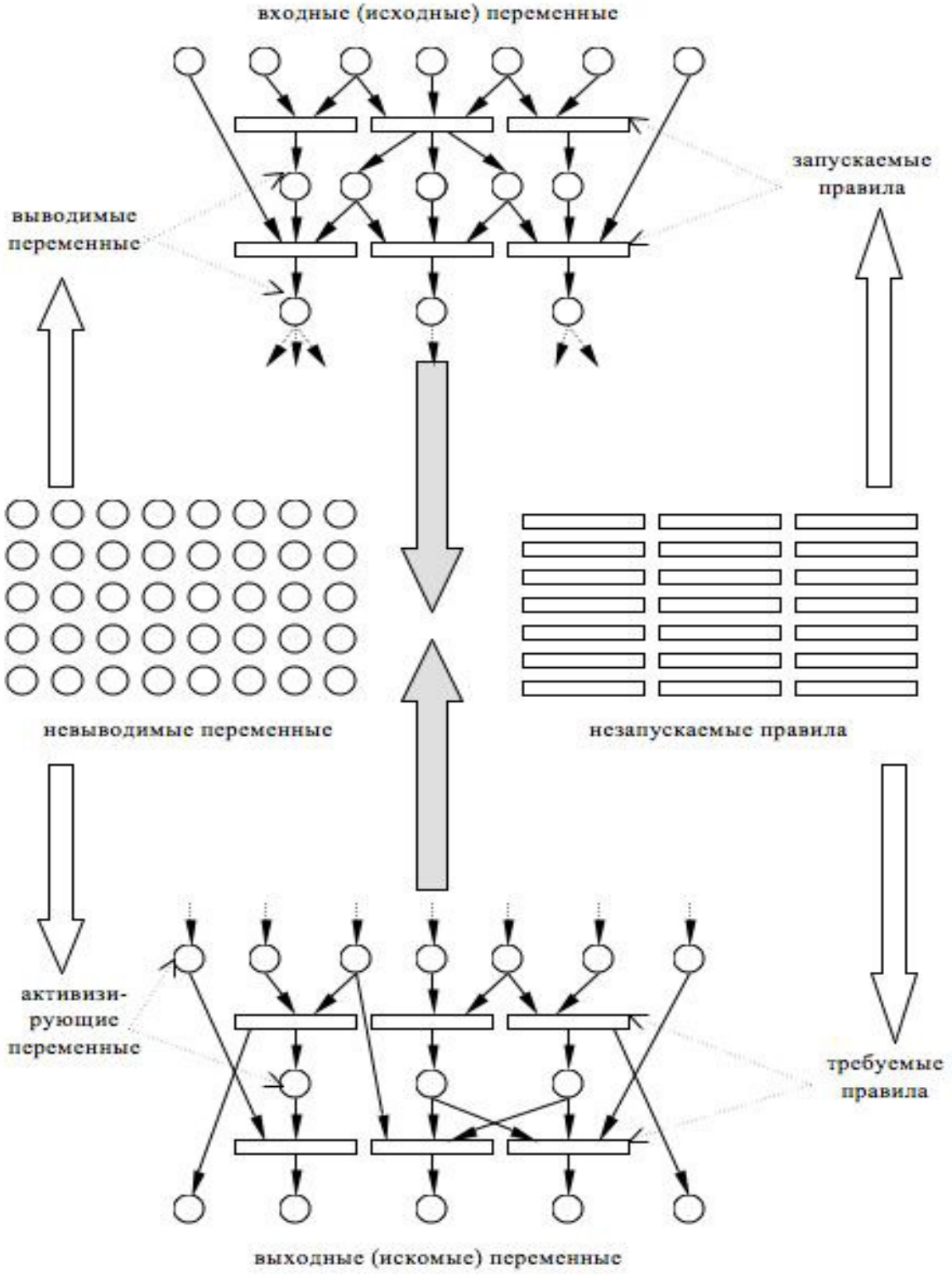


Рис. 5. Общее представление алгоритма миварного поиска

В качестве осей выбираются: ось объектов, ось свойств объекта и ось отношений. Ограничения на количество элементов отсутствуют, что позволяет наиболее полно описывать предметную область. И элементы, и отношения могут иметь свое неограниченное число свойств. Отношения, свойства и элементы могу образовывать внутри себя множества, классы, иерархии.

Теперь рассмотрим **процесс принятия решений на основе миварного под-**

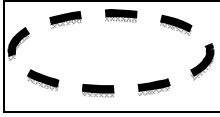
хода. Пусть известны *m* правил и *n* переменных (входящих в правила либо в качестве исходных, активизирующих, либо в качестве получаемых, т.е. выходных переменных). Тогда в матрице V (n × m) могут быть представлены все взаимосвязи между правилами и переменными. При этом на каждой строке при описании каждого правила все входные переменные этого правила на соответствующих позициях матрицы помечаются символом *x*, все выходные – *y*, все переменные, которые уже получили в процессе вывода или задания исходных данных некоторое конкретное значение – *z*, а все искомые (выходные) переменные, т.е. те, которые необходимо "вывести" из исходных (входных) данных, – w. Кроме того, добавим в матрицу V одну строку и один столбец для хранения в них служебной информации [11,15].

Тогда мы получаем матрицу V размерностью (n+1) × (m+1), в которой отражена вся структура исходной сети правил. Сразу отметим, что, как выше было показано, структура этой логической сети может изменяться в любое время, т.е. это сеть правил с изменяемой (эволюционной) структурой. Схематичное изображение приведено на рис. 5.

Миварный подход обрабатывает большие объемы данных в режиме реального времени, что позволяет наиболее полно описывать различные предметные области. Решения уникальны для каждой конкретной ситуации и строятся автоматически, без необходимости участия эксперта.

Сравнение когнитивных карт и миварного подхода

Для проведения сравнения разных подходов необходимо, прежде всего, разработать их описание в аналогичных формализмах. Для этого введем следующие обозначения:

	-	ОБЪЕКТ
	-	СВЯЗЬ
	-	СВОЙСТВА
	-	ГРУППИРОВКА (объектов, связей, свойств)

Тогда в общем виде модель когнитивной карты можно представить в виде графа (рис. 6), на котором связи могут иметь одно свойство, отражающее влияние одного фактора (объекта) на другой.

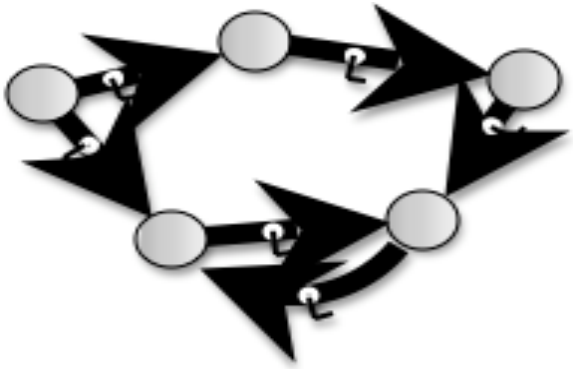


Рис. 6.Схематичное представление когнитивного подхода

Миварный подход представлен на рис. 7.

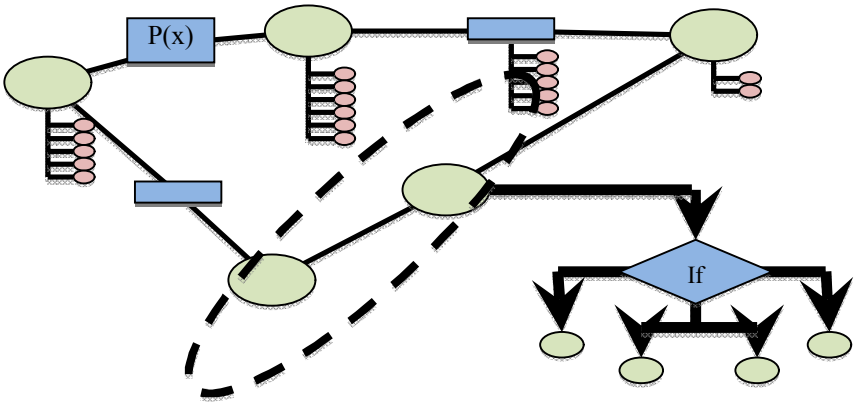


Рис. 7. Схематичное представление миварного подхода

В миварном подходе объекты и связи могут иметь неограниченное количество свойств. Отношения между элементами представляют собой структуру, способную учитывать все необходимое количество объектов, участвующих в ситуации [11-36]. Результаты сравнительного анализа приведены в таблице.

Параметры сравнения	**Когнитивный подход**	**Миварный подход**
Предварительная формулировка задачи и цели исследования	Требуется	Не требуется
Предварительное изучения ситуации с точки зрения поставленной цели	Требуется	Не требуется
Сбор данных	С учетом ограничений контекста рассматриваемой ситуации	Без учета ограничений контекста рассматриваемой ситуации
Объективность полученной модели	–	+
Возможность описания признаков элементов (их свойств)	Отсутствует	Есть
Возможность описания признаков у отношений	Отсутствует	Есть
Предварительный анализ и формулировки путей решения	Требуется	Не требуется
Добавление данных	Добавление элемента может потребовать изменение структуры сети или изменение значений связей элементов	Добавление нового элемента приводит к автоматическому изменению множества, определяющего ось пространства
Изменение данных	Возможно появление необходимости перестраивать модель	Результатом выполнения является сохранение значений новых точек в многомерном пространстве
Описание отношения между элементами	Отношения бинарные (связана каждая пара элементов), заданы весом	Широкие возможности по описанию взаимодействия объектов: формулы, логические переходы, текстовые выражения (а также внешние сервисы)
Возможность вариативного представления данных (классовое, иерархическое, общее и т.д.)	Отсутствует	Есть
Последующее изучение описанной модели, определение экспертом реальности обобщенных понятий	Требуется	Не требуется
Алгоритм процесса принятия решений	Задается экспертом (на этапе описания задачи или в зависимости от необходимой цели в момент решения)	Разрабатывается каждый раз автоматически
Вариативность алгоритма	Не вариативен	Вариативен
Время выполнения поиска пути	Экспоненциально возрастает при увеличении количества рассматриваемых элементов	Выполняется в режиме реального времени

Таким образом, видно, что в миварном подходе можно описать и выполнить все, что есть в когнитивных картах. Дополнительно к этому в миварном подходе есть целый ряд дополнительных преимуществ. Следовательно, можно говорить следующее: миварный подход обобщает и развивает когнитивные карты. А когнитивные карты могут рассматриваться как частный случай миварных сетей.

Заключение

В статье приведен анализ возможностей использования когнитивных карт и миварного подхода на всех этапах разработки СППР при обработке данных космических систем наблюдения, а также даны оценки вычислительной сложности решаемых задач.

Применение миваров позволит повысить интеллектуальность систем поддержки принятия решений, расширить границы рассматриваемых задач и создать системы поддержки принятия решений нового поколения для обработки данных космических систем наблюдения.

Процесс принятия решения при обработке данных космических систем наблюдения был разделен на несколько этапов, на каждом из которых проводилось сравнение когнитивных карт и миварного подхода.

При использовании когнитивных карт модели отражают субъективное видение эксперта, описывают конкретную ситуацию с учетом различных ограничений. Они сложно изменяемые и не могут подробно отразить рассматриваемую область при обработке данных космических систем наблюдения.

Использование миварного подхода при разработке требуемых СППР не накладывает дополнительных ограничений. Более того, выделенные объекты могут образовывать иерархии, объединяться в классы, наследовать свои отношения и свойства.

Отношения в миварной модели могут быть выражены в виде формул, логических переходов, текстовых выражений, функций. При добавлении данных происходит автоматическое изменение множеств, определяющих оси пространства, а при изменении сохраняется значение новых точек в пространстве. В ходе решения сам миварный «движок» генерирует уникальные алгоритмы поиска пути в зависимости от исходных данных (поиск решений, управляемый потоком входных данных). После этого происходит расчёт необходимых выражений (значений) в режиме реального времени и вывод найденного алгоритма с отображением использованных объектов и связей между ними.

Таким образом, миварный подход способен помочь в решении широкого спектра задач при обработке данных космических систем наблюдения, наиболее полно описать предметную область и учесть ее особенности, объяснить правильность выбранного алгоритма и произвести расчет, если это необходимо. Когнитивные карты являются частным и упрощенным случаем миварных сетей и миварного подхода.

Список литературы

1. Бакланов А.И. Системы наблюдения и мониторинга. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 234 с.: ил.

2. Мизин И.А., Синицын И.Н., Судай Г.С. Некоторые вопросы создания комплексных систем поддержки принятия решений в условиях кризисных ситуаций для органов государственной власти Российской Федерации // Проблема принятия решений: доклад на Научном совете РАН. 1997. 10 января.

3. Разработка и внедрение систем интеллектуальной и информационной поддержки принятия решений Правительством Московской области и систем мониторинга: отчет о результатах экс-

пресс-обследования по договорной работе. М.: ИПИ РАН, 2001.

4. Поспелов Г.С., Ириков В.А., Курилова А.Е. Процедуры и алгоритмы формирования комплексных программ. М.: Наука, 1985.

5. Основные принципы построения автоматизированных систем диспетчеризации служб экстренного реагирования / И.А. Соколов, А.В. Борисов, А.В. Босов, В.И. Синицын // Системы и средства информатики. Вып.10. М.: Наука, 2000. С. 54–68.

6. Принципы построения типовой ведомственной автоматизированной информационно-управляющей системы интегрированного типа / И.А. Соколов, Э.В. Киселев, И.Н. Синицын, А.И. Темнов // Системы и средства информатики. Вып.10. М.: Наука, 2000. С. 43–53.

7. Лазарев В.М., Любимов А.Е. Предложения по использованию информационно-аналитических систем в информационно-правовом обеспечении органов законодательной и исполнительной власти федерального, регионального и местного уровней // Правовая информатика: сб. статей. 2013. № 1.

8. Минин Д.В., Фролов С.В. Применение систем поддержки принятия решений при разработке медицинских программно-аппаратных комплексов [Электронный ресурс]. URL: rgu-penza.ru/mni/ content/files/ 10_1_Minin,Frolov.pdf (дата обращения: 06.12.2013).

9. Максимов В.И., Корноушенко Е.К., Качаев С.В. Когнитивные технологии для поддержки принятия управленческих решений // Информационное общество. 1999. Вып. 2. С. 50–54.

10. Кулинич А.А. Разработка принципов и методов построения программных систем поддержки принятия решений в слабо структурированных ситуациях на основе моделирования знаний эксперта: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Институт проблем управления им. Трапезникова. М., 2003.

11. Варламов О.О. Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем // Миварное информационное пространство. М.: Радио и связь, 2002. 288 с.

12. Варламов О.О. Системный анализ и синтез моделей данных и методы обработки информации в самоорганизующихся комплексах оперативной диагностики : дис. ... д-ра техн. наук. М.: МАРТИТ, 2003. 307 с.

13. Варламов О.О. 25 лет развития миварного подхода к разработке интеллектуальных систем и создания искусственного интеллекта // Труды НИИР. 2011. № 1. С. 34–44.

14. Варламов О.О. Разработка линейного матричного метода определения маршрута логического вывода на адаптивной сети правил // Известия вузов. Серия «Электроника». 2002. № 6. С. 43–51.

15. Варламов О.О. Разработка адаптивного механизма логического вывода на эволюционной интерактивной сети гиперправил с мультиактивизаторами, управляемой потоком данных // Искусственный интеллект. 2002. № 3. С. 363–370.

16. Варламов О.О. Основы многомерного информационного развивающегося (миварного) пространства представления данных и правил // Информационные технологии. 2003. № 5. С. 42-47.

17. Варламов О.О. Разработка метода распараллеливания потокового множественного доступа к общей базе данных в условиях недопущения взаимного искажения данных // Информационные технологии. 2003. № 1. С. 20–28.

18. Варламов О.О. Параллельная обработка потоков информации на основе виртуальных потоковых баз данных // Известия высших учебных заведений. Серия «Электроника». 2003. № 5. С. 82–89.

19. Варламов О.О. Системный анализ и синтез моделей данных и методы обработки информации для создания самоорганизующихся комплексов опера-

тивной диагностики // Искусственный интеллект. 2003. № 3. С. 299–305.

20. Варламов О.О. Системы обработки информации и взаимодействие групп мобильных роботов на основе миварного информационного пространства // Искусственный интеллект. 2004. № 4. С. 695–700.

21. Варламов О.О. Создание интеллектуальных систем на основе взаимодействия миварного информационного пространства и сервисно-ориентированной архитектуры // Искусственный интеллект. 2005. № 3. С. 13–17.

22. Варламов О.О. Анализ взаимосвязей GRID и САС ИВК, SOA и миварного подхода // Искусственный интеллект. 2005. № 4. С. 4–11.

23. Варламов О.О. О системном подходе к созданию модели компьютерных угроз и ее роли в обеспечении безопасности информации в ключевых системах информационной инфраструктуры // Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета. 2006. Т. 62, № 7. С. 216–223.

24. Максимова А.Ю., Варламов О.О. Миварная экспертная система для распознавания образов на основе нечеткой классификации и моделирования различных предметных областей с автоматизированным расширением контекста // Известия Южного федерального университета. Серия «Технические науки». 2011. № 12. С. 77–87.

25. Варламов О.О. О необходимости перехода от теории искусственного интеллекта к разработке теории активного отражения // Известия Южного федерального университета. Серия «Технические науки». 2007. Т. 77, № 2. С. 89–95.

26. Варламов О.О. О возможности создания интеллектуальных систем на основе GRID, систем адаптивного синтеза ИВК, сервисно-ориентированной архитектуры и миварного информационного пространства // Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета. 2005. Т. 54, № 10. С. 130–140.

27. Программный комплекс "УДАВ": практическая реализация активного обучаемого логического вывода с линейной вычислительной сложностью на основе миварной сети правил / А.Н. Владимиров, О.О. Варламов, А.В. Носов, Т.С. Потапова // Труды НИИР. 2010. Т. 1. С. 108–116.

28. Варламов О.О. Миварные технологии: переход от продукций к двудольным миварным сетям и практическая реализация автоматического конструктора алгоритмов, управляемого потоком входных данных и обрабатывающего более трех миллионов продукционных правил // Искусственный интеллект. 2012. № 4. С. 11–33.

29. Варламов О.О. Практическая реализация линейной вычислительной сложности логического вывода на правилах "ЕСЛИ-ТО" в миварных сетях и обработка более трех миллионов правил [Электронный ресурс] // Автоматизация и управление в технических системах. 2013. № 1(3). URL: http://auts.esrae.ru/3-66 (дата обращения: 26.03.2013).

30. "Облачная" реализация миварного универсального решателя задач на основе адаптивного активного логического вывода с линейной сложностью относительно правил "Если-То-Иначе" / О.О. Варламов, М.О. Чибирова, Г.С. Сергушин, Д.В. Елисеев [Электронный ресурс] // Автоматизация и управление в технических системах. 2013. № 2 (4). С. 7–23. URL: auts.esrae.ru/4-78 (дата обращения: 26.05.2013).

31. О миварном подходе к моделированию процессов понимания компьютерами смысла текстов, речи и образов. Новые возможности расширения границ автоматизации умственной деятельности человека / О.О. Варламов, Г.С. Сергушин, Д.В. Елисеев [и др.] [Электронный ресурс] // Автоматизация и управление в технических системах. 2013. № 2 (4).

С. 30–45. URL: auts.esrae.ru/4-80 (дата обращения: 26.05.2013).

32. Исследование возможностей информационного моделирования сложных систем управления технологическими процессами на основе миварных технологий / Г.С. Сергушин, О.О. Варламов, М.О. Чибирова [и др.] [Электронный ресурс] // Автоматизация и управление в технических системах. 2013. № 2 (4). С. 46–60. URL: auts.esrae.ru/4-81 (дата обращения: 26.05.2013).

33. Комплексное моделирование процессов понимания компьютерами смысла текстов, речи и образов на основе миварных технологий / О.О. Варламов, Л.Е. Адамова, Д.В. Елисеев [и др.] // Искусственный интеллект. 2013. № 4. С. 15–27.

34. Реализация общедоступного миварного универсального решателя задач на основе адаптивного активного логического вывода с линейной сложностью и облачных технологий / М.О. Чибирова, Г.С. Сергушин, О.О. Варламов, [и др.] // Искусственный интеллект. 2013. № 3. С. 512–523.

35. Информационное моделирование сложных автоматизированных систем управления технологическими процессами на основе миварных технологий / Г.С. Сергушин, О.О. Варламов, М.О. Чибирова [и др.] // Искусственный интеллект. 2013. № 3. С. 126–138.

36. Практическая реализация универсального решателя задач «УДАВ» с линейной сложностью логического вывода на основе миварного подхода и «облачных» технологий / О.О. Варламов, М.О. Чибирова, Г.С. Сергушин, Д.В. Елисеев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2013. № 11. С. 45–55.

37. J. P. T. J. Berends, M. J. L. van Tooren Multi-Agent Task Environment Framework to Support Multidisciplinary Design and Optimization Journal of Aerospace Information Systems Volume 10, Number 6, June 2013.

38. Sester M., Harrie L., A. Stein A. Scale, quality, and analysis aspects of city models // Canadian Journal of Remote Sensing.2011. Vol. 66, issue 2, March.

39. Yang X. Remote Sensing and GIS for Coastal Ecosystem Assessment and Management // Canadian Journal of Remote Sensing. 2008. Vol. 63, issue 5, September.

40. Lichti D., Pfeifer N., Maas H.-G. Terrestrial laser scanning // Canadian Journal of Remote Sensing. 2008. Vol. 63, issue 1. January.

41. Agouris P., Duckham M., Croitoru A. From Sensors to Systems: Advances in Distributed Geoinformatics. 2007. Vol. 62, issue 5. October.

42. Искусственный интеллект: справочник: в 3 т. / под ред. В.Н. Захарова, Э.В. Попова, Д.А. Поспелова, В.Ф. Хорошевского. М.: Радио и связь, 1990.

43. Галушкин А.И. Современные направления развития нейрокомпьютерных технологий в России [Электронный ресурс]. М.: НЦН, 2000. URL: http://neurnews.iu4.bmstu.ru/primer/galosh.htm.

44. Джексон Питер. Введение в экспертные системы: учеб. пособие: [пер. с англ.]. М.: Издат. дом «Вильямс», 2001. 624 с.

45. Джордж Ф. Люгер. Искусственный интеллект. Стратегии и методы решения сложных проблем М.: Горячая Линия-Телеком, 2007.

46. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен. М.: Мир, 1976. 512 с.

47. Поспелов Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. М.: Наука, 1986. 288 с.

48. Aynsley M., Hofland A., Morris A.J. Artificial intelligence and the supervision of bioprocesses (real-time knowledge-based systems and neural net-

works)Adv. Biochem. Eng. Biotechnol. 1993. N. 48. P. 1–27.

49. Bestavros Azer, Lin Kwei-Jay, and Sang Hyuk Son. Real-Time Database Systems: Issues and Applications. Kluwer Academic Publishers, 1997.

50. Bellman R.E., Zadeh L.A. Decision-Making in Fuzzy Environment // Management Science. 1970. Vol. 17, № 4. P. 141–160.

51. Fu H.C., Shann J.J. A fuzzy neural network for knowledge learninglnt // J. Neural Syst. 1994. Vol. 5, N. l. P. 13–22.

52. Kohonen T. Self-Organizing Maps Springer, 1995.

53. Fromherz M., Muñoz-Avila H. Deployed Innovative Applications of Artificial Intelligence // AI Magazine Volume Thirty-Four (2013)34(1): Spring 2013, 8.

54. Shapiro D., Fromherz M. Introduction to the Special Issue Innovative Applications of Artificial Intelligence // AI Magazine Volume Thirty-Three (2012), 33(2): Summer 2012, 13.

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

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

57. 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.

58. 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.all] // Telecommunications and radio engineering. Begell House Inc, USA. 2004. Vol. 62. P. 509–515.

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

60. Атакищев О.И. Метаграмматики и особенности их применения для формального описания сигналов и протоколов документальных служб связи и передачи данных // Телекоммуникации. 2001. № 10. С. 12.

61. Аджемов С.С., Емельянов С.Г., Атакищев О.И. Формальные грамматики, метаграмматики, грамматические сети и их применение при решении задач поддержки принятия решений. М.: Изд-во МТУСИ. 2010.

62. Fu K.S. Syntactic pattern recognition and applications. Englewood Cliffs, NJ: Plentice-Hall, 1982.

63. Chien Y.T., Fu K.S. A modified sequential recognition machine using time-varying stopping boundaries // IEEE Trans. Inform. Theory 12 (1966), 2, 206-214.

64. Aho A., Ullman J. The Theory of Parsing, Translation and Compiling, Volume I. Prentice Hall, Englewood Cliffs. N. J. 1972.

65. Pavlidis T. Structural Pattern Recognition. Springer-Verlag, New York, 1977.

66. Zhou X.J., Dillon T.S. A statistical-heuristic feature selection criterion for decision tree induction // IEEE Trans. Systems Man Cybernet. 13 (1991), 8, 834-841.

Получено 14.11.13

O.O. Varlamov , Doctor of Sciences, Professor, Research Institute MIVAR (Moscow)
(e-mail: ovar@mivar.ru)

V.M. Lazarev , Doctor of Sciences, Professor, JSC " Search IT" (Moscow)
(e-mail: v.lazarev @ poisk-it.ru)

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

M.O. Chibirova , Research Institute MIVAR (Moscow) (e-mail: ovar@mivar.ru)

G.S. Sergushin , Research Institute MIVAR (Moscow) (e-mail: ovar@mivar.ru)

ANALYSIS OF THE USE OF COGNITIVE MAPS AND MIVAR NETWORKS FOR BUILDING EXPERT SYSTEMS FOR DATA PROCESSING SYSTEMS IN SPACE REMOTE SENSING SYSTEMS

The purpose of the article is to research opportunities in building decision support systems (DSS)utilizingmivarapproachandcognitivemapsonallstagesof DSS design. Processing of data space surveillancesystemshasbeentakenasanexample. Additionally,computational complexity of the taskswas analyzed. Mivar approach has been demonstrated to be a generalization of cognitive maps, which can be considered a special case of mivar nets. Mivar approach justified as a chosen method for simulating, accumulating and logical processing large amounts of data. Choosing mivar approach will improve intelligence of decision support systems, expand boundaries of tasks in hand and build next generation decision support systems.

Key words*: space observation system; earth remote sensing (ERS); mivar; mivar nets; decision support systems; cognitive maps; cognitive analysis; logical systems with linear computational complexity.*

УДК 622.673.8

И.Е. Чернецкая, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры вычислительной техники,
ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск)
(e-mail: white731@yandex.ru)

МЕТОД И АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ БАРАБАННОГО ОКОМКОВАТЕЛЯ

Предложены метод и алгоритм управления скоростью вращения барабанного окомкователя, которые учитывают специфические особенности процесса формирования гранул из сыпучих тонкоизмельченных материалов и обеспечивают качественное управление технологическим оборудованием сырого окомкования.

Ключевые слова*: автоматизированная система управления, гранулообразование, барабанный окомкователь.*

***

В основу метода управления скоростью вращения барабанного окомкователя положены статистические модели: определения качества готовой продукции гранулообразования тонкоизмельченных железорудных материалов; расчета скорости вращения барабанного окомкователя в зависимости от постоянно меняющихся параметров процесса, далее «технологической», а также математическая модель, устанавливающая аналитическую связь между параметрами процесса, характеризующими материал (гранулометрический состав и физико-механические свойства), и параметрами технологического оборудования (диаметром окомкователя, его производительностью), которая позволяет рассчитать скорость вращения барабанного окомкователя, обеспечивающую начало формирования слоя активного гранулообразования, далее «механическую» [1].

Метод расчета скорости вращения барабанного окомкователя состоит из следующих этапов.

1. Получение информации от датчиков процесса гранулообразования и результатов лабораторного исследования материалов, поступающих на переработку.

2. Определение теоретической прочности формируемых гранул и анализ результатов.

3. Расчет предполагаемого количества гранул 7–9 мм (промежуточного продукта) [2] в зависимости от параметров поступающих на гранулообразование материалов.

4. Расчет «технологической» скорости вращения барабанного окомкователя ω_2.

5. Расчет «механической» скорости вращения барабанного окомкователя ω_1.

6. Сравнение результатов п. 4 и п. 5, принятие решения по корректировке текущей ситуации.

На основе метода был разработан алгоритм расчета скорости вращения барабанного окомкователя при процессе гранулообразования тонкоизмельченных железорудных материалов, обеспечивающий требуемый режим процесса гранулообразования (переката или повышенных динамических нагрузок (ПДН) [3]) в зависимости от параметров механического оборудования, степени заполнения барабана, режима гранулирования и параметров шихты. Причем была найдена связь между ω_1 и ω_2, заключающаяся в том, что производительность окомкователя по исходной шихте учитывается при расчете «технологической» ω_2, а варьирование технологических параметров учитывается при расчете «механической» ω_1 скорости путем коррекции угла естественного откоса материала в зависимости от влажности шихты и степени измельчения концентрата.

В графическом виде разработанный алгоритм представлен на рис. 1.

На рис. 2 приведена реализованная с помощью приложений MATLAB 6.5–Simulink объединенная схема, отражающая условие обеспечения режима переката как режима, способствующего наилучшему гранулообразованию с позиции работы механического оборудования, и модели, обеспечивающей оптимальное формирование железорудных гранул исходя из текущих значений параметров поступающей шихты.

Выходными значениями моделей являются требуемые скорости вращения окомкователя. Если разность их значений близка к нулю, то гранулообразование идет наилучшим образом.

При этом определяется такая нагрузка на окомкователь, которая обеспечивает наилучший показатель скорости гранулообразования и увеличение количества готовых гранул. Также было получено, что в зоне наилучшего гранулообразования значения «механической» и «технологической» скоростей вращения барабана по обеим моделям близки между собой (3,52 и 13,28 об/мин соответственно). Кроме того, установлено, что с изменением «тонины помола» концентрата (содержания класса минус 53 мкм) в обратной зависимости должна меняться производительность по шихте. С увеличением влажности шихты сверх оптимального значения, как показывают расчеты, необходимо снижать нагрузку на окомкователь.

Подтверждением того, что параметры работы оборудования соответствуют требуемым значениям, является то, что при изменении влажности шихты в пределах 9,2–9,8% абсолютных единиц влажности (при постоянстве значений остальных переменных процесса) коррекция работы оборудования практически не требуется.

Таким образом, в результате применения метода и алгоритма получена требуемая скорость вращения барабанного окомкователя, которая обеспечивает как перемещение гранулируемого материала в режиме переката, так и формирование гранул размером 7–9 мм.

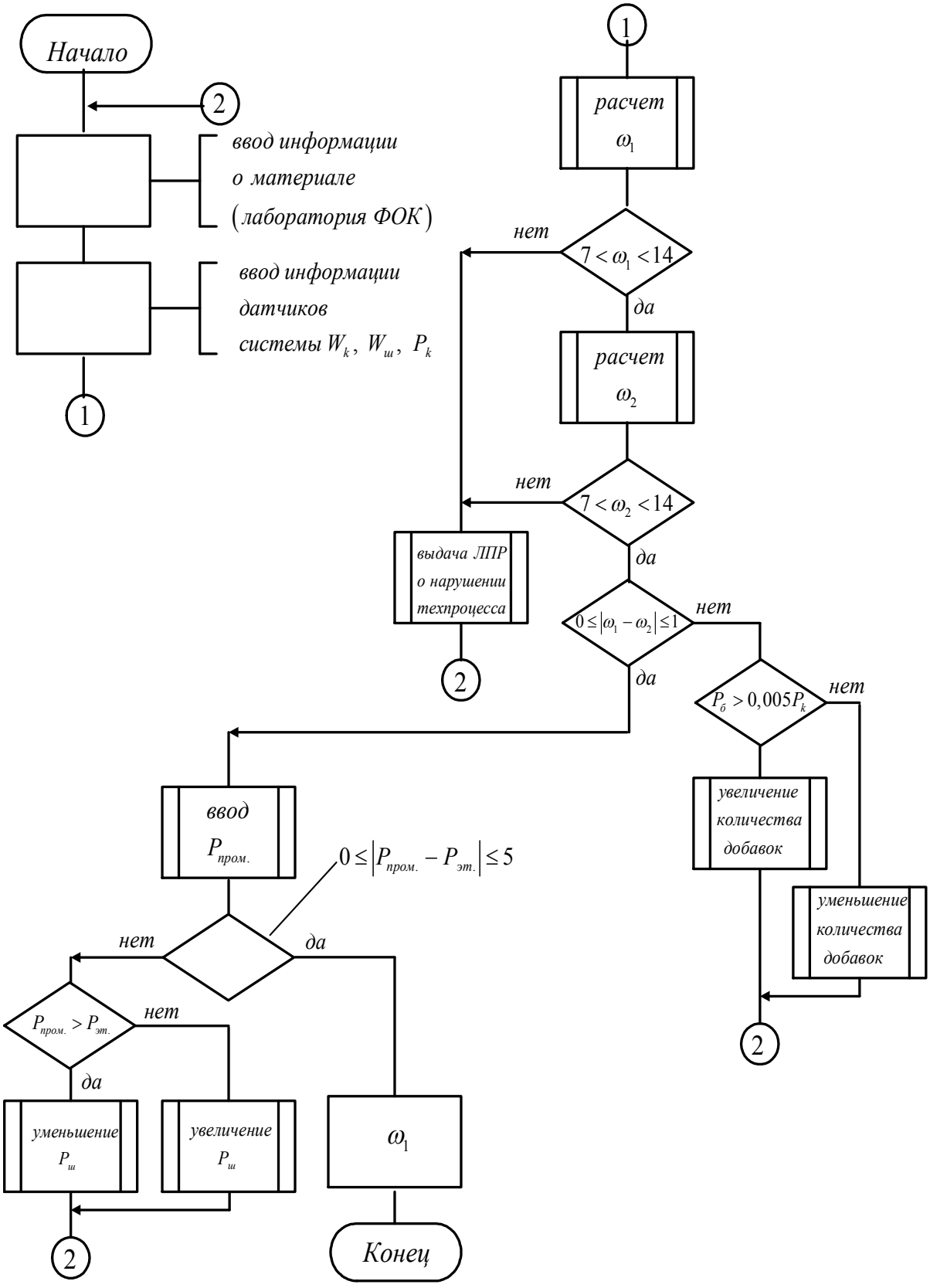


Рис. 1. Алгоритм определения скорости вращении барабанного окомкователя

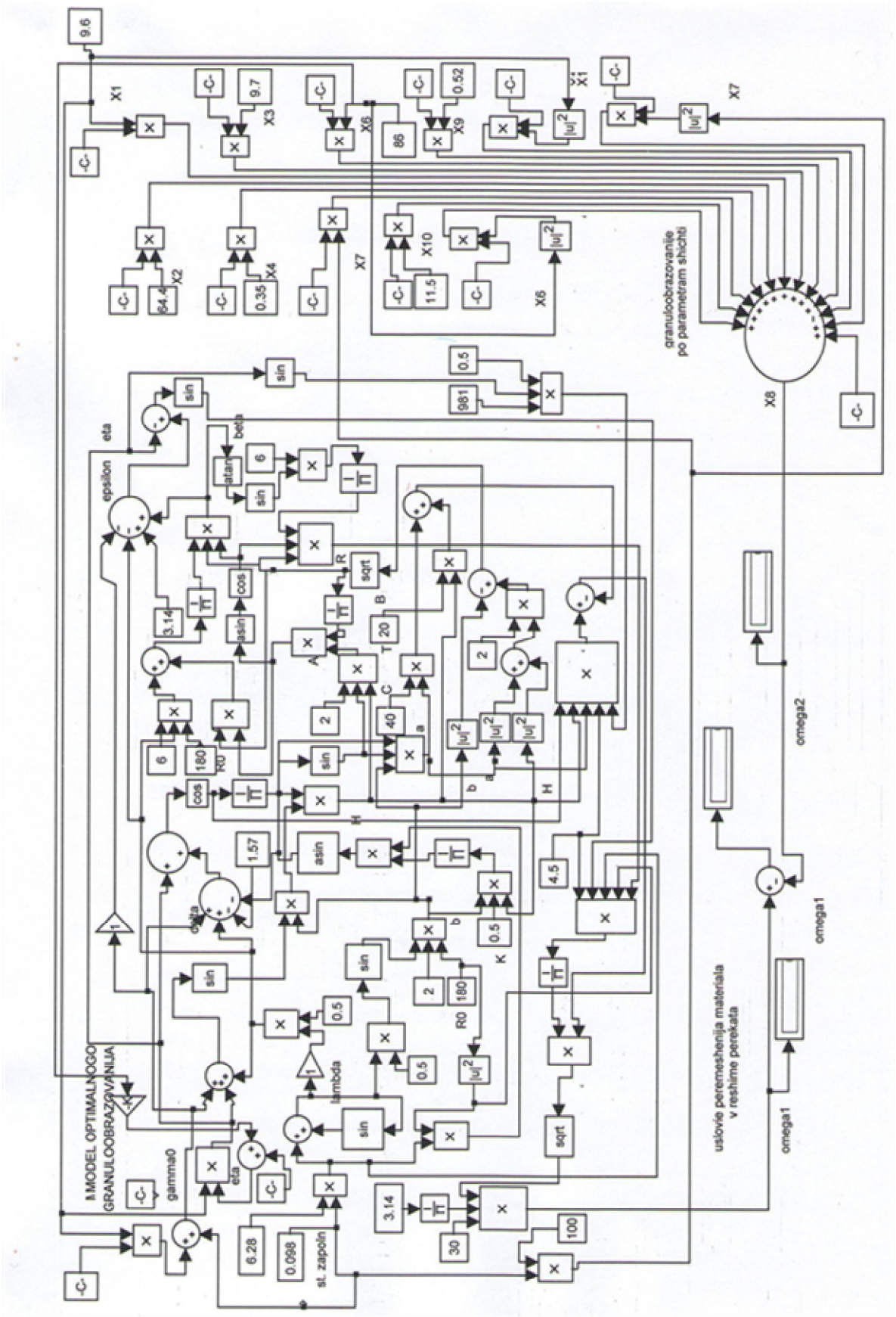


Рис. 2. Реализация объединенной схемы определения скорости вращения барабанного окомкователя с помощью приложений MATLAB 6.5– Simulink

Рассчитанное значение скорости вращения барабанного окомкователя является заданием для системы автоматического управления барабанным окомкователем, интегрированной в систему сбора, обработки данных и управления процессом гранулообразования, и обеспечивает качество технологического процесса формирования железорудных гранул из сыпучих тонкоизмельченных материалов.

Список литературы

1. Теория управления окомкованием сыпучих материалов: монография / Е.А. Исаев, И.Е. Чернецкая, Л.Н. Крахт, В.С. Титов. Стрый Оскол: Изд-во «ТНТ», 2004. 384с.

2. Чернецкая И.Е., Исаев Е.А. Режим повышенных динамических нагрузок при окомковании концентратов железистых кварцитов // Известия Курского государственного технического университета. 2006. № 1 (16). С. 30–32.

3. Пат. 2322519 Российская Федерация, МПК C22B 1/14. Способ управления процессом окомкования сыпучих тонкоизмельченных материалов / Чернецкая И.Е., Исаев Е.А. № 2006106079/02; заявл. 26.02.2006; опубл. 20.04.2008, Бюл. № 11.

Получено 12.12.13

I. E. Chernetskaya, Doctor of Sciences, Associate Professor, Department of Computer Science, Southwest State University (Kursk) (e-mail: white731@yandex.ru)

THE METHOD AND ALGORITHM SPEED CONTROL DRUM PELLETIZERS

In this paper presents methods and algorithms speed control drum granulator, which takes into account the formation of iron-ore pellets from bulk materials and quality control pelletizing in process equipment.

***Key words**: automatic control system, drum pelletizer, granule.*

МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 618.3-06

С.В. Петров, канд. мед. наук, докторант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: spetrov77@list.ru)

С.П. Серегин, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.com)

Н.М. Агарков, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.com)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЧЕНИЯ ОСТРОГО ГЕСТАЦИОННОГО ПИЕЛОНЕФРИТА ПО ДИАГНОСТИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫМ ПАРАМЕТРАМ ВРОЖДЕННОГО ИММУНИТЕТА

Представлены результаты оценки лечения острого пиелонефрита беременных по диагностически значимым параметрам, установленным на основе многокритериального математического анализа.

***Ключевые слова**: острый гестационный пиелонефрит, многокритериальный математический анализ.*

***

В последние годы все большую актуальность приобретает проблема пиелонефрита у беременных. Это, с одной стороны, обусловлено увеличением частоты данной патологии, которая достигает 15-20%, а с другой стороны, объясняется тем, что пиелонефрит у беременных является фактором риска различных осложнений, способствующих материнской и перинатальной заболеваемости и смертности [1; 2; 13; 14].

Предпосылками для возникновения и прогрессирования пиелонефрита во время беременности являются анатомо-функциональные особенности, свойственные гестационному процессу [3; 7; 8].

Особого внимания заслуживает то, что дети, родившиеся от матерей с почечной патологией, относятся к группе риска по заболеваемости в постнатальном периоде [4; 10; 11].

Адекватно проведенная санация органов мочеполовой системы у женщин детородного возраста до наступления беременности позволит избежать возникновения гестационного пиелонефрита [3; 6]. Не санированные очаги воспаления в почках при беременности могут быть причиной серьезных осложнений в фетоплацентарном комплексе, послеродовом периоде и зоболеваний новорожденных [5; 9; 12].

Нами изучены клинико-лабораторные показатели 85 беременных женщин во втором и третьем триместрах беременности с явлениями острого гестационного пиелонефрита. При изучении микрофлоры мочеполовой системы отмечено снижение количества распространения возбудителей пиелонефрита и воспалительных заболеваний половых органов у женщин детородного возраста после санации: трихомонад с 39,5±2,7% до 1,2±1,1%, кокковой флоры с 52,8±3,8% до 0,5%, хламидий с 21,3±3,2% до 1,2±0,7%, кишечной палочки с 67,3±4,1% до 0%.

При пиелонефрите беременных эффективность проводимого лечения проявляется существенным регрессом диагностически значимых показателей общеклинических исследований (табл. 1).

Распространенность основных субъективных симптомов уменьшилась, нормализованы диагностически значимые показатели общего анализа мочи и крови, снизилось количество белка и лейкоцитов в моче к окончанию лечения. С целью оценки результативности разработанной схемы лечения применены параметры врожденного иммунитета периферической крови.

Таблица 1

Изменение общеклинических параметров беременных
с острым серозным пиелонефритом на фоне лечения

Показатель	Единица измерения	Исходно	После лечения
Боли	%	72,1±3,3*	1,4±0,3*
Дизурические явления	%	57,4±4,9*	3,7±1,8*
Гипертермия	%	23,9±2,2*	0,8±0,12*
Палочкоядерные нейтрофилы крови	%	6,9±1,3*	2,4±0,6*
СОЭ	мм/ч	24,2±2,5*	7,6±1,8*
Лейкоцитурия	абс. число	38,8±12,1*	5,7±2,2*
Протеинурия	г/л	1,3±0,4*	0,06±0,01*

Примечание. * – существенность различий до и после лечения.

Применяя для определения эффективности схемы лечения показатели системы комплемента периферической крови, установлены достоверные изменения всех показателей (табл. 2). Имело место снижение C_3 C_4 компонентов комплемента до референтных значений, при этом отмечалось значительное увеличение C_1-ингибитора как следствие активации угнетающих иммунный ответ факторов. Произошло также репрезентативное снижение до нормальных величин фактора Н на фоне проведенного лечения.

Функциональная активность нейтрофилов периферической крови оценивалась по следующим параметрам: фагоцитарный индекс (ФИ), фагоцитарное число (ФЧ) и индекс фагоцитарной активности (ИАФ) (табл. 3).

В курсе реализованной базовой терапии параметры функциональной активности нейтрофилов претерпели положительную динамику. Наблюдалось достоверное повышение всех изучаемых параметров, что свидетельствовало о нормализации иммунного ответа на фоне проводимого лечения.

Диагностически важными изменениями, доказывающими результативность выполненного лечения, служат показатели кислородзависимых систем нейтрофилов периферической крови (табл. 4).

Достоверно увеличился НСТ спонтанный (с 12,6±1,13% до 20,6±1,5%) и НСТ стимулированный (с 24.7±1,66% до 29,4±2,7%). Функциональный резерв нейтрофилов снизился до репрезентативного уровня: 9,8±1,13% до базовой терапии и 5,5±0,16% на фоне лечения. Концентрация лактоферрина снизилась почти в два раза (с 1433,3±226,1 нг/мл до 775,2±85,9 нг/мл).

Таблица 2

Показатели системы комплемента периферической крови
при поступлении и после терапии больных гестационным пиелонефритом

Показатели	Единица измерения	Исходно	После лечения
C_3	нг/мл	34,6±2,1*	12,7±0,77*
C_4	нг/мл	55,4±3,6*	24,1±2,5*
C_1-инг.	нг/мл	104,5±16,6*	211,3±34,7*
Фактор Н	нг/мл	156,3±17,1*	32,5±3,3*

Примечание. * – достоверные различия.

Таблица 3

Активность и интенсивность фагоцитоза нейтрофилов периферической крови при поступлении и после терапии больных гестационным пиелонефритом.

Показатель	Единица измерения	Исходно	После лечения
ФИ	%	21,2±0,23*	51,7±4,6*
ФЧ	абс.	3,54±0,16	5,77±0,23
ИАФ	–	1,11±0,07*	2,5±0,4*

Примечание. * – достоверные различия.

Таблица 4

Активность кислородзависимых систем нейтрофилов периферической крови при поступлении и после терапии больных гестационным пиелонефритом

Показатель	Единица измерения	Исходно	После лечения
НСТ-сп.	%	12,6±1,13*	20,6±1,5*
НСТ-ст.	%	24.7±1,66	29,4±2,7
ФРН	%	9,8±1,13	5,5±0,16
Лактоферрин	нг/мл	1433,3±226,1*	775,2±85,9*

Примечание. * – достоверные различия.

Врожденный иммунитет беременных гестационным пиелонефритом имеет явные отклонения от референтных параметров, наиболее выраженных в системе комплемента. Диагностически ценными показателями являются C_1-ингибитор, фактор Н, концентрация лактоферрина. На фоне проводимого лечения отмечается достоверное снижение всех клинических показателей, репрезентативная нормализация всех изучаемых параметров гомеостаза – системы комплемента, функциональной и кислородзависимой системы нейтрофилов.

Полученные данные могут быть использованы с целью определения степени выраженности воспалительной реакции организма, прогнозов течения заболевания, выработки схемы оптимального ведения беременности и контроля эффективности проводимого лечения.

Список литературы

1. Гуртовой Б.Л., Емельянова А.И., Пустотина О.А. Инфекции мочевыводящих путей у беременных и родильниц // Трудный пациент. 2005. № 9. С. 27–35.

2. Гурьева В.М. Артериальная гипертензия у беременных (клиника, диагностика, лечение): автореф. дис. …д-ра мед. наук. М., 2008. 47.

3. Довлатян А.А. Острый пиелонефрит беременных. М.: Медицина, 2004.

4. Емельянова Т.Г. Оптимизация лечения и акушерской тактики при остром гестационном пиелонефрите: автореф. дис. … канд. мед. наук. Челябинск, 2006. 26 с.

5. Ишкабулова Г. Дж. Особенности функционального состояния почек у новорожденных от матерей, больных хроническим пиелонефритом // Педиатрия. 2001. № 3. С. 42–45.

6. Каптильный В.А. Течение и исходы беременности у пациенток с бессимптомной бактериурией: автореф. дис. … канд. мед. наук. М., 2008. 21 с.

7. Каптильный В.А. Современные подходы к диагностике и лечению инфекции мочевыводящих путей во время беременности // Врач. 2007. № 11. С. 74–75.

8. Кокая А.А., Добротина А.Ф., Егорова Н.А. Особенности фетоплацентарной системы и состояние плода у бере-

менных с хроническим и гестационным пиелонефритом // Вестник ВолГМУ. 2003. № 1. С. 51–55.

9. Кулаков В.И., Анкирская А.С., Страчунский Л.С. Антибактериальная терапия инфекций мочевыводящих путей у беременных // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2004. Т. 6. № 3. С. 218–223.

10. Кушевская Е.А. Пиелонефрит и ретенционно-обструктивные поражения верхних мочевых путей, их коррекция у беременных: автореф. дис. … канд. мед. наук. М., 2007. 22 с.

11. Сафронова Л.А. Пиелонефрит и беременность // Русский медицинский журнал. 2000. № 8 (18). С. 778–781.

12. Синякова Л.А., Косова И.В. Инфекции мочевых путей у беременных. Современные подходы к лечению // Эффективная фармакотерапия в акушерстве и гинекологии. 2008. № 1. С. 1–5.

13. Хамадьянов У.Р., Громенко Ю.Ю. Профилактика преждевременных родов у женщин с урогенитальной инфекцией // Акушерство и гинекология. 2003. № 2. С. 66–68.

14. Шехтман М.М. Руководство по экстрагенитальной патологии у беременных. М.: Триада Х, 2005.

Получено 20.11.13

S.V. Petrov, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: spetrov77@list.ru)

S.P. Seregin, Doctor of Sciences, Professor, Southwestern State University (Kursk)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.com)

N.M. Agarkov, Doctor of Sciences, Professor, Southwestern State University (Kursk)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.com)

MATHEMATICAL TREATMENT OF ACUTE PERFORMANCE EVALUATION FOR GESTATIONAL PYELONEPHRITIS IMPORTANT DIAGNOSTIC PARAMETERS OF INNATE IMMUNITY

Shows the results of the treatment of acute pyelonephritis pregnant by diagnostically significant parameters established on the basis of multi-criteria mathematical analysis.

***Key words**: acute gestational pyelonephritis, multi-criteria mathematical analysis.*

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.**