

*Intellectual Technologies
on Transport
No 1*



*Интеллектуальные технологии
на транспорте
№ 1*

*Санкт-Петербург
St. Petersburg
2019*

Интеллектуальные технологии на транспорте № 1, 2019

Сетевой электронный научный журнал, свободно распространяемый через Интернет.
Публикуются статьи на русском и английском языках с результатами исследований и практических достижений в области интеллектуальных технологий и сопутствующих им научных исследований.

Журнал основан в 2015 году.

Учредитель и издатель

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС)

Сопредседатели редакционного совета

Панычев А. Ю., ректор ПГУПС, С.-Петербург, РФ
Чаркин Е. И., директор по ИТ ОАО «РЖД», Москва, РФ

Главный редактор

Хомоненко А. Д., проф., С.-Петербург, РФ

Редакционный совет

Глухов А. П., вед. НС ГВЦ ОАО «РЖД», Москва, РФ
Дудин А. Н., д.т.н., проф., БГУ, Минск, Беларусь
Илларионов А. В., советн. «РФЯЦ-ВНИИЭФ»,
Саров, РФ
Корниенко А. А., проф., ПГУПС, С.-Петербург, РФ
Ковалец П., проф., Тех. ун-т, Варшава, Польша
Меркурьев Ю. А., проф., РТУ, Рига, Латвия

Нестеров В. М., проф., С.-Петербург, РФ
Пустарнаков В. Ф., ген. дир. «Газинформсервис»,
С.-Петербург, РФ
Титова Т. С., проф., прорект. ПГУПС,
С.-Петербург, РФ
Федоров А. Р., ген. дир. «ДигДез», С.-Петербург, РФ
Юсупов Р. М., проф., чл.-корр. РАН, С.-Петербург, РФ

Редакционная коллегия

Бубнов В. П., проф., С.-Петербург, РФ – зам. гл. ред.
Ададулов С. Е., проф., Москва, РФ
Александрова Е. Б., проф., С.-Петербург, РФ
Атилла Элчи, проф., Аксарай, Турция
Безродный Б. Ф., проф., Москва, РФ
Благовещенская Е. А., проф., С.-Петербург, РФ
Булавский П. Е., д.т.н., доц., С.-Петербург, РФ
Василенко М. Н., проф., С.-Петербург, РФ
Гуда А. Н., проф., Ростов-на-Дону, РФ
Железняк В. К., проф., Полоцк, Беларусь
Заборовский В. С., проф., С.-Петербург, РФ
Зегжда П. Д., проф., С.-Петербург, РФ
Канаев А. К., д.т.н., проф., С.-Петербург, РФ
Котенко А. Г., д.т.н., доц., С.-Петербург, РФ
Куренков П. В., проф., Москва, РФ
Лецкий Э. К., проф., Москва, РФ

Мирзоев Т. А., асс. проф., Джорджия, США
Наседкин О. А., доц., С.-Петербург, РФ
Никитин А. Б., проф., С.-Петербург, РФ
Охтилев М. Ю., проф., С.-Петербург, РФ
Соколов Б. В., проф., С.-Петербург, РФ
Таранцев А. А., проф., С.-Петербург, РФ
Утепбергенов И. Т., проф., Алматы,
Казахстан
Филипченко С. А., доц., Москва, РФ
Фозилов Ш. Х., проф., Ташкент, Узбекистан
Фу-Ниан Ху, проф., Джиангсу, Китай
Хабаров В. И., проф., Новосибирск, РФ
Ходаковский В. А., проф., С.-Петербург, РФ
Чехонин К. А., проф., Хабаровск, РФ
Яковлев В. В., проф., С.-Петербург, РФ
Ялышев Ю. И., проф., Екатеринбург, РФ

Адрес редакции

190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9, ауд. 1–210
e-mail: itt-pgups@yandex.ru, сайт: <http://itt-pgups.ru>

ISSN 2413-2527

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций,
свидетельство Эл № ФС77-61707 от 07 мая 2015 г.

Журнал зарегистрирован в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ).

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», 2019

Разрешается воспроизведение в прессе, а также сообщение в эфире или передача по кабелю опубликованных в составе периодического издания – журнала «Интеллектуальные технологии на транспорте» – статей по текущим экономическим, политическим, социальным и религиозным вопросам с обязательным указанием автора статьи и сетевого электронного научного периодического издания журнала «Интеллектуальные технологии на транспорте».

Intellectual Technologies on Transport

Issue № 1, 2019

Network electronic scientific journal, open access. It publishes articles in Russian and English with the results of research and practical achievements in the field of intelligent technologies and associated research

Founded in 2015

Founder and Publisher

Federal State Educational Institution of Higher Education
«Emperor Alexander I Petersburg State Transport University»

Co-chairs of the Editorial Council

Panychev A. Yu., rector of PSTU, St. Petersburg, Russia
Charkin E. I., director on IT of JSC “RZD”, Moscow, Russia

Editor-in-Chief

Khomonenko A. D., Prof., St. Petersburg, Russia

Editorial Council Members

Glukhov A.P., Lead. Res., CCC of JSC «RZD»,
Moscow, Russia

Dudin A.N., Prof., BSU, Minsk, Belarus

Illarionov A.V., advisor, «RFNC-VNIIEF», Sarov,
Russia

Kornienko A.A., Prof., PSTU, St. Petersburg, Russia

Kovalets P., Prof., Tech. University, Warsaw, Poland

Merkuryev Yu.A., Prof., Academician

of the Latvian Academy of Sciences,
Riga, Latvia

Nesterov V.M., Prof., St. Petersburg,
Russia

Pustarnakov V.F., CEO at «Gazinformservice» LTD.,
St. Petersburg, Russia

Titova T.S., Prof., PSTU, St. Petersburg,
Russia

Fedorov A.R., CEO at «Digital Design» LTD., St. Petersburg,
Russia

Yusupov R.M., Prof., Corr. Member of RAS, St. Petersburg,
Russia

Editorial Board Members

Bubnov V.P., Prof., St. Petersburg, Russia –
Deputy Editor-in-Chief

Adadurov S.E., Prof., Moscow, Russia

Aleksandrova E.B., Prof., St. Petersburg, Russia

Attila Elci, Prof., Aksaray, Turkey

Bezrodny B.F., Prof., Moscow, Russia

Blagoveshenskaya E.A., Prof., St. Petersburg, Russia

Bulavsky P.E., Dr. Sc., As. Prof., St. Petersburg, Russia

Vasilenko M.N., Prof., St. Petersburg, Russia

Guda A.N., Prof., Rostov-on-Don, Russia

Geleznyak V.K., Prof., Polotsk, Belarus

Zaborovsky V.S., Prof., St. Petersburg, Russia

Zegzda P.D., Prof., St. Petersburg, Russia

Kanayev A.K., Prof., St. Petersburg, Russia

Kotenko A.G., Dr. Sc., As. Prof., St. Petersburg, Russia

Kurenkov P.V., Prof., Moscow, Russia

Letsky Ad.K., Prof., Moscow, Russia

Mirzoev T., As. Prof., Georgia, USA

Nasedkin O.A., As. Prof., St. Petersburg, Russia

Nikitin A.B., St. Petersburg, Russia

Okhtilev M.Yu., Prof., St. Petersburg, Russia

Sokolov B.V., Prof., St. Petersburg, Russia

Tarantsev A.A., Prof., St. Petersburg, Russia

Utepbergenov I.T., Prof., Almaty, Kazakhstan

Filipchenko S.A., As. Prof., Moscow, Russia

Fozilov Sh.Kh., Prof., Tashkent, Uzbekistan

Fu-Nian Hu, Prof., Jiangsu, China

Khabarov V.I., Prof., Novosibirsk, Russia

Khodakovskiy V.A., Prof., St. Petersburg, Russia

Chekhonin K.A., Prof., Khabarovsk, Russia

Jakovlev V.V., Prof., St. Petersburg, Russia

Jalyshev Yu.I., Prof., Ekaterinburg, Russia

Editorial adress

190031, St. Petersburg, Moskovskiy pr., 9, aud. 1–210

e-mail: itt-pgups@yandex.ru, <http://itt-pgups.ru>

ISSN 2413-2527

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications and Mass Media,
EL no. FS77-61707 testimony from May 7, 2015.

The journal is registered in the Russian Science Citation Index (RSCI).

© Federal State Educational Institution of Higher Education “Emperor Alexander I Petersburg State Transport University”, 2019

The reproduction in the press, as well as a message broadcast or cable published as part of the periodical – journal “Intellectual Technologies on Transport” – articles on current economic, political, social and religious issues with the obligatory indication of the author, and the network of electronic scientific periodical journal “Intellectual Technologies on Transport”.

Содержание

<i>Машарипов М.Н., Расулов М.Х., Расулмухаммедов М.М., Суюнбаев Ш.М.</i> Расчет эксплуатируемого парка грузовых локомотивов графоаналитическим методом на языке программирования C#	5
<i>Оркин В.В.</i> Модель функционирования автоматизированной системы управления, учитывающая информацию мониторинга производительности в узлах сетевой инфраструктуры	13
<i>Захарова Е.А.</i> Модель диагностирования бортового оборудования с учетом точностных характеристик средств измерений	19
<i>Андреев В.П., Дергачёв А.И., Черных А.К.</i> Информационная безопасность автоматизированных рабочих мест при чрезвычайных ситуациях (на англ.)	27
<i>Карпова Т.С., Мальшева С.Ю.</i> Расширение систем электронного тестирования на примере тестирования SQL-запросов	33
<i>Яковлев В.В., Кравченко Д.В.</i> Критериальное сравнение платформ бизнес-аналитики	41
<i>Баушев А.Н., Семёнова О.Л.</i> Об оценке временной сложности алгоритмов, построенных методом «разделяй и властвуй»	45
<i>Бессолицын А.С., Федорова Н.Б.</i> Лабораторные работы на основе визуального моделирования организации движения на железной дороге	48

Contents

<i>Masharipov M.N., Rasulov M.Kh., Rasilmukhammedov M.M., Suyunbaev Sh.M.</i> Calculation of the Freight Locomotive Fleet by the Graphic-Analytical Method in C# Programming Language	5
<i>Orkin V.V.</i> The Model of Automated Control System Functioning, Taking into Account Performance Monitoring Information in Network Infrastructure Nodes	13
<i>Zakharova E.A.</i> Mathematical Model of Diagnostics of Onboard Equipment Taking into Account the Accuracy Characteristics of Measuring Instruments	19
<i>Andreev V.P., Dergachev A.I., Chernykh A.K.</i> Information Security of Automated Working Places in Case of Emergencies (in English)	27
<i>Karpova T.S., Malysheva S. Yu.</i> Extension of Electronic Testing Systems on the Example of Testing SQL-queries	33
<i>Yakovlev V.V., Kravchenko D.V.</i> The Criteria Comparison of Business-Analytic Platform.	41
<i>Baushev A.N., Semenova O.L.</i> On Estimation of Time Complexity of Algorithms Constructed by the Divide-and-Conquer Method	45
<i>Bessolitsyn A.S., Fedorova N.B.</i> Laboratory Work Based on Visual Modeling of Traffic on the Railway	48

Расчет эксплуатируемого парка грузовых локомотивов графоаналитическим методом на языке программирования C#

М. Н. Машарипов, канд. техн. наук М. Х. Расулов, канд. техн. наук М. М. Расулмухаммедов,
канд. техн. наук Ш. М. Суюнбаев
Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта
Ташкент, Узбекистан
uer_tashiit@mail.ru

Аннотация. В графоаналитическом методе расчета эксплуатируемый парк локомотивов депо определяется как сумма парков локомотивов по отдельным участкам обслуживания (работы) бригад и участкам обращения, примыкающим к данному депо. В представленной статье описан алгоритм расчета эксплуатируемого парка локомотивов железнодорожного участка графоаналитическим методом на языке программирования C#. В данном программном обеспечении эксплуатируемый парк грузовых локомотивов определяется по коэффициенту потребности локомотивов на одну пару поездов. Разработанная программа для ЭВМ окажет помощь инженерно-техническим работникам при нормировании простоя одного локомотива в пункте оборота и эксплуатируемого парка грузовых локомотивов для участка обращения.

Ключевые слова: графоаналитический метод, коэффициент потребности локомотивов на одну пару поездов, ведомость увязки локомотивов, язык программирования C#, эксплуатируемый парк локомотивов.

ВВЕДЕНИЕ

Локомотивный комплекс играет ключевую роль в системе железнодорожного транспорта как с точки зрения фондоемкости и затратоемкости, так и с точки зрения его роли в непосредственном обеспечении устойчивости и безопасности перевозочного процесса, которые в решающей степени зависят от надежности работы локомотивного парка и квалификации локомотивных бригад. Рациональное управление эксплуатационными затратами локомотивного комплекса требует их соотнесения с натуральными показателями использования локомотивного парка [1].

Размеры локомотивного парка депо определяют мощность всех элементов тягового хозяйства, штат депо, энергетические и материальные затраты на перевозки. Потребность локомотивов определяется отдельно для выполнения грузовых и пассажирских перевозок, передаточной, вывозной, маневровой, хозяйственной и других видов работ. Существуют аналитические и графоаналитические методы расчета парка локомотивов железных дорог. Аналитический метод расчета потребности локомотивов применяют как при перспективном, так и при оперативном планировании, графоаналитический – только при оперативном. Приведенные методы расчета потребности локомотивов при

оперативном (текущем) планировании определяют технологически необходимое их количество [2].

В ОАО «РЖД» разработана дорожно-сетевая система автоматизированного составления графиков оборота локомотивов и локомотивных бригад грузового движения (АСГОЛ-ГДС). АСГОЛ-ГДС предназначена для автоматизации на основе графоаналитических моделей процесса составления графиков оборота локомотивов и локомотивных бригад грузового движения и расчета показателей их использования для существующих технологий пропуска поездопотока. Расчет потребности локомотивов рабочего и эксплуатируемого парков и потребного контингента локомотивных бригад на график движения поездов включает в себя несколько взаимосвязанных процессов [3].

В диссертации [4] разработан метод рационального сменного регулирования работы локомотивов на станциях, расположенных внутри участка обращения, и представлен в виде алгоритма оптимального оперативного обеспечения составов локомотивами. За критерий оптимальности принята минимальная сумма расходов, связанных с простоями локомотивов и составов в ожидании друг друга за смену.

В работе [5] предложена модель расчета оптимальных режимов работы поездных локомотивов при обслуживании поездопотока. Впервые проблема формулируется в виде модели строгой оптимизации – динамической транспортной задачи. Модель позволяет рассчитать маршруты следования каждого локомотива с учетом характера поездопотока, расположения поездов на начало расчета и заданного графика движения. Критерием оптимальности может быть минимум суммарных затрат на использование локомотивов и на задержки поездов. В результатах отражается характер полного и полезного использования локомотивов, динамика движения поездов и возникшие задержки.

В работе [6] предложены методы создания усовершенствованной автоматизированной системы оптимального управления работой локомотивного парка. Описанный метод моделирования оперативного планирования работы локомотивов и локомотивных бригад основан на использовании многокритериальных нечетких моделей задачи об оптимальном назначении.

В диссертации [7] исследованы технологические аспекты формирования (КСАНЛП) на основе создания единой модели дороги и базы данных, теоретические аспекты

построения и опыт внедрения комплексной системы автоматизированного нормирования локомотивного парка. В результате исследования с учетом возможностей ПЭВМ уточнены параметры системы нормирования локомотивного парка грузового движения, разработаны теоретические основы создания и этапности внедрения комплексной автоматизированной системы нормирования локомотивного парка в разных временных периодах на базе единых информационного поля и модели дороги при использовании локальных вычислительных сетей.

Специалистами бывшей ГДР [8] была разработана система автоматизированного управления перевозочным процессом, составной частью которого является автоматизированная система управления локомотивным парком (АСУЛП). Система обеспечивала автоматизацию контроля использования локомотивного парка и работы локомотивных бригад, нормирование потребности в локомотивах, выбор рационального варианта регулирования локомотивами и бригадами с использованием метода линейного программирования.

В настоящее время существует «Автоматизированная система управления тяговыми ресурсами (ДИСТПС)». ДИСТПС является комплексом информационных технологий организации и оперативного управления тяговым подвижным составом (ТПС) и локомотивными бригадами (ЛБ), предназначенным для автоматизации функций управления, возложенных на персонал, обеспечивающий эксплуатацию ТПС и организацию работы бригад [9]. Однако в недостаточной степени исследованы вопросы автоматизации (программирования) существующих методов расчета парка локомотивов. В условиях внедрения развитых информационных технологий необходимо автоматизировать расчеты парка локомотивов с помощью современных программных средств.

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО ПАРКА ГРУЗОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ

Эксплуатируемый парк локомотивов (ЭПЛ) включает в себя исправные локомотивы, находящиеся либо в работе, т. е. в движении с поездами и в одиночном следовании, на стоянках на промежуточных станциях, либо в ожидании работы, т. е. являются объектами технических операций (перезеды по станционным путям, экипировка и прохождение технического обслуживания ТО-2), а также находятся собственно в ожидании поезда для последующей работы с ним во встречном или попутном направлении [10].

Эксплуатируемый парк локомотивов депо определяется как сумма парков локомотивов по отдельным участкам обслуживания (работы) бригад и участкам обращения, примыкающим к данному депо.

Число локомотивов для грузового движения при оперативном планировании можно определить следующими методами [11]:

- по затрате общего суточного количества локомотиво-часов;
- по среднесуточному пробегу локомотивов;
- по среднесуточной производительности локомотивов;
- по коэффициенту потребности локомотивов на пару поездов.

Из рассмотренных аналитических методов расчет по коэффициенту потребности является наиболее точным.

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО ПАРКА ГРУЗОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ

При графоаналитическом методе расчет потребности эксплуатируемого парка локомотивов производится на основе данных графика движения поездов. Полученный по результатам расчета эксплуатируемый парк локомотивов должен обеспечить освоение необходимого числа пар поездов в сутки на участках обращения локомотивов [12].

На основе данных графика движения поездов составляют расчетные ведомости оборота локомотивов. В ведомостях оборота указывают время прибытия и время отправления локомотивов с поездами по всем пунктам их оборота. Затем на основе сопоставления графического времени прибытия локомотива с поездом на станцию оборота локомотива с графическим временем отправления локомотива с другим поездом из данного пункта производится увязка локомотивов. При этом период между прибытием локомотива с поездом и следующим отправлением должен быть не меньше суммы технологического времени, необходимого для производства всех технических операций по обслуживанию локомотива (сдачи и приемки, экипировки и технического обслуживания ТО-2, если таковые должны производиться) [13]. Окончательный вариант увязки локомотивов в пункте оборота должен дать минимальное суммарное время простоев по пунктам оборота [14]. На основе оптимального варианта увязки локомотивов и других исходных данных (длина участка обслуживания поездов, участковая скорость и т. д.) получают основные показатели использования локомотивов для исследуемого участка обращения [15].

В рамках исследования предложен алгоритм расчета эксплуатируемого парка грузовых локомотивов железнодорожного участка (рис. 1). Данный алгоритм состоит из следующих основных операций:

- ввод исходных данных железнодорожного участка;
- определение локомотиво-часов простоя в пункте оборота с учетом минимального времени, достаточного для всех необходимых технических операций по обслуживанию локомотива, локомотиво-часы;
- расчет среднего простоя одного локомотива в пункте оборота, ч;
- расчет оборота локомотива, ч;
- расчет коэффициента потребности локомотивов на одну пару поездов;
- расчет эксплуатируемого парка грузовых локомотивов, шт.

В основу графоаналитического способа определения потребности локомотивов, а также показателей использования локомотивов положен график их оборота и расчет затрат поезд- и локомотиво-часов, поезд- и локомотиво-километров по участкам работы локомотивных бригад. Исходя из заданного графика движения поездов по участкам работы локомотивов определены указанные показатели в соответствии с методикой, приведенной в [16].

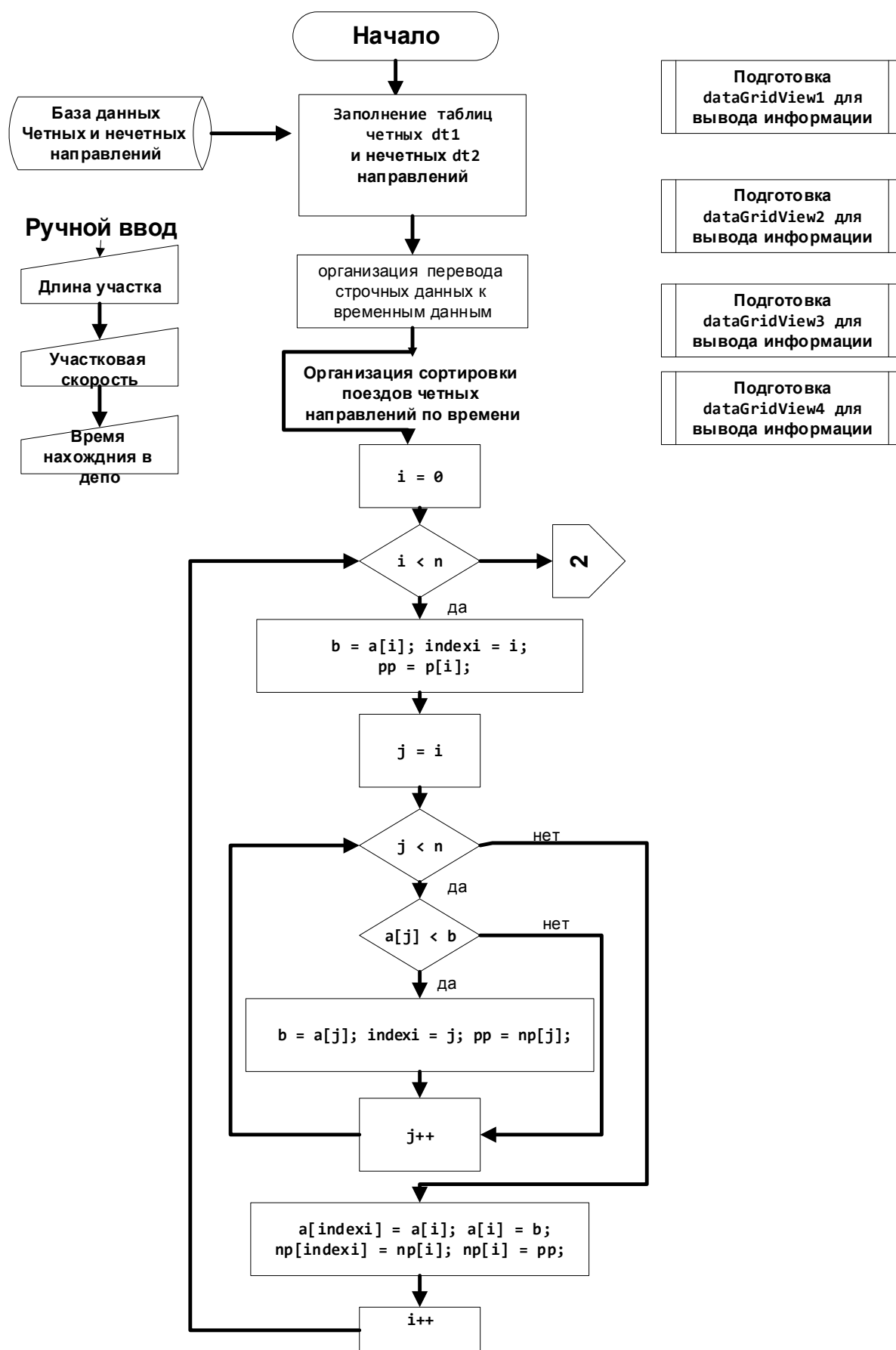


Рис. 1. Алгоритм расчета парка грузовых локомотивов железнодорожного участка

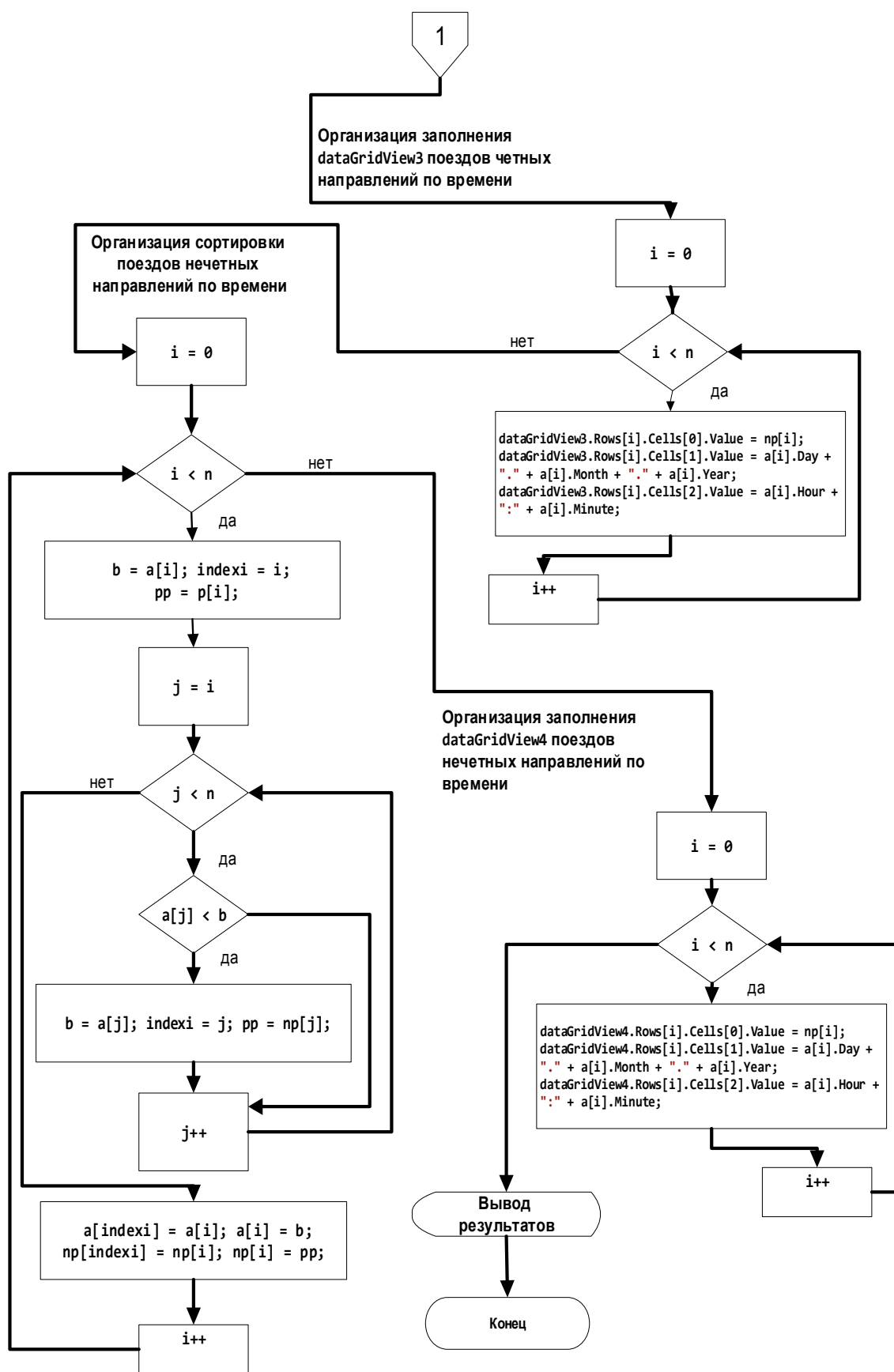


Рис. 1. Алгоритм расчета парка грузовых локомотивов железнодорожного участка (окончание)

Интерфейс программы автоматизированного расчета эксплуатируемого парка грузовых локомотивов

железнодорожного участка графоаналитическим методом показан на рис. 2.

База данных

Прибытие на станцию

id№поезд	data	время
2024	20.01.2019	0:33
3108	20.01.2019	1:33
2026	20.01.2019	2:33
2002	20.01.2019	3:33
2004	20.01.2019	4:33
2006	20.01.2019	5:33
3102	20.01.2019	6:33
2008	20.01.2019	7:33
2010	20.01.2019	8:33
2012	20.01.2019	9:33
3104	20.01.2019	10:33
2014	20.01.2019	11:33
2016	20.01.2019	12:33
3414	20.01.2019	13:33
2018	20.01.2019	14:33
3106	20.01.2019	15:33
2020	20.01.2019	16:33
2022	20.01.2019	17:33

Отправление со станции

id№поезд	data	время
2005	21.01.2019	0:43
3101	20.01.2019	1:43
2007	21.01.2019	2:43
3413	20.01.2019	3:43
2009	20.01.2019	4:43
2011	20.01.2019	5:43
3103	20.01.2019	6:43
2013	20.01.2019	7:43
2015	20.01.2019	8:43
2017	20.01.2019	9:43
3105	20.01.2019	10:43
2019	20.01.2019	11:43
2021	20.01.2019	12:43
2023	20.01.2019	13:43
3107	20.01.2019	14:43
2025	20.01.2019	15:43
2001	20.01.2019	16:43
2003	20.01.2019	17:43

Длина участка 200 км
Участковая скорость 30 км/час
Время нахождения в депо 2,5 час

id№поезд	data	время
2024	20.1.2019	0:33
3108	20.1.2019	1:33
2026	20.1.2019	2:33
2002	20.1.2019	3:33
2004	20.1.2019	4:33
2006	20.1.2019	5:33
3102	20.1.2019	6:33
2008	20.1.2019	7:33
2010	20.1.2019	8:33
2012	20.1.2019	9:33
3104	20.1.2019	10:33
2014	20.1.2019	11:33
2016	20.1.2019	12:33
3414	20.1.2019	13:33
2018	20.1.2019	14:33
3106	20.1.2019	15:33
2020	20.1.2019	16:33
2022	20.1.2019	17:33

id№поезд	data	время
3101	20.1.2019	1:43
3413	20.1.2019	3:43
2009	20.1.2019	4:43
2011	20.1.2019	5:43
3103	20.1.2019	6:43
2013	20.1.2019	7:43
2015	20.1.2019	8:43
2017	20.1.2019	9:43
3105	20.1.2019	10:43
2019	20.1.2019	11:43
2021	20.1.2019	12:43
2023	20.1.2019	13:43
3107	20.1.2019	14:43
2025	20.1.2019	15:43
2001	20.1.2019	16:43
2003	20.1.2019	17:43

Общие локомотива-часы простоя в пункте оборота 51:0 лок-часы
Средний простой одного локомотива в пункте оборота 2,8 час
Оборот локомотива 18,7 час
Коэффициент потребности локомотивов на одну пару поездов 0,78
Эксплуатируемый парк грузовых локомотивов 14 лок

Рис. 2. Интерфейс программы автоматизированного расчета парка грузовых локомотивов железнодорожного участка

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная программа для ЭВМ окажет помощь инженерно-техническим работникам при нормировании простоя одного локомотива в пункте оборота и эксплуатируемого парка грузовых локомотивов для участка обращения. В дальнейших исследованиях необходимо разработать программу для ЭВМ, позволяющую определить эксплуатируемый парк грузовых локомотивов для железной дороги в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Валеев Н.А. Управление затратами в локомотивном комплексе железнодорожной компании : дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. – Москва, 2016. – 132 с.
2. Айзинбуд С.Я., Кельперис П.И. Эксплуатация локомотивов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1990. – 261 с.
3. Некрашевич В.И., Лаханкин Е.А., Агеева М.А. Дорожно-сетевая система автоматизированного составления графиков оборота локомотивов и локомотивных бригад грузового движения и расчета показателей их использования // Вестник Белорусского государственного университета транспорта. Наука и транспорт. – 2015. – № 2 (31). – С. 48–49.
4. Прохоренко О.В. Обеспечение составов грузовых поездов локомотивами и бригадами на станциях,

расположенных внутри участков обращения : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08. – Новосибирск, 2010. – 144 с.

5. Козлов П.А., Вакуленко С.П. Модель оптимального графика оборота поездных локомотивов // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). – 2015. – № 2. – С. 15–20.
6. Моделювання процесу оперативного планування роботи локомотивного парку і локомотивних бригад / І.В. Жуковицький, В.В. Скалозуб, О.В. Ветрова, О.Л. Зіненко // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2006. – № 12. – С. 74–78.
7. Ковалев В.Н. Комплексная система автоматизированного нормирования локомотивного парка : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08. – Москва, 1999. – 212 с.
8. Чернюгов А.Д., Некрашевич В.И. Использование ЭВМ для расчета парка локомотивов на зарубежных и отечественных железных дорогах // Железнодорожный транспорт за рубежом. – 1974. – № 7 (161). – С. 35–40.
9. Системы автоматизации и информационные технологии управления перевозками на железных дорогах : учебник для студентов вузов ж.-д. транспорта / [В.А. Гапанович и др.] ; под общ. ред. В.И. Ковалева, А.Т. Осьминина, Г.М. Грошева. – М. : УМЦ по образованию на ж.-д. транспорте; Маршрут, 2006. – 542 с.

10. Бегагоин Э.И. Эксплуатация локомотивов: метод. рекомендации / Э.И. Бегагоин, О.И. Ветлугина. – Екатеринбург : УрГУПС, 2012. – 36 с.

11. Некрашевич В.И., Апатцев В.И. Управление эксплуатацией локомотивов : учебное пособие. – М. : РГОТУПС, 2004. – 257 с.

12. Rolling Stock: Locomotives and Rail Cars, *Industry & Trade Summary. Office of Industries Publication ITS-08*, March 2011. – 125 p.

13. Jonaitis, J. Planning of the amount of trains needed for transportation by rail, *Transport*, 2007, Vol. 22, No. 2. – Pp. 83–89.

14. Lebedevas S., Dailydka S., Jastremskas V., Vaičiūnas, G. Research of the rational operational load of diesel locomotives. *Eksploatacja i Niezawodność = Maintenance and Reliability*, 2014, Vol. 16, No. 4. – Pp. 545–553.

15. Албахари Д., Албахари Б. С# 3.0 : справочник. – СПб. : БХВ-Петербург, 2013. – 944 с.

16. Вагнер Б. С#. Эффективное программирование: 50 рекомендаций, как можно усовершенствовать свой С#. – М. : Лори, 2013. – 320 с.

Calculation of the Freight Locomotive Fleet by the Graphic-Analytical Method in C# Programming Language

M.N. Masharipov, PhD M.Kh. Rasulov, PhD M.M. Rasulmukhammedov,
PhD Sh.M. Suyunbaev
Tashkent Railway Engineering Institute
Tashkent, Uzbekistan
uer_tashiit@mail.ru

Abstract. In the graphoanalytical method of calculation, the fleet of depot locomotives in use is defined as the sum of the parks of locomotives for individual service (work) brigades and sections of circulation adjacent to this depot. This article describes the algorithm for calculating the fleet of locomotives in the railway section using the graphoanalytical method in the C# programming language. In this software, the freight locomotive fleet in use is determined by the demand factor of locomotives for one pair of trains. The developed computer program will assist engineering and technical workers in normalizing the downtime of one locomotive at the point of turnover and operating a fleet of freight locomotives for the circulation section.

Keywords: graphoanalytical method, locomotive demand factor for one pair of trains, locomotive linkage sheet, C# programming language, locomotive fleet operated.

REFERENCES

1. Valeev N.A. Cost management in the locomotive complex of the railway company [Upravlenie zatratami v lokomotivnom komplekse zheleznodorozhnoy kompanii]: diss. on competition of a scientific degree Ph.D. (Econ.), Moscow, 2016. – 132 p.
2. Aizinbud S.Ya., Kelperis P.I. Operation of locomotives [Ekspluatatsiya lokomotivov]. Second Edition. Moscow, Transport, 1990. – 261 p.
3. Nekrashevich V.I., Lahankin E.A., Ageeva M.A. Network/Regional System of Automated Plotting of Locomotives and Locomotive Crews Turnover-graph for the Cargo Traffic and the Order of Calculation Indicators of its Use [Dorozhno-setevaya sistema avtomatizirovannogo sostavleniya grafikov oborota lokomotivov i lokomotivnykh brigad gruzovogo dvizheniya i rascheta pokazateley ikh ispol'zovaniya], *Bulletin of the Belarusian State University of Transport: Science and Transport [Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta transporta: Nauka i transport]*, 2015, No. 2 (31). – Pp. 48–49.
4. Prokhorenko O.V. Provision of freight trains with locomotives and brigades at stations located within thesections of circulation [Obespechenie sostavov gruzovykh poezdov lokomotivami i brigadami na stantsiyakh, raspolozhennykh vnutri uchastkov obrashcheniya]: diss. on competition of a scientific degree Ph.D. (Engin.), Saint Petersburg, 2010. – 144 p.
5. Kozlov P.A., Vakulenko S.P. Simulation Model to Optimize Turnover Schedule for Train Locomotives [Model' optimal'nogo grafika oborota poezdnykh lokomotivov], *Vestnik of the Railway Research Institute [Vestnik nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta (Vestnik VNIIZhT)]*, 2015, No. 2. – Pp. 15–20.
6. Zhukovytskyi I.V., Skalozub V.V., Vetrova O.V., Zinenko O.L. Modeling of the Operational Planning Process of Working Locomotives and Locomotive Crews. [Modelirovanie protsessa operativnogo planirovaniya raboty lokomotivnogo parka i lokomotivnykh brigad], *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport [Nauka i progress transporta. Vestnik Dnepropetrovskogo natsional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta]*, 2006, No. 12. – Pp. 74–78.
7. Kovalev V.N. Integrated system of automated rationing locomotive park [Kompleksnaya sistema avtomatizirovannogo normirovaniya lokomotivnogo parka]: diss. on competition of a scientific degree Ph.D. (Engin.), Moscow, 2012. – 212 p.
8. Chernyugov A.D., Nekrashevich V.I. The use of computers to calculate the fleet of locomotives on foreign and domestic railways [Ispol'zovanie EVM dlya rascheta parka lokomotivov na zarubezhnykh i otechestvennykh zheleznykh dorogakh], *Railway transport abroad [Zheleznodorozhnyy transport za rubezhom]*, 1974, № 7 (161). – Pp. 35–40.
9. Automation systems and information technologies for transportation management on the railways: studies for universities of railway transport [Sistemy avtomatizatsii i informatsionnye tekhnologii upravleniya perevozkami na zheleznykh dorogakh: uchebnik dlya studentov vuzov zh.-d. transporta] – Moscow, Route, 2006. – 542 p.
10. Begagoin E.I. Operation of locomotives: methodical recommendations [Ekspluatatsiya lokomotivov: metodicheskie rekomendatsii], Yekaterinburg, USURT, 2012. – 36 p.
11. Nekrashevich V.I., Apattsev V.I. Locomotive Operation Management: Study Guide [Upravlenie ekspluatatsiyey lokomotivov: Uchebnoe posobie], Moscow, RGOTUPS, 2004. – 257 p.
12. Rolling Stock: Locomotives and Rail Cars, *Industry & Trade Summary. Office of Industries Publication ITS-08*, March 2011. – 125 p.

13. Jonaitis, J. Planning of the amount of trains needed for transportation by rail, *Transport*, 2007, Vol. 22, No. 2. – Pp. 83–89.

14. Lebedevas, S., Dailydka, S., Jastremskas V., Vaičiūnas, G. Research of the rational operational load of diesel locomotives. *Eksploatacja i Niezawodność = Maintenance and Reliability*, 2014, Vol. 16, No. 4. – Pp. 545–553.

15. Albahari, J., Albahari, B. C# 3.0. Handbook. [C# 3.0. Spravochnik], Saint Petersburg, BHV-Petersburg, 2013. – 944 p.

16. Wagner, B. C#. Effective Programming [C#. Effektivnoe programmirovaniye], Moscow, Lori, 2013. – 320 p.

Модель функционирования автоматизированной системы управления, учитывающая информацию мониторинга производительности в узлах сетевой инфраструктуры

В.В. Оркин

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского
Санкт-Петербург, Россия
orc225@mail.ru

Аннотация. Предложена модель функционирования автоматизированной системы управления, основанная на использовании информации мониторинга производительности в узлах сетевой архитектуры. Рассматривается информационная подсистема автоматизированной системы управления, мониторинг в которой производится в отношении серверов комплекса средств автоматизации, предоставляющих информацию должностным лицам. Модель предусмотрена для реализации метода перераспределения информационно-вычислительных ресурсов в информационных системах с целью обеспечения результативности их целевого функционирования.

Ключевые слова: информационная подсистема автоматизированной системы управления, мониторинг производительности, результативность.

ВВЕДЕНИЕ

В целях реализации проводимых в сложной организационно-технической системе операций необходимо их информационное обеспечение. В целях своевременного получения ответов обслуживания по заявкам от должностных лиц органов управления необходимо направлять данные заявки к центрам предоставления информации (узлам предоставления информационных услуг), в которых качество предоставления информации либо решения информационно-расчетных задач выше, чем в остальных, а время обслуживания меньше. Заявки направляются из центрального узла-получателя информационных услуг к узлам, предоставляющим информацию. Выбор направления определяется планом распределения информационных ресурсов. В условиях отсутствия возмущений время обслуживания заявок не выходит за пределы интервала допустимых значений, загрузка системы зависит лишь от интенсивности входного потока.

В условиях возмущений в информационной подсистеме автоматизированной системы управления (ИПС АСУ) часть обработчиков заявок может выйти из строя либо оказаться перегруженными. Время обслуживания заявок серверами также может увеличиться. Для фиксации данных

изменений предназначаются специальные комплексы мониторинга с целью отслеживания состояния различных параметров.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Гетерогенность информационных систем управления и средств автоматизации как основы информационной инфраструктуры порождает необходимость комплексного подхода к решению задач мониторинга с использованием различных методов сбора, обработки и анализа информации о параметрах вычислительных систем (комплексов) в центрах обработки данных различного типа, состоянии каналов связи и сервисов. Ключевыми показателями эффективности перспективной системы оперативного мониторинга состояния являются время локализации события, оценка нагрузки и вероятность отказа. При распределении информационных потоков либо заявок к информационным ресурсам в различных условиях функционирования АСУ, в том числе при отказе системы мониторинга, необходимо предусмотреть возможность применения различных алгоритмов распределения.

Разработкой моделей, алгоритмов и методик распределения занимались многие ученые [1–5, 14]. Анализ методов распределения заявок на предоставление информационных услуг и других информационных потоков проведен в работах [6, 7]. Для АСУ различного предназначения возможно применение как универсальных, так и специально разработанных процедур динамического перераспределения информационных ресурсов. Комплексное применение таких процедур предусматривает разработку метода динамического перераспределения информационных ресурсов с использованием модели функционирования АСУ для определения текущей производительности в узлах сетевой инфраструктуры и прогнозирования результативности при использовании текущего распределения информационно-вычислительных ресурсов.

Необходимо разработать модель, способную определить зависимость результативности функционирования от значений элементов плана распределения и параметров ин-

формационно-вычислительных ресурсов с целью определения необходимости применения той или иной процедуры динамического перераспределения ресурсов.

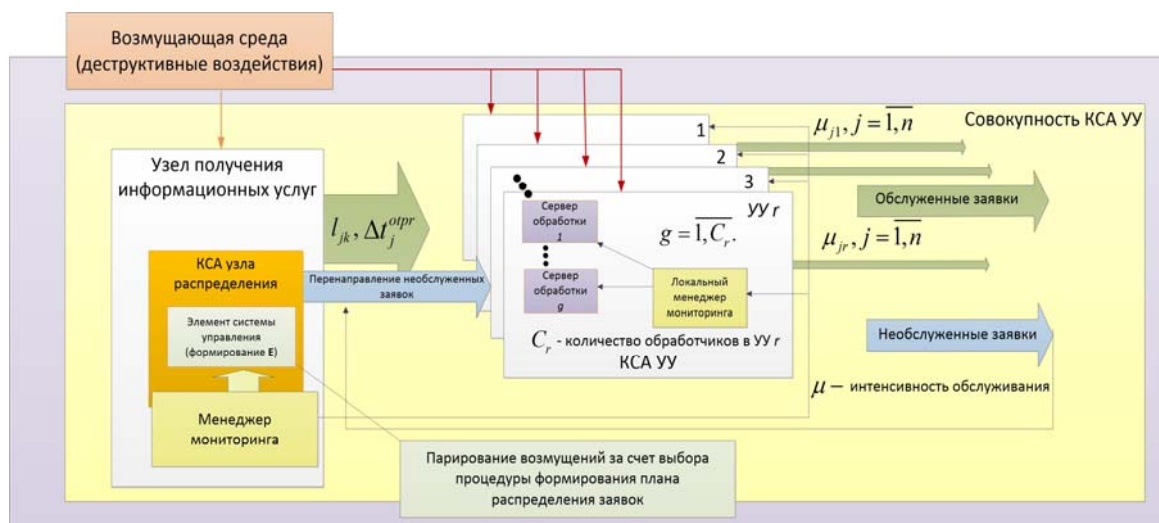


Рис. 1. Формализованная схема функционирования АСУ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АСУ

Сложность и разнородность управляемых составляющих АСУ, включающих взаимозависимые элементы, существенно усложняют описание взаимных связей и отношений между ними.

Намечена тенденция использования в исследованиях некоторой совокупности моделей, например: специализированных моделей (каждая из которых позволяет получить оценку, как правило, одного показателя эффективности), не увязанных между собой по входной и выходной информации; моделей, отличающихся используемыми исходными данными и степенью детализации моделируемой системы [8], а также имитационных моделей, модули которых в зависимости от состава комплексного показателя эффективности могут удаляться из модели или использоваться при моделировании [9].

Первым этапом моделирования функционирования системы является формализация процесса [10]. Формализованная схема функционирования АСУ представлена на рис. 1.

Получение оценок показателей эффективности в связи со сложностью АСУ представляет собой задачу большой размерности, которая не может быть решена в рамках одной аналитической модели ее функционирования. Обычно разрабатывается несколько моделей. С точки зрения оценивания результатов целевого функционирования АСУ, предназначенной для информационного обеспечения органов управления, рассмотрена результативность функционирования системы как составляющая (операционное свойство) эффективности. Комплексным показателем результативности выбрана вероятность своевременного обслуживания поступивших заявок на предоставление информационных услуг либо решения информационно-расчетных задач (ИРЗ) с требуемым качеством. Данный показатель позволяет оценить эффективность функционирования АСУ с

точки зрения оперативности и результативности, где результатом является решение задач информационного обеспечения.

Между комплексами средств автоматизации циркулируют различные информационные потоки, в том числе запросы на предоставление различной информации для должностных лиц в целях решения задач сложной организационно-технической системы, а также сообщения обслуживания данных запросов. При проведении масштабных операций в системе направляется большое количество заявок на предоставление информации. Для построения адекватной модели важно правильно определить характеристики входных потоков, поступающих к серверам комплексов средств автоматизации.

Нагрузка на узлы предоставления информационных услуг (УУ) определяется планом распределения E, представляющим собой матрицу с числом столбцов, равным r (число УУ, к которым центральный узел может обращаться (число исходящих направлений)) и числом строк, равным n (число видов заявок). Элементом строки матрицы является доля от общего количества заявок вида j, j = 1, n, планируемая для обработки k-м УУ,

$$\sum_{k=1}^r E_{jk} = 1. \tag{1}$$

В работе предложена аналитическая модель расчета показателя результативности функционирования АСУ – вероятности своевременного обслуживания заявок на предоставление информации с требуемым качеством.

Модель предполагает получение значений времени обслуживания заявок системой мониторинга функционирования средств (рис. 1) в узлах сетевой информационной инфраструктуры. Определяется время обработки данных по единичной заявке:

$$t_k^{ED} = t_k^{ПСК} + t_k^{CP} + t_k^{ИЗВ}, \quad (2)$$

где $t_k^{ПСК}$ – время поиска информации сервером k -го УУ по единичной заявке;

t_k^{CP} – время сравнения качества найденной информации с требуемым уровнем качества;

$t_k^{ИЗВ}$ – время выдачи информации в формализованном виде.

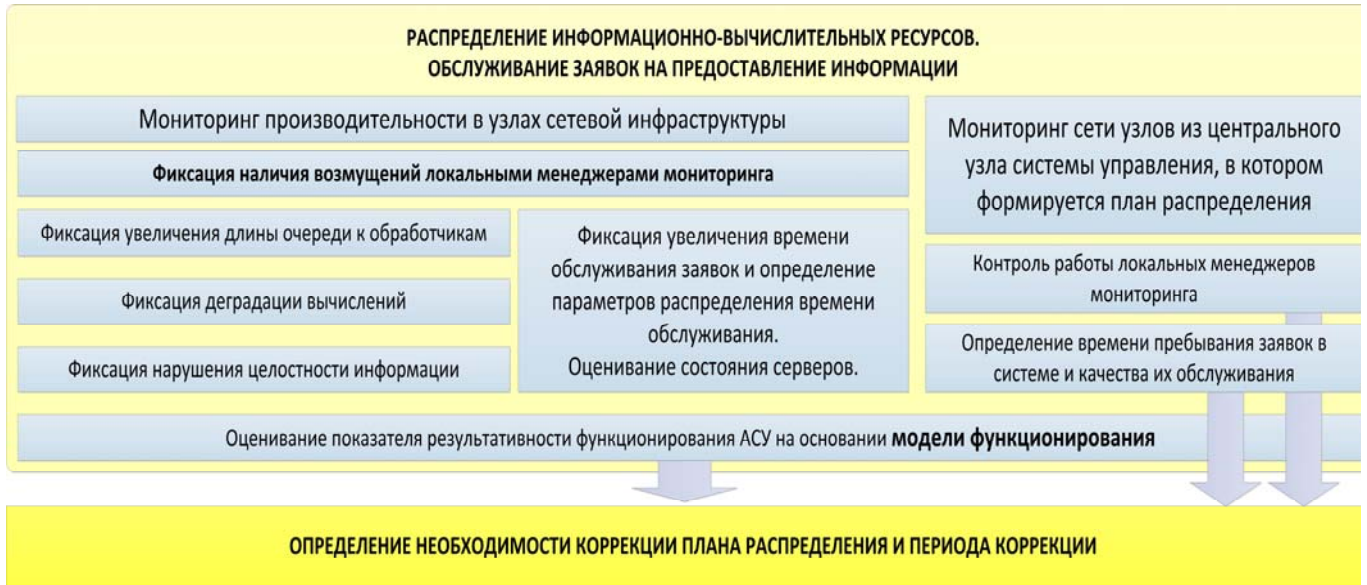


Рис. 2. Практическое использование модели при реализации в АСУ метода адаптивного перераспределения информационно-вычислительных ресурсов

Требуемое время обслуживания заявок t_{TR} определяется из общего времени, отведенного на проведение операции вышестоящей системой. В системе управления определяется относительный показатель оперативности обслуживания на основании данных от менеджеров мониторинга:

$$t_{jk}^o = \frac{t_{jk}^{ПП}}{t_{TR}}, \quad (3)$$

где $t_{jk}^{ПП}$ – время пребывания заявки в системе при отправке к k -му УУ.

Время пребывания заявки j -го вида в k -м УУ определяется как сумма времени обслуживания и времени ожидания обслуживания $t_{jk}^{ОЖ}$ [9, 11]:

$$t_{jk}^{ПП} = t_{jk} + t_{jk}^{ОЖ};$$

$$t_{jk}^{ПП} = \frac{E_{jk} l_j t_k^{ED}}{C_k} + t_{jk}^{ОЖ}, \quad (4)$$

где l_j – требуемое количество информации по заявке j -го вида; C_k – количество обслуживающих серверов в k -м УУ.

Относительный показатель оперативности определяется с целью адаптивного перераспределения информационных ресурсов при отсутствии сведений от локальных менеджеров мониторинга в узлах сетевой инфраструктуры.

Менеджеры мониторинга подконтрольной системы в каждом УУ определяют выход значений времени обслуживания за пределы определенного в рамках предварительных испытаний (натурного эксперимента) интервала возможных значений, а также время восстановления серверов после отказов, длину очередей на обслуживание. На основе полученных значений в процессе функционирования изменяется оценка среднеквадратичного отклонения σ_k и математического ожидания m_k случайной величины t_k^{ED} , распределение которой близко к усеченному слева нормальному (значения длительностей обслуживания только положительные). После этого определяется вероятность своевременного обслуживания с требуемым качеством:

$$P_j^{КАЧ} = \sum_{k=1}^r (E_{jk} P(t_k^{ED} \leq t_{TR})) P(Q_j \geq Q_{jTR}), \quad (5)$$

где Q_{jTR} – требуемое качество предоставляемой информации по заявке j -го вида;

Q_j – качество предоставленной информации (определяется экспертами по объему либо по специальным аналитическим моделям для конкретных АСУ).

Вероятность своевременного обслуживания вычисляется через функцию распределения случайной величины – времени обработки заявки единичного объема.

Усеченным нормальным распределением случайной величины называется распределение, получаемое из нормального при ограничении интервала возможных значений этой величины. Так как возможные значения случайной величины t_k^{ED} ограничены интервалом $(0, \infty)$, то плотность усеченного распределения определяется выражением:

$$f(\bar{t}) = t \cdot cf(t),$$

где $f(t)$ – плотность неусеченного распределения (известна из литературы [10]);

c – нормирующий множитель,

$$c = \frac{1}{\int_0^{\infty} f(t) dt}$$

$$P(0 < t_k^{ED} < t_{TR}) = \frac{1}{\sigma_k \sqrt{2\pi} \int_0^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} dx} \frac{1}{\sigma_k \sqrt{2\pi}} \int_{\frac{0-m_k}{\sigma_k}}^{\frac{t_{TR}-m_k}{\sigma_k}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx. \quad (6)$$

Выражая правую часть выражения (6) через функцию Лапласа, получим:

$$P(t_k^{ED} < t_{TR}) = \frac{\Phi\left(\frac{t_{TR} - m_k}{\sigma_k}\right) + \Phi\left(\frac{m_k}{\sigma_k}\right)}{0,5 + \Phi\left(\frac{m_k}{\sigma_k}\right)}. \quad (7)$$

При наличии перегрузок, увеличении времени обслуживания заявок и росте длины очереди к серверам УУ необходимо изменить значения элементов плана распределения по определенному алгоритму.

В результате компьютерной атаки или других причин нарушения работоспособности изменяются длительности обслуживания, данные изменения фиксируются системой мониторинга [12]. Накапливается статистика и определяются изменения параметров распределения. После этого определяется вероятность своевременного обслуживания с требуемым качеством и делается прогноз результативности функционирования информационной подсистемы.

При невозможности получить информацию от системы мониторинга в результате воздействия злоумышленника на нее или каналы связи используются данные об обслуживании самих заявок по времени пребывания в системе (4) и полноте информации, предоставленной по заявкам. Используются данные статистики обслуживания заявок, и план распределения изменяется в соответствии с определенной процедурой. Практическое использование модели представлено на рис. 2.

ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛИ

Представленная модель использует накопленную статистику в процессе функционирования вычислительной системы (обработчиков заявок) для оценки параметров распределения случайной величины t_k^{ED} : среднеквадратичного отклонения σ_k и математического ожидания m_k на каждом узле сетевой инфраструктуры.

Пусть при проведении вышестоящей системой операции решаются задачи поиска информации и решения информационно-расчетных задач. Если разбить процесс проведения операции на временные циклы, то после каждого цикла образуется накопленная статистика по обслуживанию заявок в узлах системы. По данной статистике и определяются параметры распределения. Пример приведен в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1. Оценки параметров распределения времени обслуживания единичной заявки

k	Узлы предоставления информационных услуг							
	1	2	3	4	5	6	7	8
m_k, c	1,51	1,44	2,03	1,91	1,11	1,59	1,87	1,14
σ_k, c	0,23	0,22	0,24	0,23	0,18	0,19	0,18	0,13

Примем, что проводимая вышестоящей системой операция имеет этап сбора информации длительностью 12 часов, состоящий из 16 циклов, в каждом из которых идет сбор информации по 1 200 пунктам. Соответственно, обработка информации в каждом узле по одному пункту должна продолжаться не более 2,25 с. Операция предполагает сбор информации по всем пунктам последовательно (пока не выполнен пункт 1, центральный узел системы не отправляет заявки по пункту 2). По статистике, набранной при обработке заявок первого цикла, определяется вероятность своевременного выполнения всех циклов по формуле (7).

Результаты расчетов по данным табл. 1 представлены в табл. 2. Из таблицы видно, что вероятность своевременного обслуживания при выполнении дальнейших циклов в узлах 3, 4, 7 ниже, чем в остальных.

ТАБЛИЦА 2. Вероятность своевременного обслуживания

k	Узлы предоставления информационных услуг							
	1	2	3	4	5	6	7	8
P	0,98	0,99	0,45	0,65	0,99	0,98	0,76	1

В табл. 2 примем $P = P\{t_k^{ED} < t_{TR}\}$.

Примем $P(Q_j \geq Q_{jTR}) = 1$, тогда при предоставлении системой услуг одного вида ($j = 1$) и равномерном распределении по узлам, подставляя в выражение (5) данные из табл. 2, получим:

$$P^{КАЧ} = \sum_{k=1}^r (0,125 P(t_k^{ED} \leq t_{TR})) = 0,85.$$

При использовании метода перераспределения информационных ресурсов после первого цикла сбора информации план распределения примет вид, представленный в табл. 3.

ТАБЛИЦА 3. План распределения

k	Узлы предоставления информационных услуг							
	1	2	3	4	5	6	7	8
E_k	0,126	0,127	0,12	0,121	0,13	0,125	0,121	0,13

При данном плане распределения показатель результативности принимает значение 0,86. Прирост результативности по сравнению со статическим распределением становится более ощутимым при нарушении функционирования информационной инфраструктуры. При увеличении значений времени обработки данных в узлах сетевой инфраструктуры получим оценки параметров распределения, приведенные в табл. 4. Для определения значений используются имитационные модели компьютерных атак на информационно-вычислительные ресурсы.

ТАБЛИЦА 4. Оценки параметров распределения при воздействиях на узлы 3, 4, 5

k	Узлы предоставления информационных услуг							
	1	2	3	4	5	6	7	8
m_k, c	1,59	1,47	6,13	5,61	4,19	1,62	1,88	1,15
σ_k, c	0,24	0,22	0,44	0,33	0,51	0,2	0,19	0,13

При равномерном распределении заявок по узлам показатель результативности принимает значение 0,62. При использовании метода перераспределения информационных ресурсов показатель результативности принимает значение 0,84.

Таким образом, учет информации мониторинга производительности позволяет определить снижение значения показателя результативности функционирования и перейти от одной процедуры управления в информационной системе к другой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе представлена модель функционирования АСУ, учитывающая информацию мониторинга производительности в узлах сетевой инфраструктуры в условиях возмущений, которая отличается от известных тем, что использует информацию о времени поиска и обработки данных серверами узлов сетевой информационной инфраструктуры АСУ и показывает зависимость показателей оперативности и результативности функционирования АСУ от значений элементов плана распределения информационных ресурсов и временных характеристик процесса обработки заявок.

Развитие АСУ включает в себя в первую очередь совершенствование системы управления её функционированием, заключающееся во внедрении новых программно-аппаратных комплексов [13], способных работать в условиях возмущений, парируя воздействия за счет применения в различных условиях различных процедур управления.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на практическое применение данной модели в конкретных АСУ и информационных системах, функционирование которых возможно в чрезвычайных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Легков К.Е. Методы управления параметрами, характеризующими процессы функционирования инфокоммуникационной системы специального назначения / К.Е. Легков // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2016. Том 10. – № 3. – С. 49–55.
2. Исьянов В.М. Децентрализованный способ динамического распределения информации на автоматически коммутируемых сетях связи / В.М. Исьянов, В.Г. Лазарев, Н.Я. Паршенков // В кн.: Автоматы и управление сетями связи. – М.: Наука, 1971. – С. 68–71.
3. Prellwitz M., Parzyjegla H., Mühl G. Adaptive Information Distribution for Dynamic Sets Using Multicast Push and Pull // ACM SIGAPP Applied Computing Review. – October 2018. – № 18 (3). – Pp.19–31.
4. Borzemiński L., Zatrwarnicki K., Zatrwarnicka A. Adaptive and Intelligent Request Distribution for Content Delivery Networks // Cybernetics and Systems. – 2007. – Vol. 38. – № 8. – Pp. 837–857.
5. Гури́н Л.С. Задачи и методы оптимального распределения ресурсов / Л.С. Гури́н, Я.С. Дымарский, А.Д. Меркулов. – М.: Советское радио, 1968. – 463 с.
6. Новиков С.Н. Классификация методов маршрутизации в мультисервисных сетях связи // Вестник СибГУТИ. 2013. – № 1. – С. 57–67.
7. Буренин А.Н., Курносов В.И. Теоретические основы управления современными телекоммуникационными сетями: Монография / А.Н. Буренин, В.И. Курносов; под общ. ред. В.И. Курносова. – М.: Наука, 2011. – 463 с.
8. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1968. – 356 с.
9. Легков К.Е. К вопросу моделирования функционирования информационной подсистемы автоматизированной системы управления / К.Е. Легков, В.В. Оркин // Труды ВКА им. А.Ф. Можайского. – № 664. – 2018. – С. 34–42.
10. Васильев К.К. Математическое моделирование инфокоммуникационных систем: учебное пособие для вузов / К.К. Васильев, М.Н. Служивый. – М.: Горячая линия–Телеком, 2018. – 236 с.
11. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
12. Чернопрудова Е.Н. Проектирование распределенных информационных систем: курс лекций / Е.Н. Чернопрудова, С.А. Щелоков. – Оренбург: БИБКМ, 2012. – 320 с.
13. Легков К.Е. Развитие автоматизированных систем управления специального назначения: основные принципы и задачи / К.Е. Легков, С.Е. Шалдаев, В.В. Алейник // i-methods. – 2014. – Т. 6. – № 2. – С. 27–30.
14. Netten N., Bruinsma G., M. van Someren, R. de Hoog. Task-Adaptive Information Distribution for Dynamic Collaborative Emergency Response. *International Journal of Intelligent Control and Systems*, 2006, No. 11 (4). – Pp. 238–247.

The Model of Automated Control System Functioning, Taking into Account Performance Monitoring Information in Network Infrastructure Nodes

V.V. Orkin

A.F. Mozhaisky Military Space Academy
St. Petersburg, Russia
orc225@mail.ru

Abstract. A model of automated control system functioning based on the use of performance monitoring information in the of the network infrastructure nodes is proposed. The information subsystem of the automated control system is considered, and monitoring is carried out with respect to servers of the complex of automation tools that provide information to officials. The model is designed to implement the method of redistribution of information resources in information systems in order to ensure the effectiveness of their target functioning.

Keywords: information subsystem of the automated control system, performance monitoring, performance.

REFERENCES

1. Legkov K.E. Methods of Controlling Parameters Characterizing the Processes of Functioning of the Information Communication System of Special Purpose [Metody upravleniya parametrami, kharakterizuyushchimi protsessy funktsionirovaniya infokommunikatsionnoy sistemy spetsial'nogo naznacheniya], *T-Comm: Telecommunications and Transport [T-Comm: Telekommunikatsii i transport]*, 2016, Vol. 10, No. 3. – Pp. 49–55.
2. Isyanov V.M., Lazarev V.G., Parshenkov N.Ya. Decentralized Method of Dynamic Distribution of Information on Automatically Switched Communication Networks [Detsentralizovannyi sposob dinamicheskogo raspredeleniya informatsii na avtomaticheski kommutiruyemykh setyakh svyazi], *In the book: Automats and Management of Communication Networks [Avtomaty i upravleniye setyami svyazi]*, Moscow, Nauka, 1971. – Pp. 68–71.
3. Prellwitz M., Parzyjeglą H., Mühl G. Adaptive Information Distribution for Dynamic Sets Using Multicast Push and Pull. *ACM SIGAPP Applied Computing Review*. October 2018, No. 18 (3). – Pp.19–31.
4. Borzemski L., Zatwarnicki K., Zatwarnicka A. Adaptive and Intelligent Request Distribution for Content Delivery Networks. *Cybernetics and Systems*, 2007, Vol. 38, No. 8. – Pp. 837–857.
5. Gurin L.S., Dymarsky I.S., Merkulov A.D. Tasks and methods for optimal resource allocation [Zadachi i metody optimal'nogo raspredeleniya resursov], Moscow, Soviet Radio, 1968. – 463 p.
6. Novikov S.N. Classification of Routing Methods in Multiservice Communication Networks [Klassifikatsiya metodov marshrutizatsii. v mul'tiservisnykh setyakh svyazi]. *Messenger SibSUTI [Vestnik SibGUTI]*, 2013, No. 1. – Pp. 57–67.
7. Burenin A.N., Kurnosov V.I. Theoretical bases of management of modern telecommunication networks: Monograph [Teoreticheskie osnovy upravleniya sovremennymi telekommunikatsionnymi setyami: Monografiya], Moscow, Nauka, 2011. – 463 p.
8. Buslenko N.P. Modeling of complex systems [Modelirovaniye slozhnykh sistem], Moscow, Nauka, 1968. – 356 p.
9. Legkov K.E., Orkin V.V. To the Question of Modeling the Functioning of the Information Subsystem of the Automated Control System [K voprosu modelirovaniya funktsionirovaniya informatsionnoy podsistemy avtomatizirovannoy sistemy upravleniya], *Proc. of MAA named after A.F. Mozhaisky [Trudy VKA im. A.F. Mozhayskogo]*, 2018, No. 664. – Pp. 34–42.
10. Vasiliev K.K., Sluzhivyy M.N. Mathematical modeling of information-communication systems: study guide [Matematicheskoye modelirovaniye infokommunikatsionnykh sistem: uchebnoe posobie], Moscow, Goryachaya liniya–Telekom, 2018. – 236 p.
11. Aliyev T.I. Fundamentals of discrete system modeling [Osnovy modelirovaniya diskretnykh sistem], Saint Petersburg, SPbSU ITMO, 2009. – 363 p.
12. Chernoprudova E.N., Shchelokov S.A. Design of distributed information systems: course of lectures [Proektirovanie raspredelennykh informatsionnykh sistem: kurs lektsii], Orenburg, BIBKOM, 2012. – 320 p.
13. Legkov K.E., Shaldaev S.E., Aleinik V.V. Development of Automated Control Systems for Special Purposes: Basic Principles and Objectives [Razvitiye avtomatizirovannykh sistem upravleniya spetsial'nogo naznacheniya: osnovnyye printsipy i zadachi], *I-methods*, 2014, Vol. 6, No. 2. – Pp. 27–30.
14. Netten N., Bruinsma G., M. van Someren, R. de Hoog. Task-Adaptive Information Distribution for Dynamic Collaborative Emergency Response. *International Journal of Intelligent Control and Systems*, 2006, No. 11 (4). – Pp. 238–247.

Модель диагностирования бортового оборудования с учетом точностных характеристик средств измерений

Е.А. Захарова

Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского
Санкт-Петербург, Россия
Mashenkokatay@mail.ru

Аннотация. Предлагается модель диагностирования бортового оборудования с учетом точностных характеристик средств измерений, основанная на использовании байесовских сетей доверия. Модель позволяет вычислить апостериорную вероятность технического состояния в блоках бортового оборудования космического аппарата с учетом точностных характеристик средств измерений, заданных дискретными и непрерывными величинами. Показано, что учет нормального закона распределения и учет точностных характеристик средств измерений позволяет повысить апостериорную вероятность технического состояния на 0,6–3 %.

Ключевые слова: диагностирование, техническое состояние, байесовская сеть доверия, точностные характеристики.

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение сложности современной ракетно-космической техники (РКТ) характеризуется повышением требований к эффективности ее функционирования. Значительно усложнились процессы определения технического состояния систем и своевременного выявления неисправностей, что затрудняет предупреждение последствий отказов [1].

При диагностировании бортовых систем изделия необходимо контролировать большое число параметров, из которых и формируются диагностические признаки (ДП). Синтез адекватной модели объекта диагностирования представляет собой актуальную и практически важную задачу. Байесовские сети доверия позволяют охватить значительное число связей видов технического состояния (ТС) и диагностических признаков, а также учесть влияние новой информации на виды ТС и ДП [2, 3]. Математическая модель системы управления космическим аппаратом может быть сформулирована в рамках модели объекта диагностирования $M_{од}$ и модели точностных характеристик средств измерений $M_{си}$, представленных в виде следующих множеств:

$$M_{од} = \langle S, Pr, L, W, Y, \Pi \rangle; \quad M_{си} = \langle D, K_D, W_D \rangle,$$

где $S = \{S_i \mid i = \overline{0, m}\}$ – множество видов технического состояния;

$Pr = \{Pr_j \mid j = \overline{1, n}\} = \{pr_{j,k_j} \mid j = \overline{1, n}; k_j = \overline{1, r_j}\}$ – множество дискретных и непрерывных диагностических признаков, здесь pr_{j,k_j} – подпризнак j -го ДП, состоящего из r_j

подпризнаков. Например, дискретный диагностический признак «температура» pr_1 , состоящий из двух подпризнаков: «температура в норме», $pr_{1,j} = [-40; 0]^\circ\text{C}$, и «температура выше нормы», $pr_{1,j} = [0; 80]^\circ\text{C}$, и непрерывный диагностический признак [4], описываемый нормальным законом распределения с параметрами μ и σ ;

$L = \{l_{ij} \mid i = \overline{0, m}; j = \overline{1, n}\}$ – множество интервалов, определяющих границы изменения диагностических признаков в изображении вида технического состояния $S_i \in S$;

$W : S \times Pr \rightarrow L$ – отображение, устанавливающее связь между множествами изображений видов технических состояний $\{S_i \mid i = \overline{0, m}\}$ и диагностическими признаками $\{Pr_j \mid j = \overline{1, n}\}$ и множеством интервалов

$$L = \{l_{ij} \mid i = \overline{0, m}; j = \overline{1, n}\};$$

$Y = \{y_j \mid j = \overline{1, n}\}$ – множество измеренных значений диагностических признаков;

$\Pi = \{\pi_j \mid j = \overline{1, n}\}$ – множество проверок ДП;

$D = \{D_j \mid j = \overline{1, n}\}$ – множество датчиков, фиксирующих значения диагностических признаков;

$W_D : Pr \times D \rightarrow K_D$ – отображение, устанавливающее связь между диагностическими признаками и точностными характеристиками средств измерений и множеством интервалов $K_D = \{k_{ij} \mid i = \overline{0, m}; j = \overline{1, n}\}$;

$K_D = \{k_{ij} \mid i = \overline{0, m}; j = \overline{1, n}\}$ – множество интервалов, определяющих границы изменения точностных характеристик средств измерений в диагностических признаках.

Требуется найти текущий вид технического состояния с учетом поступления информации с датчиков:

$$S_i^* : P(S_i / y_j^* = pr_j) \rightarrow \max_{\forall S_i \in S}$$

МОДЕЛЬ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ С УЧЕТОМ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

Для решения задачи диагностирования предлагается использовать байесовские сети доверия (БСД), обладающие следующими преимуществами [5, 6]:

1. Высокая эффективность решения задач для сложных систем, в которых много наблюдаемых переменных, допускающих декомпозицию.

2. Учет поступления новой информации – свидетельств (новых данных о результатах проверок диагностических признаков или информации о видах технического состояния). Успешно использовать указанные преимущества позволяет программное средство GeNIe версии 2.3.

3. Возможность обработки статистических данных и экспертных оценок. Для задания $\{P(S_i) | i = \overline{0, m}\}$ может быть использована априорная информация, например проектные данные.

Вероятности видов технического состояния можно определить по формуле [7]:

$$P(S_0) = 1 / \left(1 + \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{1 - q_i} \right);$$

$$P(S_i) = \left(\frac{q_i}{1 - q_i} \right) / \left(1 + \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{1 - q_i} \right), \quad (1)$$

где q_i – вероятность отказа i -го блока системы.

Для задания множества условных вероятностей

$$\{P(pr_j / S_i) | j = \overline{1, n}; i = \overline{0, m}\}$$

используется диагностическая модель, приведенная в табл. 1, в которой диагностические признаки заданы дискретными и непрерывными величинами. Для непрерывных диагностических признаков задавались плотности вероятности нормального закона распределения в виде μ и σ .

ТАБЛИЦА 1. Диагностическая модель

Техническое состояние	Диагностические признаки				
	pr_1	...	pr_j	...	pr_n
S_0	1	0	$l_{j, j=(0;5)}$	1	$\mu_{n, 0}, \sigma_{n, 0}$
...
S_m	0	1	$l_{j, kj}$	0	$\mu_{n, i}, \sigma_{n, i}$

Для повышения достоверности диагностирования необходимо ввести модель, учитывающую точностные характеристики средств измерений [8–10]. Для задания множества условных вероятностей $\{P(y_j^* / pr_j) | j = \overline{1, n}\}$ используется модель учета точностных характеристик средств измерений, приведенная в табл. 2, в которой диагностические признаки заданы дискретными и непрерывными величинами. Точностные характеристики средств измерений, заданные непрерывными величинами, представлены плотностью вероятности нормального закона распределения с параметрами μ и σ .

ТАБЛИЦА 2. Точностные характеристик средств измерений

Диагностический признак	Точностные характеристики		
	D_1	...	D_n
pr_1	1	0	$\mu_{n, 1}, \sigma_{n, 1}$
...
pr_n	1	1	...

При выполнении проверок $\pi_j \in \Pi$ производится измерение значения диагностического признака. При поступлении измеренного значения диагностического признака в БСД производится обновление вероятностей и формируются апостериорные вероятности технического состояния. Сам алгоритм опроса сети при этом остается прежним, меняются лишь тензоры условных вероятностей, которые и отражают факт получения свидетельства [11].

ВЫЧИСЛЕНИЕ АПОСТЕРИОРНОЙ ВЕРОЯТНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ С УЧЕТОМ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

В качестве точностных характеристик средств измерений и диагностических признаков могут быть использованы как дискретные, так и непрерывные величины. Рассмотрим различные случаи использования таких величин.

а) Если точностная характеристика средств измерений и измеренное значение диагностического признака – дискретные величины, то необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. Задать топологию модели БСД – определить причинно-следственные связи исходя из структуры системы.
2. Указать априорную информацию – безусловные (маргинальные) вероятности родительских переменных $P(S_i)$, $i = \overline{0, m}$, и распределения условных вероятностей $P(pr_j/S_i)$ для всех потомков с учетом родительских переменных.
3. Указать условные вероятности $P(D_j/pr_j)$ точностных характеристик средств измерений.
4. При поступлении измеренного значения диагностического признака произвести обновление вероятностей в БСД на основе формулы:

$$P(S_i / y_j^*) = \frac{\sum_{j=1}^n P(y_j^* / pr_j) \cdot P(pr_j / S_i) \cdot P(S_i)}{\sum_{i=0}^m \sum_{j=1}^n P(y_j^* / pr_j) \cdot P(pr_j / S_i) \cdot P(S_i)} \quad (2)$$

б) Если точностная характеристика средств измерений – дискретная величина, измеренное значение диагностического признака – непрерывная величина, то необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. Задать топологию модели БСД: определить причинно-следственные связи исходя из структуры системы.
2. Указать априорную информацию: безусловные (маргинальные) вероятности родительских переменных $P(S_i)$, $i = \overline{0, m}$, и распределения условных вероятностей $P(pr_j/S_i)$ для всех потомков с учетом родительских переменных, заданных непрерывными величинами и представленных плотностью вероятности нормального закона распределения с параметрами μ и σ .
3. Указать условные вероятности $P(D_j/pr_j)$ точностных характеристик средств измерений.
4. При поступлении измеренного значения диагностического признака произвести обновление вероятностей в БСД на основе формулы:

$$P(S_i / y_j^* = pr_j) = \frac{\sum_{j=1}^n P(y_j^* / pr_j) \cdot f(pr_j / S_i) \cdot P(S_i)}{\sum_{i=0}^m \sum_{j=1}^n P(y_j^* / pr_j) \cdot f(pr_j / S_i) \cdot P(S_i)}, \quad (3)$$

где $f(pr_j/S_i)$ – плотность вероятности нормального закона распределения для диагностической модели.

в) Если точностная характеристика средств измерений – непрерывная величина, измеренное значение диагностического признака – непрерывная величина, то необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. Задать топологию модели БСД – определить причинно-следственные связи исходя из структуры системы [12].
2. Указать априорную информацию: безусловные (маргинальные) вероятности родительских переменных – $P(S_i)$, $i = \overline{0, m}$, и распределения – условных вероятностей $P(pr_j/S_i)$ для всех потомков с учетом родительских переменных, заданных непрерывными величинами, представленных плотностью вероятности нормального закона распределения с параметрами μ и σ .

3. Указать условные вероятности $P(D_j/pr_j)$ точностных характеристик средств измерений, заданных непрерывными величинами и представленных плотностью вероятности нормального закона распределения с параметрами μ и σ .

4. При поступлении измеренного значения диагностического признака произвести обновление вероятностей в БСД на основе формулы:

$$P(S_i / y_j^*) = \frac{\sum_{j=1}^n f(y_j^* / pr_j) \cdot f(pr_j / S_i) \cdot P(S_i)}{\sum_{i=0}^m \sum_{j=1}^n f(y_j^* / pr_j) \cdot f(pr_j / S_i) \cdot P(S_i)}, \quad (4)$$

где $f(y_j^*/pr_j)$ – плотность вероятности нормального закона распределения для модели учета точностных характеристик средств измерений.

Приведем решение задачи на примере системы управления движением космического аппарата (СУД КА). Состав СУД КА и вероятности отказов ее функциональных элементов приведены в табл. 3.

ТАБЛИЦА 3. Состав СУД КА и вероятности отказов её функциональных элементов

Наименование аппаратуры	Вероятность отказа
1. Измеритель углового положения	$q_1 = 0,07$
2. Определитель координат звезд	$q_2 = 0,01$
3. Измеритель угловой скорости	$q_3 = 0,03$
4. Построитель местной вертикали	$q_4 = 0,03$
5. Силовой гироскопический комплекс	$q_5 = 0,0015$
6. Система измерения приращения скорости	$q_6 = 0,002$
7. Блок устройства согласования	$q_7 = 0,001$

В качестве видов ТС [13] определим одно работоспособное S_0 и шесть $S_i (i = \overline{1, 7})$, вызванных одиночными отказами соответствующих блоков неработоспособных $P(S_i) (i = \overline{0, 7})$ (определим с помощью формулы (1)). Результаты сведем в табл. 4.

Представим два дискретных ДП (напряжение и температура) и один непрерывный ДП pr_3 (напряжение) в виде табл. 5.

Представим в виде табл. 6 для каждого средства измерения его точностную характеристику, заданную дискретными и непрерывными величинами.

ТАБЛИЦА 4. Виды и вероятности технических состояний СУД КА

Вероятности ТС	Вид ТС	Вероятности ТС	Вид ТС
$P(S_0) = 0,858$	Работоспособное	$P(S_4) = 0,027$	Отказ построителя местной вертикали
$P(S_1) = 0,06$	Отказ измерителя углового положения	$P(S_5) = 0,013$	Отказ силового гироскопического комплекса
$P(S_2) = 8,667 \cdot 10^{-3}$	Отказ определителя координат звезд	$P(S_6) = 1,72 \cdot 10^{-3}$	Отказ системы измерения приращения скорости
$P(S_3) = 0,027$	Отказ измерителя угловой скорости	$P(S_7) = 8,589 \cdot 10^{-4}$	Отказ блока устройства согласования

ТАБЛИЦА 5. Модельные значения диагностических признаков, заданных дискретными и непрерывными величинами

ТС		$pr_{1,1}$	$pr_{1,2}$	$pr_{2,1}$	$pr_{2,2}$	pr_3
S_i	S_0	1	0	0,9 0,1	0,2 0,8	$\mu = 20, \sigma = 5$
	S_1	1	0	0,95 0,05	0,1 0,9	$\mu = 30, \sigma = 5$
	S_2	0	1	0,98 0,02	0,25 0,75	$\mu = 50, \sigma = 1,66$
	S_3	1	0	0,7 0,3	0,31 0,69	$\mu = 10, \sigma = 3,33$
	S_4	1	0	0,77 0,33	0,23 0,77	$\mu = 22,5, \sigma = 0,83$
	S_5	0	1	0,65 0,35	0,15 0,85	$\mu = 14, \sigma = 2,6$
	S_6	0	1	0,98 0,02	0,21 0,79	$\mu = 26, \sigma = 2,1$
	S_7	1	0	0,99 0,01	0,97 0,03	$\mu = 35, \sigma = 0,66$

ТАБЛИЦА 6. Модельные значения точностных характеристик средств измерений, заданных дискретными и непрерывными величинами

Датчик		$pr_{1,1}$	$pr_{1,2}$	$pr_{2,1}$	$pr_{2,2}$	pr_3
D_j	D_1	0,9	0,18	0,85	0,05	$\mu = 0, \sigma = 5$
		0,1	0,82	0,15	0,95	
	D_2	0,75	0,15	0,6	0,04	$\mu = 0, \sigma = 5$
		0,25	0,85	0,4	0,96	
	D_3	0,8	0,22	0,78	0,02	$\mu = 0, \sigma = 5$
		0,2	0,78	0,22	0,98	

На рис. 1 представлена байесовская сеть доверия [14] для случая, если точностная характеристика средств измерений, измеренное значение диагностического признака являются дискретными величинами. Данными для построения байесовской сети доверия являются вероятности технического состояния (см. табл. 2), модельные значения диагностического признака (см. табл. 3), мо-

дельные значения точностных характеристик средств измерений (см. табл. 4). Вычисление апостериорной вероятности технического состояния $P(S_i/y_j^*)$ производится по формуле (2). На рис. 1 показаны апостериорные вероятности технического состояния при получении свидетельства $\langle pr_{1,2} \rangle$.

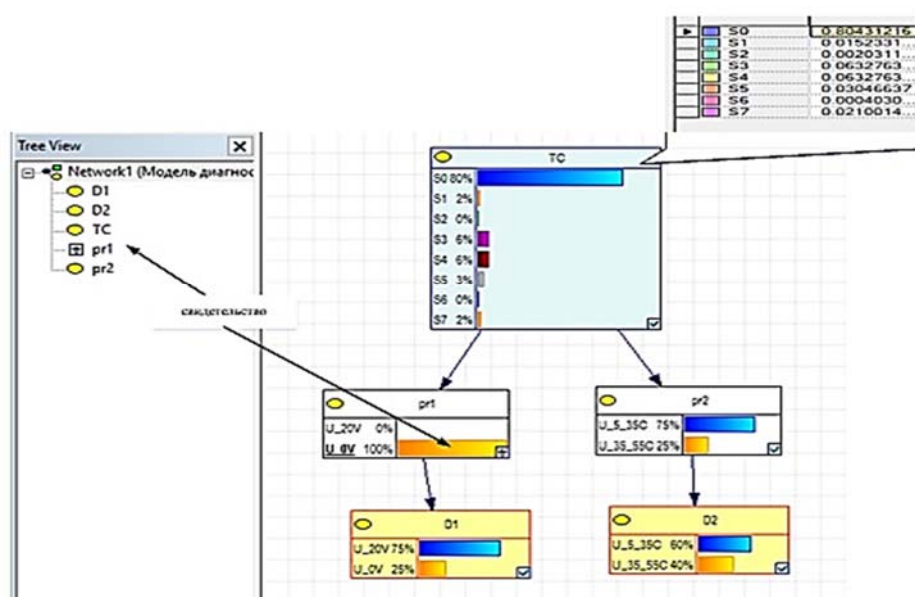


Рис. 1. Модель диагностирования СУД КА с учетом точностных характеристик средств измерений

На рис. 2 представлена байесовская сеть доверия для случая, если диагностический признак задан непрерывными величинами, описываемыми нормальным законом

распределения, а точностные характеристики средств измерений заданы дискретными величинами. Вычисление апостериорной вероятности технического состояния $P(S_i/y_j^*)$ производится по формуле (3).

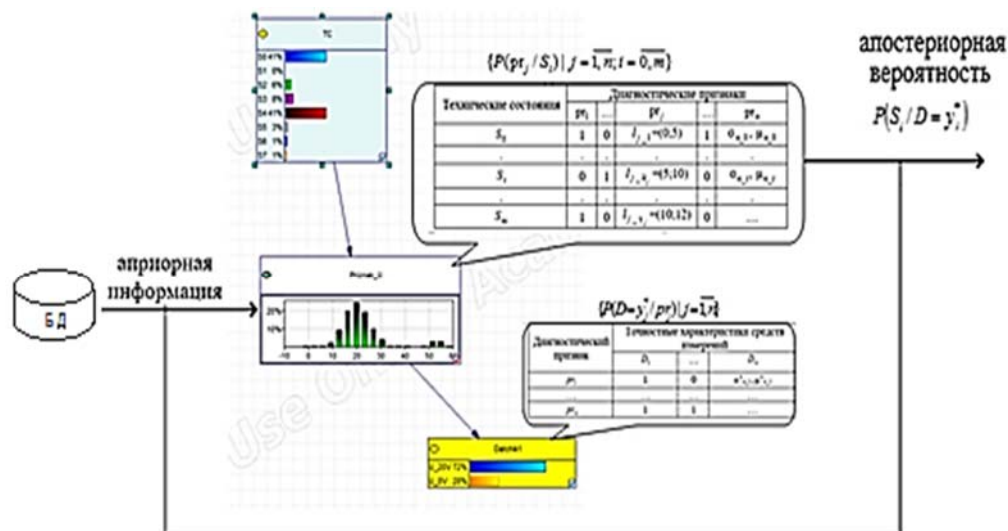


Рис. 2. Модель диагностирования в байесовской сети доверия для СУД КА с учетом априорной информации

Аналогичным образом задается модель диагностирования в байесовской сети доверия для случая, если точностная характеристика средств измерений – непрерывная величина, измеренное значение диагностического признака – непрерывная величина. Вычисление апостериорной вероятности технического состояния $P(S_i/y_j^*)$ производится по формуле (4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная модель диагностирования технического состояния с использованием байесовской сети доверия и с учетом точностных характеристик средств измерений позволяют рассчитать апостериорную вероятность технического состояния. Так, по сравнению с моделью [15, 16] учет нормального закона распределения и учет точностных характеристик средств измерений позволяет повысить апостериорную вероятность технического состояния на 0,6...3 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барановский А.М. Система контроля и диагностирования бортового оборудования малого космического аппарата / А.М. Барановский, А.Е. Привалов // Известия вузов. Приборостроение. – 2009. – Т. 52, № 4. – С. 51–56.
2. Дорожко И.В. Модель диагностирования сложного технического комплекса с учетом охвата показателей надежности на основе байесовской сети доверия / И.В. Дорожко, Е.А. Захарова, А.Л. Копейка // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018. – Вып. 12. – С. 335–342.
3. Kim, J. H., Pearl J.A. Computational Model for Causaland Diagnostic Reasoning in Inference Systems. Proc. of the Eighth International JointConference on Artificial Intelligence (IJCAI 83), 1983. – Pp. 190–193.

4. Дмитриев А.К. Модель процесса диагностирования технического объекта при использовании непрерывных диагностических признаков / А.К. Дмитриев, И.Д. Кравченко // Известия вузов. Приборостроение. – 1994. – № 11–12. – С. 3–9.
5. Рассел, С. Искусственный интеллект. Современный подход / С. Рассел, П. Норвиг; [пер. с англ. и ред. К.А. Птицына]. – 2-е изд. – М. : Вильямс, 2006. – 1407 с.
6. Тулупьев А. Л. Байесовские сети доверия: логико-вероятностный вывод в ациклических направленных графах / А.Л. Тулупьев, А.В. Сироткин, С.И. Николенко; Санкт-Петербургский гос. ун-т, Санкт-Петербургский ин-т информатики и автоматизации Российской акад. наук. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2009. – 399 с.
7. Дмитриев А.К. Идентификация и техническая диагностика / А.К. Дмитриев, Р.М. Юсупов. – М.: Министерство обороны СССР, 1987. – 521 с.
8. Новицкий П.В. Оценка погрешностей результатов измерений / П.В. Новицкий, И.А. Зограф. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат: Ленингр. отд-ние, 1991. – 303 с.
9. Серых В.И. Метод обоснования требований к точности средств измерительного контроля / В.И. Серых, Л.В. Гребцова // Вестник СибГУТИ. – 2012. № 1. – С. 30–40.
10. Лячиев В.В. Основы теории измерений физических величин / В.В. Лячиев, Т.Н. Сирая, Л.И. Довбета. – СПб: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2004. – 320 с.
11. Gelman, A., Goegebeur, Y., Tuerlinckx, F. and Van Mechelen, I. Diagnostic checks for discrete-data regression models using posterior predictive simulations. Applied Statistics. 2000. – No. 49. – Pp. 247–268.
12. Murphy, K.P. Dynamic Bayesian Networks: Representation, Inference and Learning: PhD thesis. University of California, Berkeley, 2002, 281 p.

13. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения. – М. : Издательство стандартов, 1990. – 12 с.

14. Cooper, G. Computational Complexity of Probabilistic Inference Using Bayesian Belief Networks. *Artificial Intelligence*. – 1990. – No. 42. – Pp. 393–405.

15. Дорожко И.В. Модель диагностирования автоматизированных систем управления подготовкой и пуском ракет-носителей с использованием байесовских се-

тей доверия / И.В. Дорожко, Н.А. Осипов // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. 2011. Вып. 633, Ч. 3. – С. 163–174.

16. Дорожко И.В. Оценка надежности структурно сложных технических комплексов с помощью моделей байесовских сетей доверия в среде GeNIe / И.В. Дорожко, А.Г. Тарасов, А.М. Барановский // Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2015. – № 3. – С. 36–45.

Mathematical Model of Diagnostics of Onboard Equipment, Taking into Account the Accuracy Characteristics of Measuring Instruments

E.A. Zakharova

A.F. Mozhaisky Military Space Academy

St. Petersburg, Russia

Mashenkokatay@mail.ru

Abstract. A model of diagnosing onboard equipment is proposed, taking into account the accuracy characteristics of measuring instruments, based on the use of Bayesian networks of trust. The model allows calculate the a posteriori probability of the technical condition in the units of the onboard equipment of the spacecraft, taking into account the accuracy characteristics of measuring instruments given by discrete and continuous values. It is shown that taking into account the normal distribution law and taking into account the accuracy characteristics of measuring instruments makes it possible to increase the a posteriori probability of the technical state by 0,6–3%.

Keywords: diagnostics, technical condition, Bayesian network of trust, accuracy characteristics.

REFERENCES

1. Baranovsky A.M., Privalov A.E. System for Monitoring and Diagnosing Onboard Equipment of a Small Spacecraft [Sistema kontrolya i diagnostirovaniya bortovogo oborudovaniya malogo kosmicheskogo apparata], *Proc. Higher Education Establishments. Instrumentation [Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Priborostroeniye]*, 2009. – Vol. 52, No. 4. – Pp. 51–56.
2. Dorozhko I.V., Zakharova E.A., Kopeyka A.L. The Diagnostic Model of a Complex Technical Complex, Taking into Account the Coverage of Reliability Indicators Based on a Bayesian Trust Network [Model diagnostirovaniya slozhnogo tekhnicheskogo kompleksa s uchedom okhvata pokazately nadezhnosti na osnove bayesovskoy seti doveriya], *Tidings of the Tula State University. Technical Science. [Izvestiya tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskije nauki.]*, 2018. No. 12. – Pp. 335–342.
3. Kim, J. H., Pearl J.A. Computational Model for Causaland Diagnostic Reasoning in Inference Systems. *Proc. of the Eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI 83)*, 1983. – Pp. 190–193.
4. Dmitriev A.K., Kravchenko I.D. Model of the Process of Diagnosing a Technical Object Using Continuous Diagnostic Signs [Model' protsessya diagnostirovaniya tekhnicheskogo ob'ekta pri ispol'zovanii nepreryvnykh diagnosticheskikh priznakov] *Proc. Higher Education Establishments. Instrumentation [Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Priborostroeniye]*, 1994. – No. 11–12. – Pp. 3–9.
5. Russel S., Norvig P., Artificial Intelligence. A Modern Approach [Iskusstvennyy intellekt: sovremennyy podkhod], Moscow, Willams, 2006. – 1407 p.
6. Tulupyevev A. L., Sirotkin A.V., Nikolenko S.I. Bayesian networks: logicoprobabilistic inference in acyclic directed graphs [Bayesovskie seti doveriya: logiko-veroyatnostnyy vyvod v atsklicheskikh napravlennykh grafakh], Saint Petersburg, Publ. St. Petersburg University, 2009. – 399 p.
7. Dmitriev A.K., Yusupov R.M. Identification and technical diagnostics [Identifikatsiya i tekhnicheskaya diagnostika], Moscow, Ministry of Defense of the USSR, 1987. – 521 p.
8. Novitsky P.V., Zograf I.A. Estimation of errors of measurement results [Otsenka pogreshnostey rezul'tatov izmereniy], Leningrad, Energoatomizdat, 1991. – 303 p.
9. Serykh V.I., Grebtsova L.V. Method of Requirements Validation for Accuracy of Measuring Control Means [Metod obosnovaniya trebovaniy k tochnosti sredstv izmeritel'nogo kontrolya] *Bulletin of SibSUTIS. [Vestnik SibGUTI]*, 2012. – No. 1. – Pp. 30–40.
10. Lyachiev V.V., Siraya T.N., Dovbet L.I. Fundamentals of the theory of measurement of physical quantities [Osnovy teorii izmereniy fizicheskikh velichin], Saint Petersburg, Publ. Saint-Petersburg Electrotechnical University "LETI", 2004. – 320 p.
11. Gelman, A., Goegebeur, Y., Tuerlinckx, F. and Van Mechelen, I. Diagnostic checks for discrete-data regression models using posterior predictive simulations. *Applied Statistics*. 2000. No. 49. – Pp. 247–268.
12. Murphy, K.P. Dynamic Bayesian Networks: Representation, Inference and Learning: PhD thesis. University of California, Berkeley, 2002. – 281 p.
13. GOST 20911-89. Technical diagnostics. Terms and definitions [GOST 20911-89. Tekhnicheskaya diagnostika. Terminy i opredeleniya], Moscow, Izdatel'stvo standartov, 1990. – 12 p.
14. Cooper, G. Computational Complexity of Probabilistic Inference Using Bayesian Belief Networks. *Artificial Intelligence*. – 1990. – No. 42. – Pp. 393–405.
15. Dorozhko I.V., Osipov N.A. Diagnostic Model of Automated Control Systems for Preparation and Launch of Launch Vehicles Using Bayesian Trust Networks [Model' diagnostirovaniya avtomatizirovannykh sistem upravleniya podgotovkoy i puskom raket-nositeley s ispol'zovaniem bayesovskikh setey

doveriya] *Proc. Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky [Trudy Voenno-kosmicheskoy akademii imeni A.F. Mozhayskogo]*, 2011, No. 633, Vol. 3. – Pp. 163–174.

16. Dorozhko I.V., Tarasov A.G., Baranovsky A.M. Estimation to Reliability of Structural Complex Technical Systems by Using Bayesian Networks Belief Models in the environment of GeNIe [Otsenka nadezhnosti strukturno slozhnykh

tekhnicheskikh kompleksov s pomoshchyu modeley bayesovskikh setey doveriya v srede GeNIe] *Intellectual Technologies on Transport [Intellektualnye tekhnologii na transporte]*. 2015, No. 3. – Pp. 36–45.

Information Security of Automated Working Places in Case of Emergencies

PhD V.P. Andreev
St. Petersburg University of the
Ministry of Internal Affairs of Russia,
St. Petersburg, Russia
vl_pavl@mail.ru

PhD A.I. Dergachev
Emperor Alexander I
St. Petersburg
State Transport University,
St. Petersburg, Russia
d_ader@mail.ru

Grand PhD A.K. Chernykh
St. Petersburg Military Institute of
the National Guard of the Russian
Federation,
St. Petersburg, Russia
nataliachernykh@mail.ru

Abstract. Considered information threats to officials of the emergency management bodies engaged in planning the elimination of consequences of emergency situations using personal computers by ransomware. Preventive measures and ways of recovery of the data encrypted or blocked by the ransomware necessary for planning of the specified processes are also specified.

Keywords: information threats, unauthorized access, protection of confidential information, malware, ransomware.

INTRODUCTION

In accordance with the doctrine of information security of the Russian Federation [1], of particular relevance is the protection of data obtained by officials of the emergency management bodies (DL OU) from regional computer networks in the region in which it is necessary, in real time, to plan the elimination of the consequences of an emergency. Also quite relevant is the problem of protecting the results of the implementation of mathematical models used in the planning of emergency response.

Let us consider the main information threats to personal computers of officials of the emergency management bodies engaged in planning the elimination of the consequences of an emergency situation and measures to eliminate these threats.

At the core of the attacks on the personal computers of the officials, carried out by the user (hereinafter pests), trying to maximize it difficult to use data from regional networks that are required for the plan for elimination of consequences of emergency situations is the desire of these pests to disrupt the operational management of the specified processes [2–7].

In this regard, relevant is the development of methods of anti-malware programs that block computers for DL OU or encrypting all the data needed to plan elimination of consequences of emergency situations.

MALICIOUS PROGRAMS THAT BLOCK THE OPERATION OF COMPUTERS

The most typical example of such programs is the Trojan program GPCode. This program, when infected, establishes a connection to the server and downloads the RCA public key to the computer, which encrypts the data on it. A new unique key was created for the next infected computer. Accordingly, only ransomware had private keys to decrypt the files. According to

Kaspersky Lab, the number of unique IP addresses of the victims' computers from which requests for domains with sinkhole servers were received amounted to 2,764 in more than 30 countries [8]. In recent years, such ransomware programs have become less common, because they have ceased to be an unexpected "surprise" for DL OU, who already know the appropriate measures to be taken to solve the problems, so there are new ransomware programs and their modifications—only in 2016 there were 62 new families of these programs and about 40 thousand of their modifications [8].

It should be noted that the pests began to use more and more sophisticated methods of infection, for example, malicious code in the form of analytical scripts on the websites of scientific organizations to infect the devices of site visitors or quite legal software – administrative tools, various utilities to optimize or automate various tasks.

So in 2016, a whole family of new Powerware ransomware was discovered [9], using Microsoft Office application and PowerShell utility, which is part of the Windows operating system. PowerWare loads a Word document with macros. Macros are used to create and run a cmd file. an exe that calls a PowerShell utility with options that load malicious PowerWare code.

Of particular danger are the services that appeared in 2015, working on the Raas model – "extortion as a service", allowing any user, even without an appropriate education, to register on such services and start distributing Trojan ransomware. The danger is that the "services" of these servers can be used by novice users or technically unprepared pests, whose actions can lead to the inability to recover information in case of infection. As an example of such a service can serve as a service Satan, hosted in the anonymous network The Onion Router, known by the abbreviation Tor.

PREVENTIVE MEASURES TO PREVENT UNAUTHORIZED ACCESS TO THE PERSONAL COMPUTER OF DL OU

To prevent unauthorized access to a personal computer and the risk of loss of confidential information or infection of computers by ransomware, the following preventive measures should be observed in the first place.

1. Use the services of a reliable Internet service. Data protection for DL OU without appropriate action on the part of the Internet services used for the planning of elimination of consequences of emergency situations impossible. Currently available methods of protection are not always enough,

although some services have begun to take additional measures to protect their users, for example, encryption of data transmitted between their own servers.

2. Do not use cloud storage as a backup for sensitive data. First, the information placed in the "cloud" is in almost free access for the developers of the service. Secondly, after a hacker attack on the "cloud" service, which does not have enough reliable protection against hacking, your data can be stolen or destroyed.

3. The main way to protect your personal computer is to install a reliable anti-virus program that can prevent infection. Modern, anti-virus products have an intrusion prevention system that blocks even unknown versions of Trojans, preventing them from entering the system. For example, a GPCode attack detects a Trojan-Dropper when it receives a spam email with a malicious DOC file attached. MSWord.Tored.a; a component that downloads a GPCode to a computer is defined as a Trojan-Downloader.Win32.Small.crb. GPCode itself is detected by antivirus. Working without anti-virus protection enabled, especially with files from dubious sources, can result in irretrievable loss of information. The main function of the anti-virus program-activity Monitoring, should always be enabled.

4. Make regular backups of your data, preferably on other devices.

5. Update the software on your computer in a timely manner. First of all, it concerns updates for the installed operating system, for application security systems as part of the operating system and malware removal tools. Updates improve the compatibility of the software installed on the computer, fix errors and vulnerable fragments of the operating system.

6. Keep confidential information separate from other data.

7. Do not use open Wi-Fi networks in public places. If necessary, you can use only those network names and passwords that you provide administrators of these places. When visiting sites where you are not sure of proper protection, in the settings, enable the item "Always use a secure connection" (HTTPS).

Note that if DL OU still became a victim of ransomware and the data on his computer were encrypted, you need to go to the site No More Ransom from an uninfected computer. In July 2016, the national police of the Netherlands, Europol and Intel Security and "Kaspersky Lab" has created a non-profit project "No More Ransom," with the purpose of helping to restore the blocked data ransomware.

In addition, the experts "Kaspersky Lab" has established its utility XoristDecryptor and RectorDecryptor to combat these programs.

If the launch of the utilities does not bring results, the malicious file will be sent to Kaspersky Lab, where it will be studied by experts and after the solution found to neutralize it entered into the database. Re-launch the utility should eliminate the infection.

Cases of blocking of computer banners with the requirement to send an SMS to get the unlock code less dangerous and usually experienced DL OU are able to unblock your computer. It should be noted that in such cases there is no universal solution. Since pests constantly modify malicious

code, the solutions for its neutralization depend on each specific case of infection.

In all cases of infection, almost the entire computer is blocked, including the start button and the task Manager program.

ALGORITHM UNLOCK YOUR COMPUTER

We propose the following algorithm to restore the locked data on the computer DL OU.

1. Restart the computer in safe mode and try to roll back the system. Helps rarely. Try to call the task Manager (when loading quickly press Ctrl+Alt+Delete) before the banner starts. If possible, select the Processes tab in the task Manager program and complete new unfamiliar processes. We try to determine the name of the banner process (skip some processes and see what it will lead to, if there is no banner – reboot, etc.). After determining the name of the process, carry out a search on it throughout the computer. It is necessary to enable the display of hidden files. Delete found files banner. Next, call the Run command (Windows + R) and in the dialog box that appears, enter the msconfig command. Select the startup tab. Check the properties of running programs: name, publisher, and activity impact. Disable suspicious of strangers program. Remember the name and location of their files. After deleting them, restart your computer.

2. To unlock the task Manager program and the registry system editor, you can use special programs-unlockers, for example, a portable version of Winhelper. The program runs on top of various banners ("On top of all Windows" mode). The "Recovery" tab will help to restore the registry editor, explorer shell.exe. In addition, in the "startup" tab, you can view all running programs.

3. Another quite effective way to unlock a personal computer is to use boot programs, such as WinDoza Live CD & USB, containing tools to restore the operating system after blocking it with a banner.

4. Finally, as part of one of the easiest ways to get rid of the Trojan blocker, you must contact the uninfected computer in the database unlock codes "Doctor Web" at <https://www.drweb.com/xperf/unlocker/?lng=ru> and, using a special form, find the computer unlock code by wallet number, phone number or banner image.

Note. It is important to note that one can not be limited to unlocking the computer, it is also necessary to remove traces of the Trojan found.

MODELS WITH SERIAL INFORMATION

In conclusion, we present the concept of constructing such mathematical models, the use of which during an attack on the computer of an official of the emergency management body, minimizes the probability of blocking the information necessary for the implementation of the current calculation module of the model, preparing the initial data for planning the elimination of the consequences of an emergency situation and obtaining the results of the implementation of this model. It should be noted that the efficiency of the thus synthesized models calculated according to the approaches specified in [10, 11] is practically not reduced.

The idea here is that the information for the specified model is converted to a form that can be used for different

sequences of modules in the calculation scheme. The scheme of automated formation of the structure configuration of the calculation modules in order to consistently connect the

information necessary to solve each of the calculation modules of the model is shown in fig. 1.

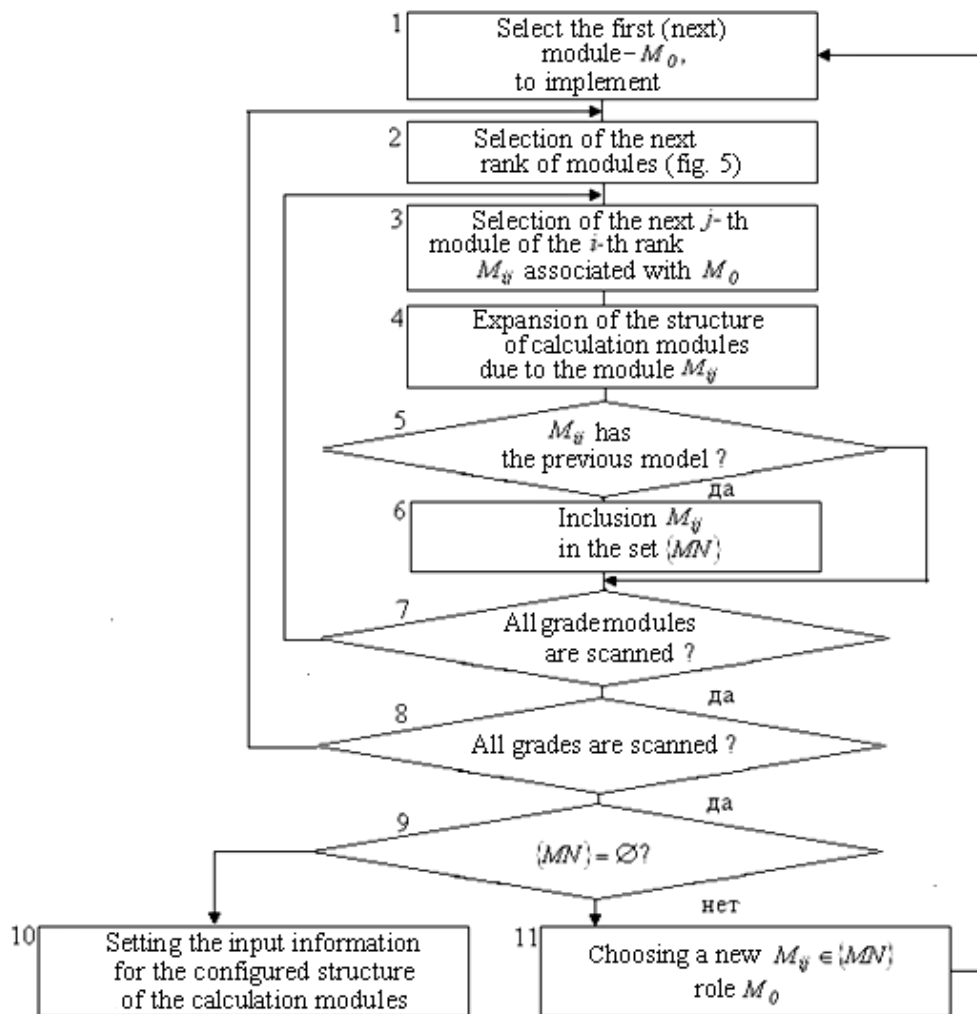


Fig. 1. Scheme for the automated generation of the configuration structure computation modules

As an explanation to fig. 4 note that the module M_{ij} is connected to the module M_0 (block 3, fig. 1) is defined as a group of equality of the form:

$$v_k = w_k \quad k = k_0, k_n \text{ (fig. 2),}$$

where v_k is the identifier of the k -th input parameter of the module M_0 ;

w_k – identifier of the k -th output parameter of the module M_{ij} ;

$[k_0, k_n]$ – id change interval.

Selecting a new module $M_{ij} \in \{MN\}$ for the module role M_0 (block 11, fig. 1) is carried out according to the rule:

$$M_0 = \max_i \{M_{ij} \in \{MN\}\},$$

where $\{MN\} : M_{ij}, i = \overline{k-1, 1}, j = \overline{1, n}$, n is the number of modules.

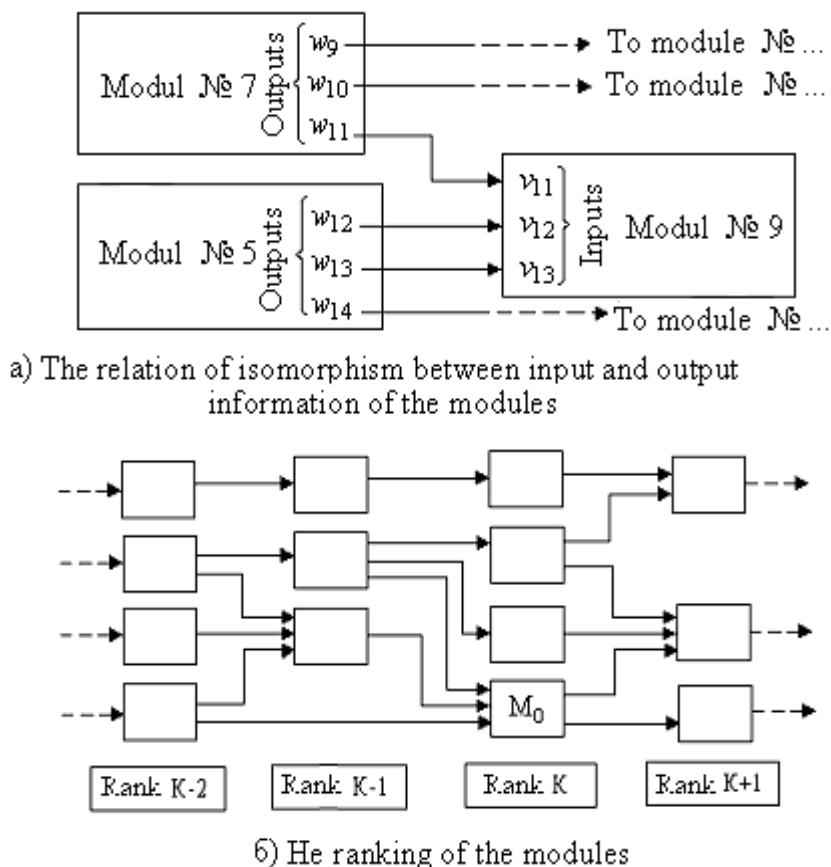


Fig 2. Fragment of the model structure

SUMMARY

Thus, the article proposes:

- preventive measures to prevent unauthorized access to the personal computer of the Ministry of emergency situations;
- ways to restore encrypted or locked by a ransomware program data needed to plan elimination of consequences of emergency situation;
- the concept of building models, the use of which, during an attack on the computer of an official of the emergency management body, will minimize the probability of blocking the information necessary for the implementation of the model.

REFERENCES

1. The doctrine of information security of the Russian Federation [Doktrina informatsionnoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii]. Approved by the decree of the President of the Russian Federation of December, 5 2016 No. 646. Access from help legal system "ConsultantPlus".
2. Anisimov V.G., Selivanov A.A., Anisimov E.G. Methods of Evaluating the Effectiveness of Information Protection in the System of Interdepartmental Information Interaction with the Management of the Defense of the State [Metodika otsenki effektivnosti zashchity informatsii v sisteme mezhdedomstvennogo ihformatsionnogo vzaimodeystviya pri upravlenii oboronoy gosudarstva],

Information and Space [Informatsiya i kosmos], 2016, No. 4. – Pp. 76–80.

3. Bogoeva E.M. The Formalization of the Procedure of a Risk-based Approach in the Implementation of the Public Authorities Control Functions [Formalizatsiya protsedury risk-orientirovannogo podkhoda pri vypolnenii gosydarstvennymi organami kontrol'nykh funktsiy], *Bulletin of the Russian Customs Academy [Vestnik Rossiyskoy tamozhennoy akademii]*, 2014, No. 4 (29). – Pp. 96–102.

4. Balyasnikov V. V. Causal Model-based Analysis of Usage Data About the Special Situations [Model' prichinnogo analiza na osnove ispol'zovaniya dannykh ob osobykh situatsiyakh], *Questions of Defense Equipment. Series 16: Technical Means to Counter Terrorism [Voprosy oboronnoy tekhniki. Seriya 16: Tekhnicheskie sredstva protivodeistviya terrorizmu]*, 2015, No. 1–2. – Pp. 31–38.

5. Samolenkov V.A. Introduction to the theory of efficiency of combat actions of rocket troops and artillery: monograph [Vvedenie v teoriyu effektivnosti boevykh deystviy raketnykh voysk i artillerii: monografiya], Moscow, Military Academy of the General staff of the Armed Forces of the Russian Federation, 2008. – 180 p.

6. Anisimov V. G. Risk-oriented Approach to the Organization of Control in the Subsystems of Information Systems Security [Risk-orientirovanny podkhod k organizatsii kontrolya v podsystemakh obespecheniya bezopasnosti informatsionnykh sistem], *Information Security*

Problems. Computer System [Problemy informatsionnoy bezopasnosti. Komp'yuternye sistemy], 2016, No. 3. – Pp. 61–67.

7. Garkushev A.Y. Methodological basis for constructing indicators of effectiveness of control activities of public authorities [Metodologicheskie osnovy postroeniya pokazateley effektivnosti kontrol'noy deyatel'nosti organov gosudarstvennoy vlasti] *Questions of Defense Equipment. Series 16: Technical Means to Counter Terrorism [Voprosy oboronnoy tekhniki. Seriya 16: Tekhnicheskie sredstva protivodeistviya terrorizmu]*, 2015, No.3–4. – Pp. 17–20.

8. Anton Ivanov, David Emm, Fyodor Sinitsyn, Santiago Pontiroli. Kaspersky Security Bulletin 2016. The story of the year. Ransomware: a revolution [Kaspersky Security Bulletin 2016. Syuzhet goda. Programmy-vymogateli: revolyutsiya]. Available at: <http://securelist.ru/analysis/ksb/29788/kaspersky-security-bulletin-2016-story-of-the-year> (accessed 05.04.2017).

9. Mike Sconzo, Rico Valdez. Advanced Threat Protection, Detection and Response, Endpoint and Server

Security, Prevention, Ransomware, Response, Tech Toolbox. Available at: <http://www.carbonblack.com/2016/03/25/threat-alert-powerware-new-ransomware-written-in-powershell-targets-organizations-via-microsoft-word> (accessed 05.04.2017).

10. Maslakov M.D., Bagretsov S.A., Chernykh A.K. About one approach to evaluating the effectiveness of mathematical models [Ob odnom podkhode k otsenke effektivnosti matematicheskikh modeley], *Problems of risk management in technosphere [Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere]*, 2013, No. 3 (27). – Pp. 67–73.

11. Artamonov V.S., Chernykh A.K., Klykov P.N. Approach to assessing the effectiveness of management systems of organizational systems operating in real time [Podkhod k otsenke effektivnosti sistem upravleniya organizatsionnymi sistemami, funktsioniruyushchimi v real'nom masshtabe vremeni], *Problems of risk management in technosphere [Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere]*, 2014, No. 4 (32). – Pp. 60–68.

Информационная безопасность автоматизированных рабочих мест при чрезвычайных ситуациях

В.П. Андреев, канд. воен. наук
Санкт-Петербургский университет
Министерства внутренних дел
Российской Федерации,
Санкт-Петербург, РФ
vl_pavl@mail.ru;

А.И. Дергачёв, канд. воен. наук
Петербургский государственный
университет путей сообщения
Императора Александра I
Санкт-Петербург, РФ
d_ader@mail.ru;

А.К. Черных, д-р техн. наук
Санкт-Петербургский
военный институт войск
национальной гвардии
Российской Федерации
Санкт-Петербург, РФ
nataliachernykh@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены информационные угрозы для должностных лиц органов управления МЧС, осуществляющих планирование ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций с использованием персональных компьютеров, со стороны программ-вымогателей. Указаны профилактические меры и пути восстановления зашифрованных или заблокированных программ-вымогателем данных, необходимых для планирования указанных процессов.

Ключевые слова: информационные угрозы, несанкционированный доступ, защита конфиденциальной информации, вредоносные программы, программы-вымогатели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 5 декабря 2016 г. № 646. Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Анисимов В.Г. Методика оценки эффективности защиты информации в системе межведомственного информационного взаимодействия при управлении обороной государства / В.Г. Анисимов, А.А. Селиванов, Е.Г. Анисимов // *Информация и космос*. – 2016. – № 4. – С. 76–80.
3. Боева Е.М. Формализация процедуры риск-ориентированного подхода при выполнении государственными органами контрольных функций / Е.М. Боева [и др.] // *Вестник Российской таможенной академии*. – 2014. – № 4 (29). – С. 96–102.
4. Балясников В.В. Модель причинного анализа на основе использования данных об особых ситуациях / В.В. Балясников Ю.В. Ведерников [и др.] // *Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму*. – 2015. – № 1–2. – С. 31–38.

5. Самоленков В.А. Введение в теорию эффективности боевых действий ракетных войск и артиллерии: монография / В.А. Самоленков [и др.]. – М. : Военная академия генерального штаба Вооруженных Сил Российской Федерации, 2008. – 180 с.

6. Анисимов В.Г. Риск-ориентированный подход к организации контроля в подсистемах обеспечения безопасности информационных систем / В.Г. Анисимов, Е.Г. Анисимов [и др.] // *Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы*. – 2016. – № 3. – С. 61–67.

7. Гарькушев А.Ю. Методологические основы построения показателей эффективности контрольной деятельности органов государственной власти / А.Ю. Гарькушев, Т.Н. Сауренко [и др.] // *Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму*. – 2015. – № 3–4. – С. 17–20.

8. Иванов А., Эмм Д., Сеницын Ф., Понтироли С. *Kaspersky Security Bulletin 2016. Сюжет года. Программы-вымогатели: революция*. Режим доступа: <http://securelist.ru/analysis/ksb/29788/kaspersky-security-bulletin-2016-story-of-the-year> (дата обращения 05.04.2017).

9. Mike Sconzo and Rico Valdez. *Advanced Threat Protection, Detection and Response, Endpoint and Server Security, Prevention, Ransomware, Response, Tech Toolbox*. Режим доступа: <https://www.carbonblack.com/2016/03/25/threat-alert-powerware-new-ransomware-written-in-powershell-targets-organizations-via-microsoft-word> (дата обращения 05.04.2017).

10. Маслаков М.Д. Об одном подходе к оценке эффективности математических моделей / М.Д. Маслаков, С.А. Багрецов, А.К. Черных // *Проблемы управления рисками в техносфере*. – 2013. – № 3 (27). – С. 67–73.

11. Артамонов В.С. Подход к оценке эффективности систем управления организационными системами, функционирующими в реальном масштабе времени / А.К. Черных, П.Н. Клыков // *Проблемы управления рисками в техносфере*. – 2014. – № 4 (32). – С. 60–68.

Расширение систем электронного тестирования на примере тестирования SQL-запросов

Т. С. Карпова, С. Ю. Малышева
Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I
Санкт-Петербург, Россия
t.s.karpova@gmail.com
SvetlanaMalisheva315@yandex.ru

Аннотация. Наличие системы дистанционного обучения (образования), называемой сокращенно СДО, в настоящий момент является обязательным компонентом образовательной среды любого вуза РФ, проходящего аккредитацию на право вести образовательную деятельность в соответствии с государственными стандартами.

Ключевые слова: базы данных, SQL, электронное обучение, системы поддержки учебного процесса, тестирование, сравнение результатов запроса к базе данных, формирование навыков.

ВВЕДЕНИЕ

По рекомендации ЮНЕСКО, в большинстве публикаций остается международное название подобных информационных сред: *e-learning* (без перевода) [1]. Сегодняшнее поколение NEXT живет в компьютерной среде практически круглосуточно, поэтому использование информационно-коммуникационных технологий для обучения для него естественно и необходимо. Российским вузам приходится срочно перестраиваться, отходить от устаревших технологий, используемых в образовательном процессе, и делать это максимально быстрыми темпами. Не секрет, что большинство современных студентов предпочитают не присутствовать на лекциях, ведь их материал можно легко прочесть со смартфона или ноутбука в гораздо более комфортных условиях, чем предоставляет лекционная аудитория вуза. Наше государство адекватно реагирует на изменившиеся условия, и в новых образовательных стандартах повсеместно требуют уменьшить объем лекционного материала до минимума, оставив практические занятия и лабораторные работы.

Большинство зарубежных исследователей воспринимают e-learning как образовательную парадигму. Они определяют e-learning как «инновационный подход в обучении, применяемый для предоставления хорошо продуманной интерактивной среды обучения любому обучающемуся, в любом месте и в любое время, используя ресурсы различных цифровых технологий наряду с другими формами учебных материалов, подходящих для открытой среды обучения. E-learning осуществляет переход от системы управления данными к системе управления знаниями» [1].

Переход к новому этапу экономического развития – к цифровой экономике – также созвучен активному исполь-

зованию систем e-learning в учебном процессе. Однако простой перенос печатной продукции, учебников и методических пособий в электронную образовательную среду не даст однозначного эффекта усвоения знаний, которые изложены в этом электронном контенте. Да, информация предоставлена, знания, хранящиеся в учебниках, общедоступны, но нет гарантии, что эти знания, изложенные в электронном виде, будут восприняты и усвоены студентами лучше, чем на лекциях. Но время на изложение материала ограничено современными стандартами, объем аудиторной работы преподавателей при этом только возрос, и нагрузка на преподавательский состав увеличилась. Для оценки качества усвоенных знаний в современных e-learning-средах служат компоненты обратной связи. В большинстве сред в эти компоненты входят возможности предоставления любых отчетов, рефератов, решенных конкретных задач также на проверку в электронном виде. Однако подобное решение только усугубляет ситуацию; объем материалов, требующих индивидуальной проверки преподавателем, возрастает, и это ставит его перед выбором: либо сократить количество практических заданий, либо отказаться от тщательной их проверки. Оба варианта снижают качество усвоения знаний: без постоянной, регулярной и очень устойчивой обратной связи не может быть гарантии усвоения того теоретического материала, который изложен в контенте.

Единственный выход в этом случае – выстроить адаптивную систему тестирования, которая позволит автоматически проверять все, что возможно, и освободит преподавателя от рутинной работы по проверке начальных базовых понятий преподаваемой области знаний. Набор существенного банка вопросов и подготовка самих этих вопросов также требует значительного количества времени и усилий от преподавателей, но здесь существует реальная перспектива: единожды набранные тестовые вопросы могут использоваться многократно. Кроме того, пополнение и расширение банка вопросов и грамотное построение моделей тестов позволит исключить пустое угадывание и обеспечит эффективный процесс самообразования для студентов, к которому мы стремимся.

Однако при всем разнообразии типов тестовых вопросов в большинстве областей знаний существуют профессиональные проблемы или задачи, которые невозможно реализовать доступными тестами. Эти задачи могут иметь

множество допустимых способов решения, и часто нет возможности их все заранее предусмотреть и перечислить. В этом случае требуется иная концепция обратной связи. Авторы предлагают использовать концепцию, при которой отсутствуют попытки промоделировать процесс решения, а студенту предоставляется возможность решить поставленную проблему-задачу любым способом и проверить полученный результат. Для этого предполагается, что в системе e-learning есть механизм выполнения решения, предложенного студентом, на заданных исходных данных и механизм выполнения решения, предложенного преподавателем, на тех же данных, а оценка решения проводится путем сравнения результатов. Если результаты совпадают, то можно считать решение правильным, в противном случае – нет.

Разумеется, для разных классов задач, в разных дисциплинах должна быть поддержка разных «исполнителей» разрабатываемых алгоритмов решения проблем.

Для реализации поставленной задачи авторами была выбрана задача получения навыков написания семантически правильных SQL-запросов. Из многолетнего опыта преподавания экспериментально был получен следующий результат: если обучающийся на 10 различных базах данных при выполнении 100 SQL-запросов делает не более 3-х ошибок, то можно гарантировать, что и на любых иных базах данных он в процентном отношении сделает не более 3 % некорректных запросов. Авторы не берут во внимание синтаксис – он проверяется всеми трансляторами и осваивается достаточно быстро. Здесь проверки выполняются именно по смыслу SQL-запроса.

На проверку одного SQL-запроса средней сложности преподаватель тратит от 5 до 10 минут. И если, как определено выше, для устойчивого навыка правильного написания SQL-запросов требуется проверить не менее 100 SQL-запросов каждого студента, то элементарный подсчет показывает, что на группу студентов из 25 человек преподавателю требуется почти 300 полных часов учебного времени, что, конечно, практически невыполнимо. В современных информационных системах при анализе информации навыки корректного формирования произвольных SQL-запросов требуются постоянно. Поэтому практически при всех собеседованиях производится проверка на наличие данного навыка.

ФОРМИРОВАНИЕ НАВЫКОВ

На рисунке 1 представлен порядок формирования навыков в любой проблемно-предметной области.



Рис. 1. Иерархия получения профессиональных компетенций

Знания формируются на лекционных занятиях и при чтении учебной литературы, практические умения – в процессе выполнения практических и лабораторных работ, а навыки формируются с опытом, т. е. при многократном выполнении заданий.

Для того чтобы студенты умели применять полученные за время обучения в вузе теоретические знания и практические умения, они должны перейти в навыки. Именно навыки решения типовых проблем-задач сделают студентов конкурентоспособными.

Авторами была поставлена цель – разработать систему автоматической проверки SQL-запросов. В этом случае студенты смогут самостоятельно выработать навыки правильного формирования SQL-запросов и подтвердить это при контрольном тестировании. Однако для этого система должна обладать возможностью пополнения тестовых баз данных, заполнения их специально выверенными данными, позволяющими в любой ситуации выявить семантическую ошибку.

АНАЛИЗ СИСТЕМ, ВЫПОЛНЯЮЩИХ ПРОВЕРКУ SQL-ЗАПРОСОВ

В открытом доступе существуют готовые решения, позволяющие осуществить проверку синтаксиса написанного SQL-запроса [2]. Также проверка может выполняться с помощью сравнения с текстом правильного SQL-запроса, хранящегося в базе данных (БД), без его исполнения. Такой подход имеет недостаток: при выборке данных из нескольких таблиц не учитывается их последовательность.

С точки зрения системного аналитика, они не подходят для поставленной задачи, так как направлены исключительно на проверку синтаксиса составленного SQL-запроса, что является нужным, но не способствует обучению. Поэтому было принято решение о разработке собственной методики проверки.

ОПИСАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМОГО МЕХАНИЗМА

Сложностью автоматической проверки соответствия ответа студента правильному SQL-запросу преподавателя является существование разных способов написания верного SQL-запроса к приведенному заданию, то есть перевод семантического вопроса в стандартный SQL-запрос не формализован и носит творческий характер. Например, семантически корректный SQL-запрос может иметь несколько способов написания из-за различного порядка наименований столбцов или таблиц, использованных в запросе.

В ходе анализа возможных методов семантического анализа SQL-запросов была предложена процедура сравнения результатов выполнения правильного SQL-запроса, подготовленного преподавателем, и результатов выполнения SQL-запроса, написанного обучающимся [3].

Рисунок 2 иллюстрирует процесс сравнения результатов выполнения SQL-запросов преподавателя и студента. Данная архитектура проверки по результатам выполнения SQL-запроса позволяет проверять разные варианты его написания.

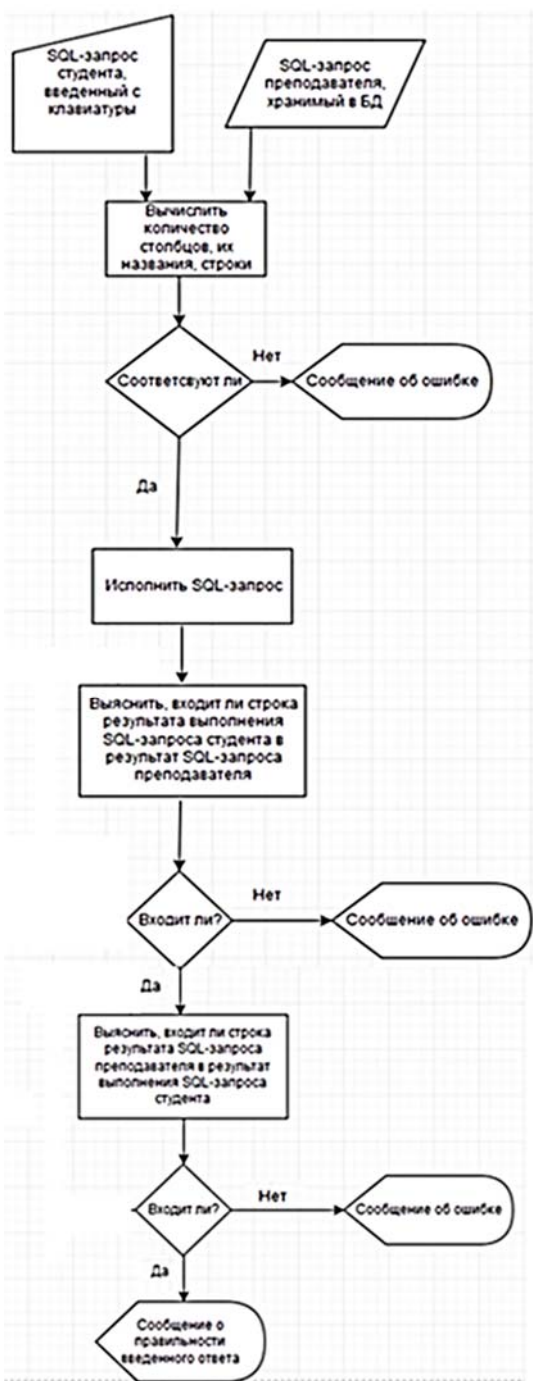


Рис. 2. Алгоритм проверки соответствия результатов тестирования

Разработка методики сравнения и проверки ответов студента и преподавателя включала в себя реализацию некоторых операций реляционной алгебры в ограниченной версии языка SQL и формирование алгоритма, изображенного в виде блок-схемы на рисунке 3.

При построении системы автоматического тестирования проверки запросов на языке SQL авторы работы столкнулись с проблемой отсутствия в бесплатной версии системы управления базами данных (СУБД) MySQL возможности выполнить напрямую запрос, соответствующий разности отношений. Это ограничение касается именно

рассматриваемой СУБД, являющейся базовой в системе поддержки учебного процесса e-learning Moodle. Так как Moodle [4] – система с открытым кодом, реализованная на языке PHP, было решено для реализации данного функционала разработать механизм отражения операции разности реляционной алгебры в операцию разности над ассоциативными массивами языка PHP [5].

При исполнении SQL-запросов на сервере MySQL с использованием языка PHP производится работа с библиотекой функций, позволяющих выполнять запросы языка SQL для конкретной БД. Результатом запроса является ассоциативный массив, который фактически моделирует двумерную таблицу, столбцами которой являются атрибуты, а строками – значения кортежей результата.

Однако среди стандартных операций над ассоциативными массивами нет операции вычитания многомерных массивов. Такая операция доступна только для одномерных линейных массивов.

Общий механизм проверки правильности подготовленных студентами SQL-запросов представлен на рисунке 3.

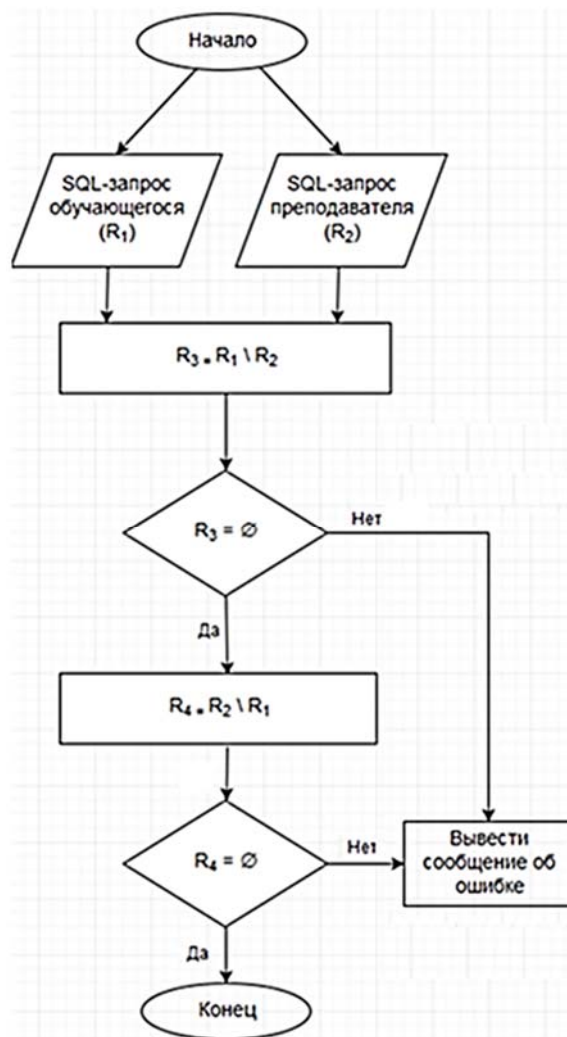


Рис. 3. Разработанный алгоритм сравнения с выполнением операции разности реляционной алгебры, применяемый в тренинговой системе

Как видно из рисунка 3, в данном алгоритме используется операция реляционной алгебры – разность отношений.

Разностью отношений R_1 и R_2 называют отношение, в которое входит множество кортежей, принадлежащих R_1 и не принадлежащих R_2 :

$$R_3 = R_1 \setminus R_2 = \{r \mid r \in R_1 \wedge r \notin R_2\}. \quad (1)$$

Для реализации этого алгоритма на РНР сначала надо проверить, являются ли схемы эквивалентными и только потом перейти к выполнению операции разности. Для этого первоначально используется сравнение рангов отношений и имен атрибутов. В этом случае алгоритм выполнения операции разности реляционной алгебры выглядит следующим образом (рис. 4).

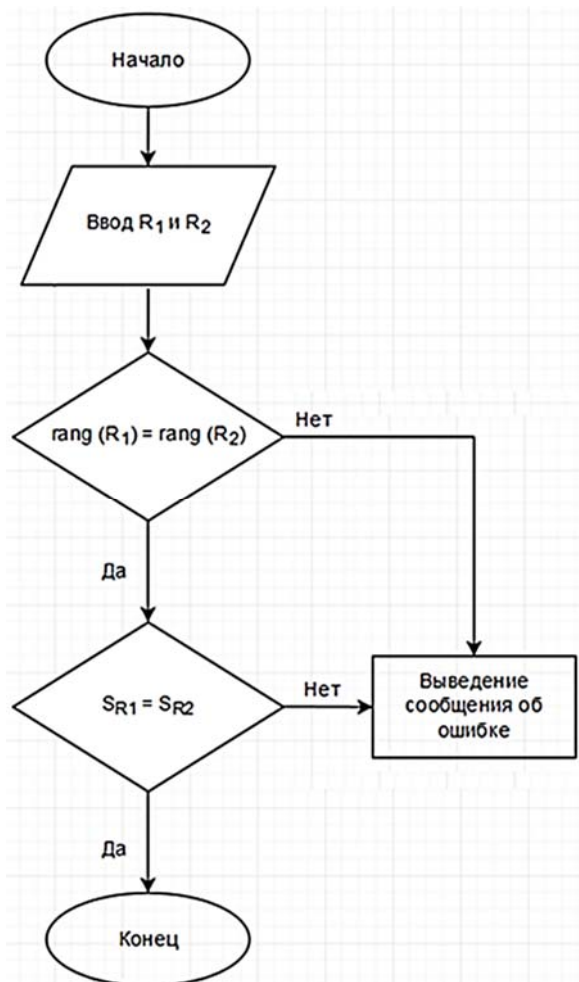


Рис. 4. Проверка эквивалентности схем сравниваемых операций

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ

Для реализации представленного выше алгоритма в процессе работы было принято решение о создании на первом шаге базы метаданных, затем создании набора учебных БД [6] (рис. 5).

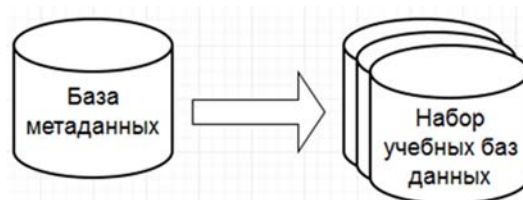


Рис. 5. Типы БД

На основании описания предметной области в процессе общения с экспертами данной области была сформулирована необходимость в следующих сущностях:

- db,
- tables,
- stolb,
- zapros.

Важным этапом реализации проекта было проектирование БД с использованием CASE (Computer Aided Software Engineering)-системы. Современные CASE-системы – средства разработки не только программных систем, но и организационно-управляющих. Цель CASE-средств – отделить процессы проектирования от процессов программирования.

Для обеспечения независимости проектирования логической структуры базы данных была применена современная свободно распространяемая CASE-система OpenSystemArchitekt. Выбор данного продукта обоснован его корректностью при формировании классической инфологической модели «Сущность – связь» (EntityRelationship – ER), представленной на рисунке 6, с возможностью получения скрипта генерации базы данных в соответствии со стандартом SQL92.

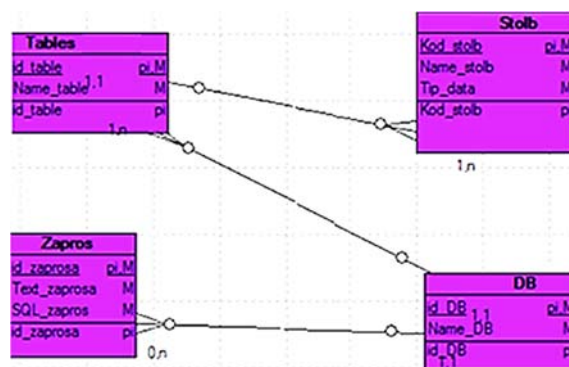


Рис. 6. ER-модель БД

Затем на основе логической модели была создана физическая модель, представленная на рисунке 7.

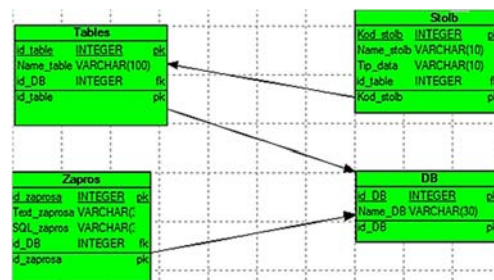


Рис. 7. Физическая модель БД

Далее был получен скрипт генерации БД, импортированный в Denwer – локальный сервер с поддержкой PHP, Apache и MySQL, позволяющий работать с кодом сайта без подключения к сети Интернет.

В таблице «db», представленной на рисунке 8, хранятся данные о созданных учебных базах данных:

- порядковый номер, присваиваемый автоматически;
- наименование БД;
- краткое описание предметной области БД.

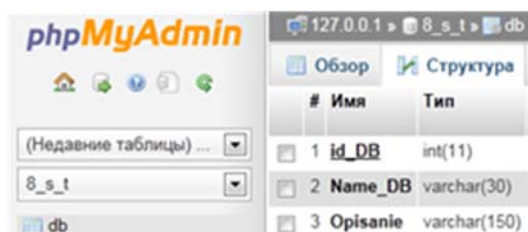


Рис. 8. Структура таблицы «db»

Таблица «tables», структура которой приведена на рисунке 9, содержит данные о перечне всех таблиц, входящих во все учебные БД, а именно:

- порядковый номер, присваиваемый автоматически;
- наименование таблицы;
- номер БД, к которой относится таблица;
- количество столбцов в таблице;
- наименование таблицы на английском языке.

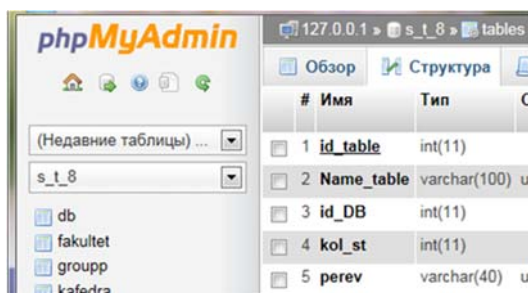


Рис. 9. Структура таблицы «tables»

В таблице «stolb», изображенной на рисунке 10, хранятся данные о столбцах всех таблиц баз данных с указанием типа данных:

- порядковый номер, присваиваемый автоматически;
- наименование столбца;
- тип данных;
- номер таблицы, к которой относится столбец.

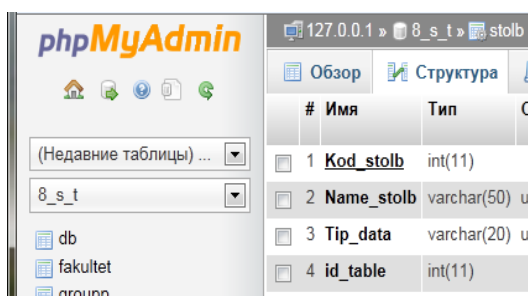


Рис. 10. Структура таблицы «stolb»

Таблица «zapros» (рис. 11) хранит информацию о SQL-запросе:

- порядковый номер, присваиваемый автоматически;
- текст запроса;
- верный ответ в виде SQL-запроса;
- номер БД, к которой написан запрос.

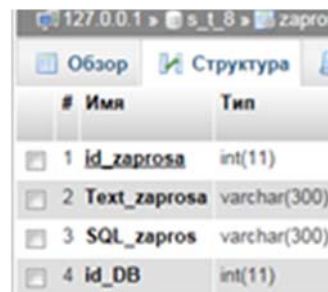


Рис. 11. Структура таблицы «zapros»

Для создания учебной БД «Товары», включающей в себя следующие таблицы:

- db,
- tables,
- stolb,
- zapros,

к разработанным на начальном этапе работы таблицам БД будут добавлены новые:

- tovar,
- zakaz,
- klient,
- postav.

Перечень таблиц будет выглядеть следующим образом (рис. 12).

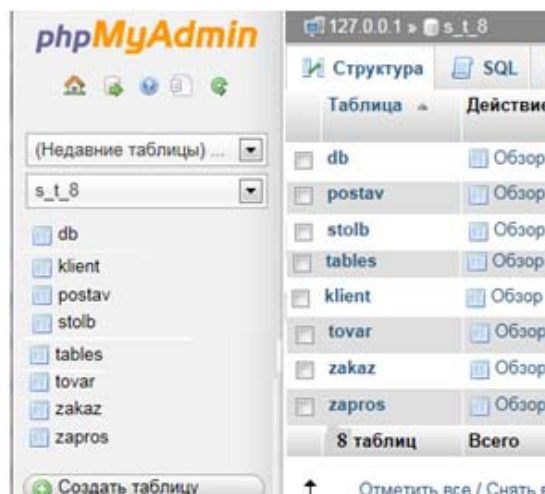


Рис. 12. Перечень таблиц БД

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ, РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛА

Реализуемая методика предполагает хранение в БД перечня:

- учебных БД;
- таблиц учебных БД с описанием;
- полей с типом данных и смыслом,

что и было реализовано и описано выше. При реализации алгоритма, проиллюстрированного рисунком 4, на PHP для сравнения рангов достаточно использовать функцию `mysql_num_fields()`, возвращающую количество элементов в ассоциативном массиве результата, а для выполнения операции сравнения схем требуется выполнить функцию сравнения ключей ассоциативных массивов с помощью функции `array_diff_key()` [5]. Использование функции представлено в коде программы на рисунке 13.

```

zapros.php
1 <?php
2 include('common.php');
3 include('func.php');
4 function zapros($stud,$prep) {
5     $result_1 = mysql_query($stud);
6     $c_1=mysql_num_fields($result_1);
7     $n_1 = mysql_num_rows($result_1);
8     $result_2 = mysql_query($prep);
9     $c_2=mysql_num_fields($result_2);
10    $n_2 = mysql_num_rows($result_2);
11    IF (($c_1<>$c_2) or ($n_1<>$n_2)) return 0;
12    $r=array_diff_key($result_1, $result_2);
13    If (srav($result_1,$result_2,$n_1)==1) return
14    else return 0;
15 }
16 ?>
    
```

Рис. 13. Исходный код сравнения рангов отношений и имен атрибутов

Если при проверке по алгоритму, изображенному на рисунке 4, схемы сравниваемых операций эквивалентны, то требуется перейти к операции вычитания, реализация которой показана на рисунке 3.

В данном случае при отсутствии возможности провести операцию вычитания непосредственно на многомерных ассоциативных массивах была разработана специальная функция `srav` (`a1`, `a2`), представленная на рисунке 14.

```

p1.php zapros.php func.php
1 <?php
2 function srav($stud,$prep,$n_1)
3 {
4     $n=0; $i=0; //И
5     // $stud - результат первого запроса
6     // $prep - результат второго запроса
7     While ($row_2=mysql_fetch_row($prep))
8     {
9         $a[$i]=$row_2;$i++;
10    }
11    While ($row_1=mysql_fetch_row($stud))
12    {
13        //print_r($row_1); echo '<br>';
14        for ($j=0;$j<$i;$j++)
15        { $r=array_diff($row_1,$a[$j]); //
16          if (count($r)==0)$n++; //
17        }
18    }
19    //echo '$n_1 '.$n_1.' $n '.$n;
20    if ($n_1==$n) return 1;
21    else return 0;
22 }
23 ?>
    
```

Рис. 14. Программный код для выполнения операции вычитания

РАЗРАБОТКА И НАПИСАНИЕ ИНТЕРФЕЙСОВ

Для формирования учебных баз данных для дальнейшего тестирования обучающихся необходимо было разработать интерфейс преподавателя, с помощью которого он будет наполнять базу метаданных и учебные БД для исполнения SQL-запросов.

С помощью языка программирования PHP и языка гипертекстовой разметки HTML был разработан следующий интерфейс для преподавателя, представленный на рисунках 15–17.

На рисунке 15 изображена таблица для редактирования перечня имеющихся учебных БД.

Название БД	Описание БД	Просмотреть перечень таблиц	Удалить
Товар	БД содержит описание заказов клиентов с перечнем товаров и их поставщиков.	Перечень	Удалить
Поезд		Перечень	Удалить
Автомобиль		Перечень	Удалить

Добавить БД

[Список действий](#)

Рис. 15. Интерфейс редактирования учебных БД

На рисунке 16 представлен перечень таблиц выбранной учебной БД и возможности их редактирования.

http://s_t_27/prosmotr_tables.php

Название БД	Просмотреть перечень таблиц	Удалить
Товар	Структура	Удалить
Поставщик	Структура	Удалить
Клиент	Структура	Удалить
Заказ	Структура	Удалить

Добавить таблицу

[Перечень БД](#)

[Список действий](#)

Рис. 16. Интерфейс редактирования таблиц учебной БД

На рисунке 17 представлена одна из таблиц выбранной учебной БД.

http://s_t_27/prosmotr_str_table.php

Kod_tovara	Name_tovara	Price_tovara	Kod_postav
1	Лист металлургический	159	1
2	Счетчик на холодную воду	350	2

Рис. 17. Интерфейс просмотра таблицы учебной БД

ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ

В развитие поднятой темы авторы планируют построить разработанный механизм в свободно распространяемую оболочку для систем класса e-learning Moodle. Согласно статистике, собранной на саммите разработчиков электронных курсов, Moodle является наиболее применяемой в образовательной среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеев А.Г. Введение в электронное обучение : монография / А.Г. Сергеев, И.Е. Жигалов, В.В. Баландина. – Владим. гос. ун-т имени А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2012. – 182 с.
2. Nevarez, B. Inside the SQL Server Query Optimizer, Simple Talk Publishing, 2011. – 252 p.
3. Карпова Т.С. Системный подход к разработке тренинговой системы для получения навыков / Т.С. Карпова,

С.Ю. Малышева // VI научно-практическая конференция с международным участием «Наука настоящего и будущего» : сб. материалов конференции. – СПб. : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. – С. 144–146.

4. Moodle Docs. URL: http://docs.moodle.org/36/en/Main_page (Дата обращения: 17.02.2019).

5. Карпова Т.С. Реализация некоторых операций реляционной алгебры в ограниченной версии языка SQL / Т.С. Карпова, С.Ю. Малышева // Проблемы математической и естественно-научной подготовки в инженерном образовании : сб. трудов V международной научно-методической конференции, 8–9 ноября 2018 г., Санкт-Петербург / под ред. В.А. Ходаковского. – СПб. : ПГУПС, 2018. – С. 141–148.

6. Jewett, T. Database Design With UML and SQL, 3rd edition, Emeritus California State University, 2006.

Extension of Electronic Testing Systems on the Example of Testing SQL-queries

T. S. Karpova, S. Yu. Malysheva
Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University,
Saint Petersburg, Russia
t.s.karpova@gmail.com
SvetlanaMalisheva315@yandex.ru

Abstract. The presence of a system of distance learning (education), abbreviated as SDO, is currently a mandatory component of the educational environment of any University of the Russian Federation, accredited for the right to conduct educational activities in accordance with State standards.

Keywords: database, SQL, e-learning, support educational process system, testing comparing the results of the query to the database, build skills.

REFERENCES

1. Sergeev A.G. Introduction to e-learning: monograph [Vvedenie v elektronnoe obuchenie: monografiya], Vladimir State University named after A. G. and N. G. Stoletov, Vladimir, 2012. – 182 p.
2. Nevarez, B. Inside the SQL Server Query Optimizer, Simple Talk Publishing, 2011. – 252 p.
3. Karpova T.S., Malysheva S.Yu. Systematic approach to the development of a training system for obtaining skills [Sistemnyy podkhod k razrabotke treningovoy sistemy dlya polucheniya navykov], *Proc. of VI International Conference for Students and Young Scientists "Science: Present and*

Future" [Sb. materialov VI nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem "Nauka nastoyashchego i budushchego" dlya studentov i molodykh uchenykh], St. Petersburg, St. Petersburg Electrotechnical University "LETI", 2018. – Pp. 144–146.

4. Moodle Docs. Available at: http://docs.moodle.org/36/en/Main_page (accessed 1 Feb. 2019).

5. Karpova T.S., Malysheva S.Yu. Implementation of some relational algebra operations in a limited version of SQL [Realizatsiya nekotorykh operatsiy relyatsionnoy algebry v ogranichennoy versii yazyka SQL], *Proc. of V International Scientific and Methodological Conference «Problems of mathematical and natural-scientific training in engineering education» [Problemy matematicheskoy i estestvenno-nauchnoy podgotovki v inzhenernom obrazovanii. Sbornik trudov V mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii]*, St. Petersburg, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 2018. – Pp. 141–148.

6. Jewett, T. Database Design With UML and SQL, 3rd edition, Emeritus California State University, 2006.

Критериальное сравнение платформ бизнес-аналитики

В.В. Яковлев, Д.В. Кравченко

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I
Санкт-Петербург, Российская Федерация
jakovlev@pgups.ru
kravchenkodaria16@yandex.ru

Аннотация. Рассматриваются общие характеристики платформ бизнес-аналитики. Оценки возможностей платформ бизнес-аналитики приводятся в отчетах групп аналитических агентств. Рассмотрены международные аналитические компании, занимающиеся исследованиями рынка ИТ-технологий. Представленные аналитические агентства выделяют ключевые платформы для исследования и анализа данных. Произведен сопоставительный анализ главных продуктов представленных компаний.

Ключевые слова: бизнес-аналитика, аналитическая компания, исследовательская компания, консалтинговая компания, магический квадрант Гартнера, Forrester Research, The Forrester Wave, International Data Corporation, QlikView, Microsoft Power BI, Deductor.

ВВЕДЕНИЕ

В области ИТ-управления активно внедряется методология управления бизнес-сервисами BSM (Business Service Management). Это подход к их управлению и организации ИТ-услуг путем формирования в рамках решений по направлению применения аналитических платформ [1]. Оценки возможностей таких платформ приводятся в отчетах групп аналитических агентств, среди которых ведущая роль по направлению ИТ принадлежит компаниям Gartner, Forrester Research, International Data Corporation [2].

GARTNER

Gartner – исследовательская и консалтинговая компания, специализирующаяся на рынке ИТ-технологий. Наиболее известна введением в употребление понятия ERP (Enterprise Resource Planning) и регулярными исследовательскими отчетами в форматах «магический квадрант». Исследованиям Gartner периодически посвящаются статьи в таких изданиях, как Financial Times, The New York Times, The Wall Street Journal и т.п. Считается ключевым исследователем рынков ИТ. Магический квадрант Gartner (Magic Quadrant, рис. 1) – графическое отображение ситуации на рынке, позволяющее оценить возможности продуктов и самих разработчиков.

В своих отчетах Gartner рассматривает не только качество и возможности программного обеспечения, но и характеристики поставщиков в целом: опыт продаж и работы с клиентами, полноту понимания рынка, бизнес-модель, инновации, стратегии маркетинга, развития индустрии и др. На основе оценки по ключевым параметрам разработ-

чики разбиваются на четыре группы: лидеры (leaders) – поставщики с положительными оценками как по «полноте видения», так и по «способности реализации»; претенденты на лидерство (challengers) – поставщики с положительными оценками только по «способности реализации»; дальновидные (visionaries) – поставщики с положительными оценками только по «полноте видения»; нишевые игроки (niche players) – поставщики с отрицательными оценками по обоим критериям.



Рис. 1. Магический квадрант Гартнера за 2018 год

Gartner называет «магическим квадрантом» отчет с анализом какого-либо сегмента рынка, в который включает изображение с распределением поставщиков по указанным сегментам квадранта; ежегодно компания выпускает несколько десятков магических квадрантов на регулярной основе.

FORRESTER RESEARCH

Forrester Research – международная аналитическая компания, занимающаяся исследованиями рынка ИТ-технологий. Компания предоставляет информацию о том, какое влияние технологии оказывают на бизнес и на потребителей, известна своим отчетом The Forrester Wave (рис. 2), оценивающим поставщика продуктов и услуг по 100 критериям в зависимости от области исследования в рамках трех основных секций.

Поставщики размещены между сегментами диаграммы «Лидеры» (Leaders), «Сильные игроки» (Strong Performers), «Соперники» (Contenders) и «Рискованные ставки» (Risk Bets). «Лидеры» (Leaders) – это поставщики, которые имеют в целом надежные и дифференцированные продукты и стратегии. «Сильные игроки» (Strong Performers) имеют качественные продукты, которые удовлетворяют основным требованиям рынка и показывают высокий уровень продаж. «Соперники» (Contenders) – поставщики, которые имеют менее высокие оценки по широкому кругу критериев, оцениваемых Forrester. У поставщиков в диапазоне «Претенденты» (Challengers) могут быть пробелы в стратегическом видении или предложении продуктов.



Рис. 2. Отчет The Forrester Wave за 2018 год

Каждая точка на графике представляет один продукт в области оцениваемой технологии. Каждая ось представляет отдельный аспект анализа The Forrester Wave. Компании, расположенные выше на графике, имеют более высокие оценки для своих текущих предложений продуктов, чем те, которые расположены ниже. Размер точек на графике отражает присутствие на рынке, часто – доход и количество пользователей продукта. Маленькая точка может появиться в любом месте на графике, иногда даже выигрывая у крупных поставщиков как в текущих предложениях, так и в будущей стратегии.

INTERNATIONAL DATA CORPORATION

International Data Corporation (IDC) – международная исследовательская и консалтинговая компания, изучающая мировые рынки информационных технологий и телекоммуникаций. Ежегодно аналитики IDC готовят более 5 000 отчетов об исследованиях всех сегментов мирового рынка информационных технологий и телекоммуникаций. Самым популярным информационным отчетом IDC является инструмент оценки главных поставщиков ИТ-отрасли – IDC Market Scope (рис. 3). В рамках исследования используется методика оценки на основе анализа качественных и количественных показателей, которые представлены в виде графического изображения позиции каждого поставщика на конкретном рынке. Поставщики размещены между сегментами «Лидеры» (Leaders), «Крупные игроки» (Major Players), «Соперники» (Contenders) и «Участники» (Participants).

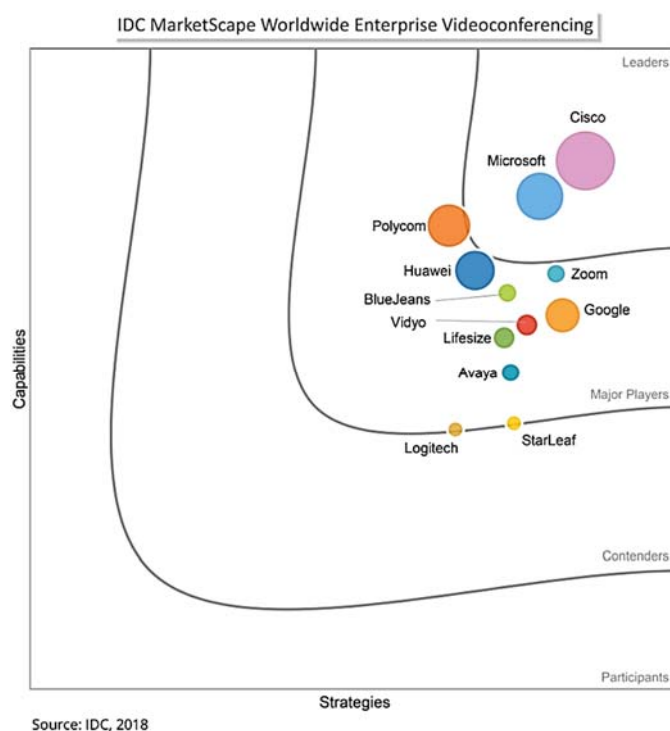


Рис. 3. Отчет IDC Market Scope за 2018 год

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Представленные аналитические агентства выделяют две ключевые платформы для исследования и анализа данных – QlikView и Microsoft Power BI. Произведен сопоставительный анализ главных продуктов этих компаний [3]. Также произведен анализ российской платформы Deductor (BaseGroup Labs).

QlikView – это платформа для исследования и визуализации данных, способная удовлетворить большинство требований бизнес-аналитики. QlikView представляет собой удобный для пользователя интерфейс. Графики, таблицы и приборные панели – его основные средства для любого уровня пользователя.

ТАБЛИЦА 1. Qlik View

Со стороны	Достоинства	Недостатки
Пользователя	<ul style="list-style-type: none"> • Привлекательный интерфейс • Легко фильтровать данные при любой визуализации • Высокая скорость создания графиков и таблиц • Возможность отправлять отчеты в удобном формате 	<ul style="list-style-type: none"> • При фильтрации может комбинировать некоторые типы данных, когда это не требуется • Нет возможности объединить результаты в закладках • Пользователь без технической базы чаще всего будет испытывать трудности
Разработчика	<ul style="list-style-type: none"> • Поддерживает импорты данных из множества источников • Удобство создания любых графиков, таблиц и фильтров • Высокая скорость загрузки и обработки данных • Позволяет совместную работу 	<ul style="list-style-type: none"> • Некоторые базовые функции очень трудно или невозможно реализовать • Сложности с использованием в качестве рабочего инструмента для всей компании • Неочевидный синтаксис

Microsoft Power BI – это сервис для бизнес-аналитики с возможностью подключения различных источников данных и сторонних приложений. Платформа обладает веб-интерфейсом, позволяющим создавать визуализации. Существует мобильная версия Microsoft Power BI, доступная на различных операционных системах.

ТАБЛИЦА 2. Microsoft Power BI

Со стороны	Достоинства	Недостатки
Пользователя	<ul style="list-style-type: none"> • Взаимодействие с другими продуктами от Microsoft • Интуитивный интерфейс • Есть бесплатная версия 	<ul style="list-style-type: none"> • Нехватка инструментов обработки и очистки данных
Разработчика	<ul style="list-style-type: none"> • Встроенные библиотеки визуализации • Возможность подключить практически любой источник данных 	<ul style="list-style-type: none"> • Проблемы с импортом и обработкой больших данных

Deductor – платформа, позволяющая проводить анализ данных предприятия, прогнозировать показатели его развития. Архитектура Deductor позволяет реализовать все этапы построения аналитической системы: от создания хранилища данных предприятия до настройки корпоративной аналитической отчетности [4, 5].

ТАБЛИЦА 3. Deductor

Со стороны	Достоинства	Недостатки
Пользователя	<ul style="list-style-type: none"> • Удобная и быстрая интерактивная визуализация • Многофункциональный пользовательский интерфейс • Визуальное проектирование логики без написания кодов, поиск скрытых закономерностей, математическая статистика 	<ul style="list-style-type: none"> • Нет определения типов столбцов данных • Ограничения на максимальное количество записей
Разработчика	<ul style="list-style-type: none"> • Встроенная интеграция с десятками источников данных • Высокая производительность 	<ul style="list-style-type: none"> • Проблемы с обработкой больших данных

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведя сопоставительный анализ главных продуктов компаний Qlik, Microsoft и BaseGroup Labs, можно сделать вывод, что наиболее полная для анализа и визуализации данных платформа – QlikView. Ассоциативная технология модели данных, лежащая в основании QlikView, позволяет создать уникальный интерфейс для интерактивной презентации и анализа информации любого вида.

Платформа Microsoft Power BI нацелена на поддержку облачных технологий для анализа и визуализации данных. Основное преимущество Power BI – возможность построения информационных панелей (dashboard) с ключевыми показателями деятельности компании, доступных на любом устройстве.

Deductor нацелен на эффективный поиск скрытых неформализованных закономерностей в различных предметных областях на основе разработки разнородной структурированной информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Laney D. Infonomics: how to monetize, manage, and measure information as an asset for competitive advantage / Laney B. Douglas. – New York : Routledge, 2017. – 344 p. (Kindle Edition. Published 5, September 2017 by Routledge).
2. A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge (BABOK Guide). Third Edition. – Toronto : International Institute of Business Analysis, 2015. – 502 p.
3. Харатишвили Д.Г. Рынок BI-платформ: претенденты и победители // КомпьютерПресс. – №7. – 2008. – С. 169–183.
4. Новикова Г.М. Корпоративные информационные системы : учеб. пособие. – М. : РУДН, 2008. – 94 с.
5. Зараменских Е.П. Основы бизнес-информатики : монография. – Новосибирск : ЦРНС, 2014. – 379 с.

The Criteria Comparison of Business-Analytic Platform

V.V. Yakovlev, D.V. Kravchenko

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

Saint Petersburg, Russia

jakovlev@pgups.ru

kravchenkodaria16@yandex.ru

Abstract. The article discusses the common characteristics of business intelligence platforms. Evaluations of business intelligence platform capabilities are provided the reports of analytic agency groups. International analytical companies engaged in IT market research are considered. Presented analytical agencies identify key platforms for research and data analysis. A comparative analysis of the main products of the represented companies.

Keywords: business analytics, analytical company, research company, consulting company, Gartner's Magic Quadrant, Forrester Research, The Forrester Wave, International Data Corporation, QlikView, Microsoft Power BI, Deductor.

REFERENCES

1. Laney, D. Infonomics: how to monetize, manage, and measure information as an asset for competitive advantage. New York, 2017. – 344 p. (Kindle Edition. Published 5, Sep-tember 2017 by Routledge)
2. A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge (BABOK Guide). Third Edition. Toronto, International Institute of Business Analysis, 2015. – 502 p.
3. Kharatishvili D.G. Market BI-platforms: Applicants and Winners [Rynok BI-platform: pretendenty i pobediteli], *ComputerPress [Komp`yterPress]*, No.7, 2008. – Pp. 169–183.
4. Novikova G.M. Corporate information systems: study guidy [Korporativnye informatsionnye sistemy: uchebnoe posobie], Moscow, RUDN University, 2008. – 94 p.
5. Zaramensky E.P. Basics of business informatics: monograph [Osnovy biznes-informatiki: monografiya]. – Novosibirsk : Development Center for Scientific Cooperation, 2014. – 379 p.

Об оценке временной сложности алгоритмов, построенных методом «разделяй и властвуй»

А.Н. Баушев

Петербургский государственный университет путей
сообщения Императора Александра I,
Санкт-Петербург, Россия
banban2008@yandex.ru

О.Л. Семёнова

Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия
o_semenova@mail.ru

Аннотация. Предложен простой метод оценивания временной сложности алгоритмов, построенных методом «разделяй и властвуй», для случая, когда подзадачи разбиения отличаются друг от друга размерами.

Ключевые слова: сложность алгоритма, рекурсивные алгоритмы, рекуррентные соотношения, асимптотические неравенства.

ВВЕДЕНИЕ

Метод «разделяй и властвуй» является одним из наиболее популярных методов проектирования рекурсивных алгоритмов. В этом методе исходная задача разбивается на подзадачи, подобные исходной, и её решение строится из решений подзадач. «Подобие» подзадач исходной задаче позволяет использовать рекурсию при описании алгоритма построения решения.

Если исходная задача размера n разбивается на a подзадач размера n/b каждая, то время, затраченное на решение задачи (т. е. суммарное количество элементарных операций, выполняемых в процессе работы алгоритма), удовлетворяет рекуррентному соотношению

$$T(n) = aT\left(\frac{n}{b}\right) + \tau(n), \quad (1)$$

где $\tau(n)$ – время, затрачиваемое на построение решения исходной задачи из решений подзадач.

В типичных ситуациях $\tau(n) = O(n^d)$, где $d \geq 0$, и оценка времени решения задачи описывается так называемой «основной теоремой о рекуррентных соотношениях» [1], согласно которой в случае $\delta \equiv \log_b a \neq d$ $T(n) = O(n^{\max\{\delta, d\}})$, а в случае $\delta = d$ $T(n) = O(n^d \log n)$.

Отметим, что принадлежность функции $\tau(n)$ классу $O(n^d)$ позволяет избегать в записи соотношения (1) целочисленных округлений для аргументов функции T .

Однако непосредственное применение основной теоремы возможно только в очень специальных случаях метода «разделяй и властвуй». В более сложных вариантах метода подзадачи исходной задачи отличаются друг от друга размерами. Обобщению основной теоремы на этот

случай были посвящены работы [2–5]. Однако условия полученных в этих работах теорем в большинстве случаев являются сложными и трудными для проверки. В частности, используя «Акра-Баззу метод» [2], с большим трудом [1] удаётся показать, что решение рекуррентного соотношения

$$T(n) = T\left(\frac{n}{3}\right) + T\left(\frac{2n}{3}\right) + O(n)$$

принадлежит классу $O(n \log n)$, а решение рекуррентного соотношения

$$T(n) = T\left(\frac{n}{5}\right) + T\left(\frac{7n}{10}\right) + O(n)$$

принадлежит классу $O(n)$.

Настоящая статья посвящена асимптотической оценке решений рекуррентного соотношения

$$T(n) = \sum_{k=1}^p T(\alpha_k n) + O(n^d), \quad (2)$$

где $d \geq 0$, $p > 1$, а параметры $\alpha_1, \dots, \alpha_p$ удовлетворяют условиям

$$0 < \alpha_1 \leq \dots \leq \alpha_p \leq 1, \quad \sum_{k=1}^p \alpha_k \leq 1. \quad (3)$$

Неравенства (3) являются естественными для большинства практических применений метода «разделяй и властвуй». Они выполняются в тех случаях, когда множества входных данных для подзадач попарно не пересекаются.

Обозначим

$$A_d = \sum_{k=1}^p \alpha_k^d, \quad \Delta = 1/\alpha_p.$$

Справедлива следующая теорема.

Теорема. Пусть $T(n)$ удовлетворяет рекуррентному соотношению (2) и выполнены неравенства (3). Тогда

$$T(n) = \begin{cases} O(n^{\log_{\Delta} p}), & \text{если } d < 1, A_d > 1 \text{ и } \Delta < p; \\ O(n), & \text{если } \begin{cases} d \leq 1, A_d < 1 & \text{или} \\ d < 1, A_d \leq 1 & \text{или} \\ d < 1, A_d > 1, \Delta \geq p; \end{cases} \\ O(n \log n), & \text{если } d = A_1 = 1; \\ O(n^d), & \text{если } d > 1. \end{cases}$$

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ТЕОРЕМЫ

Процесс итерирования соотношения (2) можно представить в виде корневого дерева с помеченными вершинами, которое строится по следующим правилам.

- (i) Корень имеет метку n .
- (ii) Метка вершины есть размер соответствующей подзадачи.
- (iii) Метка любой вершины не меньше единицы.
- (iv) Если вершина имеет метку m и $\alpha_i m \geq 1$ для $1 \leq i \leq p$, то существует ребро $(m, \alpha_i m)$.
- (v) Если $m \geq 1$ и $\alpha_p m < 1$, то вершина с меткой m является листом.

Размер подзадач, отвечающих листьям, меньше Δ , поэтому суммарное время, затрачиваемое на их решение, есть $O(K(n))$, где $K(n)$ – число листьев в построенном дереве.

Суммарное время, затрачиваемое на получение решений подзадач уровня $s - 1$ (т. е. находящихся на расстоянии $s - 1$ от корня) из решений подзадач уровня s , есть, очевидно, $O(A_d^s n^d)$. Следовательно,

$$T(n) = O(K(n)) + O\left(n^d \sum_{s=0}^h A_d^s\right), \quad (4)$$

где h – высота дерева.

1. Покажем, что $K(n) \leq pn$. Доказательство проведем индукцией по высоте дерева h .

База индукции. Если $h = 0$, то $1 \leq n < \Delta$, $K(n) = 1$, и требуемое неравенство выполнено.

Индукционный переход. Если $h \geq 1$, то корень не является листом, значит все листья находятся на ветвях, для которых применимо индукционное предположение, таким образом

$$K(n) \leq \sum_{k=1}^p K(\alpha_k n) \leq \sum_{k=1}^p \alpha_k pn = pn \sum_{k=1}^p \alpha_k \leq pn.$$

2. Оценим второе слагаемое в (4).

2.1. Пусть $d > 1$. Тогда $A_d = \sum_{k=1}^p \alpha_k^d < 1$. Следовательно,

$$\sum_{s=0}^h A_d^s \leq \frac{1}{1 - A_d}, \quad \text{и} \quad \text{из} \quad (4) \quad \text{получаем}$$

$$T(n) = O(n) + O(n^d) = O(n^d).$$

2.2. Пусть $d = 1, A_d = 1$. Учитывая, что $h = O(\log_{\Delta} n)$, получим

$$T(n) = O(n) + O(n(h + 1)) = O(n \log n).$$

2.3. Если $d \leq 1, A_d < 1$, то второе слагаемое в (4) есть $O(n^d)$, как и в случае 2.1. Но при этом

$$T(n) = O(n) + O(n^d) = O(n).$$

2.4. Если $d < 1$ и $A_d = 1$, то второе слагаемое в (4) есть $O(n^d \ln n) = O(n)$, т. е. $T(n) = O(n)$.

2.5. Если $d < 1, A_d > 1$, то второе слагаемое в (4) есть

$$\begin{aligned} O\left(n^d \sum_{s=0}^h A_d^s\right) &= O\left(n^d \frac{A_d^{h+1} - 1}{A_d - 1}\right) = \\ &= O\left(n^d A_d^h\right) = O\left(n^d A^{\log_{\Delta} n}\right). \end{aligned}$$

Поскольку $A_d^{\log_{\Delta} n} = n^{\log_{\Delta} A_d}$ и $A_d \leq p \alpha_p^d$, то

$$\log_{\Delta} A_d \leq \log_{\Delta} p + \log_{\Delta} \left(\frac{1}{\Delta}\right)^d = \log_{\Delta} p - d.$$

Следовательно,

$$O\left(n^d n^{\log_{\Delta} A_d}\right) = O\left(n^d n^{\log_{\Delta} p - d}\right) = O\left(n^{\log_{\Delta} p}\right).$$

Таким образом, итоговая оценка величины $T(n)$ в случае 2.5 определяется соотношением между Δ и p . Если $\Delta \geq p$, то $\log_{\Delta} p \leq 1$ и $T(n) = O(n) + O(n) = O(n)$, а если $\Delta < p$, то $T(n) = O(n) + O\left(n^{\log_{\Delta} p}\right) = O\left(n^{\log_{\Delta} p}\right)$, что завершает доказательство теоремы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алгоритмы: построение и анализ = Introduction to Algorithms / Т. Кормен [и др.]; пер. с англ.; под ред. И.В. Красикова. – 3-е изд. – М. : Вильямс, 2013. – 1328 с.
2. Akra M., Bazzy. L. On the solution of linear recurrence equations // Computational Optimization and Applications, 1998, vol. 10, № 2. – Pp. 195–210.
3. Bentley J.L., Haken D., Sake J.B. A general method for solving divide-and-conquer recurrences // SIGACT News, 1980, vol. 12, № 3. – Pp. 36–44.
4. Roura S. An improved master theorem for divide-and-conquer recurrences // Lecture Notes in Computer Science, 1997, Springer, vol. 1256. – Pp.449–459.
5. Verma R.M. General techniques for analyzing recursive algorithms with applications // SIAM Journal on Computing, 1997. vol. 26, № 2. – Pp. 568–581.

On Estimation of Time Complexity of Algorithms Constructed by the Divide-and-Conquer Method

A.N. Baushev
Emperor Alexander I
St. Petersburg State Transport University
Saint Petersburg, Russia
banban2008@yandex.ru

O.L. Semenova
St. Petersburg State University
Saint Petersburg, Russia
o_semenova@mail.ru

Abstract. A simple method for estimating the time complexity of algorithms constructed by the "divide and conquer" method is proposed for the case when the subdivision subproblems differ in size.

Keywords: algorithm complexity, recursive algorithms, recurrence relations, asymptotic inequalities.

REFERENCES

1. Cormen Th. H., Leiserson Ch. E., Rivest R. L., Stein C. Introduction to Algorithms, Third Edition. – M. : Williams, 2013. – 1328 p.
2. Akra M., Bazy. L. On the solution of linear recurrence equations // Computational Optimization and Applications, 1998, vol. 10, № 2. – Pp. 195–210.
3. Bentley J.L., Haken D., Sake J.B. A general method for solving divide-and-conquer recurrences // SIGACT News, 1980, vol. 12, № 3. – Pp. 36–44.
4. Roura S. An improved master theorem for divide-and-conquer recurrences // Lecture Notes in Computer Science, 1997, Springer, vol. 1256. – Pp.449–459.
5. Verma R.M. General techniques for analyzing recursive algorithms with applications // SIAM Journal on Computing, 1997. vol. 26, № 2. – Pp. 568–581.

Лабораторные работы на основе визуального моделирования организации движения на железной дороге

А.С. Бессолицын, канд. техн. наук, Н.Б. Федорова

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I
Санкт-Петербург, Россия
bessolitsyn@pgups.ru

Аннотация. На кафедре «Управление эксплуатационной работой» в Учебном центре управления движением им. Б.П. Бещева проводятся лабораторные занятия по дисциплине «Управление эксплуатационной работой». Целью изучения дисциплины является формирование у студентов знаний, умений и представлений в области теории и практики организации, управления и технологии поездной, сортировочной, маневровой работы на станциях, узлах, участках и полигонах сети, на основе которых они могут обеспечить эффективную и безопасную эксплуатацию, проектирование и развитие транспортно-технологических комплексов железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: обучение, деловая игра, район управления, ДСП, ДНЦ, организация работы, управление эксплуатационной работой, визуальное моделирование.

Проведение лабораторной работы в сфере организации движения поездов на железной дороге направлено на формирование общепрофессиональной компетенции [1] «готовность к использованию алгоритмов деятельности, связанных с организацией, управлением и обеспечением безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта» и на формирование следующих профессиональных компетенций, соответствующих видам профессиональной деятельности, на которые ориентирована программа специалитета.

Организационно-управленческая деятельность:

- способность выполнять обязанности по оперативному управлению движением поездов на железнодорожных участках и направлениях, в том числе высокоскоростных, а также маневровой работой на станциях;

проектная деятельность:

- способность к расчету и анализу показателей качества пассажирских и грузовых перевозок.

Настоящий этап развития системы образования связан с внедрением в учебный процесс информационных технологий [2]. Информационные технологии, постепенно входящие в практику обучения, предоставляют как преподавателю, так и обучающемуся более широкие (по сравнению с традиционным обучением) возможности в преподавании и изучении дисциплин самых различных циклов. Информационная обучающая система – это комплекс взаимосвязанных программно-технических и учебно-методических средств, предназначенный для автоматизации и индивидуализации обучения. Использование таких систем позволяет выстроить для каждого обучаемого индивидуальную образовательную траекторию.

В ходе подготовки специалистов проведение таких лабораторных работ на кафедре «Управление эксплуатационной работой» в Учебном центре управления движением им. Б.П. Бещева [3] позволяет решать следующие задачи: обеспечение реализации действующих технических регламентов и стандартов в области железнодорожного транспорта при перевозках пассажиров, грузов, груза-багажа и багажа; разработка и внедрение систем безопасной эксплуатации железнодорожного транспорта; организация и управление перевозочным процессом; осуществление контроля и управления системами организации движения поездов и маневровой работы.

Планируемым результатом обучения при лабораторной работе является приобретение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности.

Во всем мире система образования претерпевает значительные изменения, это касается и подготовки специалистов в сфере управления движением на железнодорожном транспорте. Теоретическая подготовка является основой для получения практических навыков, однако «массированная» теоретическая подготовка в настоящее время далеко не подтверждает свою эффективность [4].

Первоочередной задачей в совершенствовании подготовки специалистов является увеличение часов практики ориентированной подготовки в курсе дисциплины «Управление эксплуатационной работой». Это достигается благодаря внедрению образовательных комплексов на основе использования имитационного моделирования, описывающих реальные рабочие места с использованием информационно-коммуникационных технологий и дающих возможность детального визуального моделирования поездной обстановки.

Модель в подобной системе должна отображать визуальную информацию о ситуации на полигоне дороги и давать возможность манипулировать данными, управлять сценариями ситуаций на дороге, принимать решения, основываясь на теоретических знаниях. Модели подобных симуляторов разработаны с учетом требований определенных разделов. Таким образом, программные комплексы визуального моделирования используют современные средства компьютерных и интерактивных технологий, а также физические объекты симуляции.

Такие системы являются неотъемлемой частью современных обучающих комплексов и, как правило, называются программами-симуляторами. Они позволяют повышать эффективность обучения, а также снижать его стои-

мость. Актуальность создания подобных программ многократно возрастает для применения в ситуациях, связанных с опасностью для их жизни и возможными большими материальными потерями в случае ошибочных действий [5].

Существует множество примеров использования программ-симуляторов, назначение которых – имитационное выполнение лабораторных работ, моделирование физических процессов, наглядная демонстрация принципов работы устройств, отработка навыков управления различным оборудованием [6]. Так, на имитационном тренажере «Сортировочная станция», являющиеся дополнительным полигоном к тренажеру ДСП/ДНЦ, на котором обучающиеся управляют движением поездов и маневровых единиц в парках сортировочной станции, отрабатываются навыки работы по управлению в нормальных и нестандартных ситуациях [7].

В разработанной кафедрой лабораторной работе имитируется движение поездов как на однопутном, так и на двухпутном участке. В зависимости от целей занятий участок может быть оборудован полуавтоматической или автоматической блокировкой. На участке имеется семь станций: Академическая, Боровое, Ванино, Городок, Дубки, Егоровка и Железнодорожный. Названия станций для удобства ориентирования по полигону расположены в алфавитном порядке [8].

Для выполнения работы обучающимся выдается чистый бланк графика исполненного движения, на который нанесена стандартная сетка для графика исполненной работы и необходимые данные: расстояние между станциями в километрах и названия станций. Бланк графика состоит из масштабной сетки, где по горизонтали отложено время, по вертикали – расстояние между осями отдельных пунктов. Сетка жирными вертикальными линиями разделена на 12 полос, соответствующих часам суток работы поездного диспетчера в смену, а каждая часовая полоса – на шесть 10-минутных интервалов.

Перед началом работы обучающийся знакомится с видеоматериалами о порядке ведения графика. Подготавливается бланк для работы, указываются часы работы (с 8 до 20 или с 20 до 8) в зависимости от варианта. Работа с программой осуществляется в наушниках, что позволяет не мешать другим участникам занятия и сосредоточиться на собственных сообщениях. Лабораторная работа заключается в нанесении на график линий хода поездов с указанием всех необходимых сведений на основании докладов дежурных по станциям о движении поездов. Доклады дежурных воспроизводятся с помощью компьютерной программы-симулятора «Ведение графика исполненного движения под аудиосообщения (АудиоГИД)», разработанной коллективом кафедры «Управление эксплуатационной работой» (рис. 1). Программа разработана и написана на языке программирования Delphi [9].

При помощи наушников обучающийся погружается в рабочую информационную среду. Практически создается обучающая виртуальная система, в которой обучающийся погружается в среду виртуальной реальности, что позволяет получить, закрепить и отработать знания и навыки, необходимые в настоящей реальности.

В соответствии с вариантом последовательно воспроизводятся сообщения дежурных по станциям, например:

«Диспетчер. Я – Боровое. Поезд 2735 прибыл в 21 час 45 минут». При необходимости можно повторно прослушать сообщение или вернуться к предыдущему.

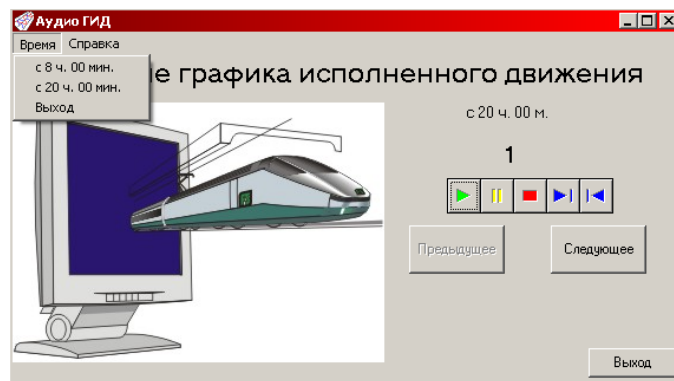


Рис. 1. АудиоГИД

Предварительно все сообщения записаны в хронологическом порядке в формате WAV (Waveform Audio File Format – формат файла-контейнера для хранения записи оцифрованного аудиопотока) [10], что позволяет воспроизводить их в программе. Все сообщения в программе записаны разными голосами преподавателей кафедры «Управление эксплуатационной работой».

По окончании работы обучающимся необходимо проанализировать график исполненной работы и подсчитать показатели эксплуатационной работы участка.

Данная работа проводится в комплексе с другими лабораторными работами и деловыми играми в Учебном центре управления движением им. Б.П. Бещева [11], которые служат подготовкой к проведению большой деловой игры на тренажерах ДСП/ДНЦ «Организация работы района управления» [12], для отработки взаимодействий поездного диспетчера и дежурного по станции (рис. 2).

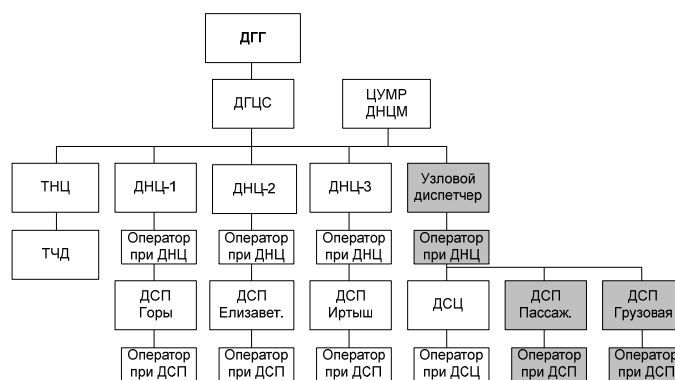


Рис. 2. Схема управления деловой игры

Для проведения данной работы в будущем планируется добавить к имеющемуся модулю воспроизведения модуль распознавания речи для оценки регламента указаний, которые должен отдавать поездной диспетчер.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:

- составление графика движения поездов;
- расчет пропускной и провозной способности линий;

- управление движением на железнодорожном транспорте;
- показатели использования подвижного состава; уметь:
- применять инструменты системы управления качеством при анализе работы производственных подразделений железнодорожного транспорта;
- владеть:
- основными методами, способами и средствами планирования и реализации обеспечения транспортной безопасности.

Совместное использование в лабораторной работе «Единого комплекса проверки знаний» [13] позволяет оценить полученные знания и умения. Данный комплекс состоит из ряда программ, позволяющих вводить тестовые вопросы, формировать из вопросов тестовые задания, проводить тестирование по созданным заданиям, накапливать и показывать результаты тестирования. Используемая архитектура «клиент – сервер» позволяет подключить любое количество пользователей системы с минимальными сетевыми затратами.

Описанные программа-симулятор и комплекс проверки знаний построены на современной программной основе, допускающей дальнейшее развитие, повышение производительности и доступности.

Подводя итог, следует отметить, что в основе инновационных методов обучения лежат активные методы, которые помогают формировать творческий, инновационный подход к пониманию профессиональной деятельности, развивать самостоятельность мышления, умение принимать оптимальные в условиях определенной ситуации решения. Использование инновационных методов в профессионально ориентированном обучении является необходимым условием для подготовки высококвалифицированных специалистов [2]. Использование разнообразных методов и приемов активного обучения пробуждает у студентов интерес к самой учебно-познавательной деятельности, что позволяет создать атмосферу мотивированного, творческого обучения и одновременно решать целый комплекс учебных, воспитательных, развивающих задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рабочая программа дисциплины «Управление эксплуатационной работой» (Б1.Б.29) для специальности 23.05.04 «Эксплуатация железных дорог» / ФГБОУ ВО ПГУПС, 2018.
2. Блохин А.Ю. Обучающая виртуальная система // Молодежный вестник Уфимского государственного
- авиационного технического университета. – 2013. – № 3 (8). – С. 63–65.
3. Котенко А.Г. Подготовка оперативно-диспетчерского персонала железных дорог: особенности организации ролевых игр в учебном центре управления движением // Профессиональное образование, наука и инновации в XXI веке : сб. трудов X Санкт-Петербургского конгресса, Санкт-Петербург, 21–25 ноября 2016 г. ; под общ. ред. Т. С. Титовой. – Т. 1. – СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – С. 303–306.
4. Романова Е.А. Исследование современных форм и методов подготовки водителей в автошколах / Е.А. Романова, В.В. Еронтаев, С.В. Ганзин // Вестник магистратуры. – 2015. – № 5 (44). – Том 1. – С. 83–84.
5. Писарев Л.Т. Программа тренажер-экзаменатор. Ч. 1 // Вестник Академии гражданской защиты. – 2018. – № 3 (15). – С. 18–24.
6. Виртуальные лаборатории. URL: <http://www.sunspire.ru>.
7. Имитационный тренажер Сортировочная станция. – URL: <http://zdaspb.ru/ru/deyatelnost3/produktsiya-obuchayushchie-sistemy/imitatsionnyj-trenazher-sortirovochnaya-stantsiya>.
8. Кудрявцев В.А. Ведение графика исполненного движения под аудиосообщения : метод. указания к лабораторной работе / В.А. Кудрявцев [и др.]. – СПб. : ПГУПС, 2006. – 10 с.
9. Стивенс Р. Delphi. Готовые алгоритмы = Ready-to-run Delphi algorithms [Электронный ресурс] : учебное пособие / Р. Стивенс. – Электрон. дан. – М. : ДМК-Пресс, 2007. – 384 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1234>.
10. Fleischman, E. WAVE and AVI Codec Registries // Internet Engineering Task Force, 1998. – 71 p. doi:10.17487/RFC2361.
11. Котенко А. Г. Разработка виртуального учебного комплекса-тренажера управления работой сортировочной станции / А. Г. Котенко, А. Б. Васильев, А. В. Шкляев [и др.] // Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2016. – № 2 (6). – С. 12–15.
12. Бессолицын А.С. Организация деловых игр с использованием автоматизированных тренажеров / А.С. Бессолицын, Н.Б. Федорова // Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2016. – № 4 (8). – С. 34–39.
13. Бессолицын А.С. Единый комплекс проверки знаний / А.С. Бессолицын, П.В. Раев // Актуальные проблемы управления перевозочным процессом : сборник научных трудов, посвященный 80-летию факультета «Управление процессами перевозок». – СПб. : ПГУПС, 2009. – С. 131–136.

Laboratory Work Based on Visual Modeling of Traffic on the Railway

A.S. Bessolitsyn, PhD., N.B. Fedorova
Emperor Alexander I Petersburg State Transport University
St. Petersburg, Russia
bessolitsyn@pgups.ru

Abstract. At the Department of "Management of operational work" in the "Training center of traffic control B. P. Besheva" organized laboratory classes on discipline "Managing of operational work". The purpose of the discipline is the formation of students knowledge, skills and ideas in the field of theory and practice of organization, management and technology of train, sorting, shunting work at stations, nodes, sections and ligons of the network, on the basis of which they can provide effective and safe operation, design and development of transport and technological complexes of railway transport.

Keywords: training, business game, district management, the management of the railway, organization of work, railway operations, visual modeling .

REFERENCES

1. The working program of the discipline «Management of Operational Work» (B1.B.29) for specialty 23.05.04 «Operation of Railways» [Rabochaya programma distsipliny «Upravlenie ekspluatatsionnoy rabotoy» (B1.B.29) dlya spetsial'nosti 23.05.04 «Ekspluatatsiya zheleznykh dorog»], Saint Petersburg, PSTU, 2018.
2. Blokhin A. Yu. Virtual Learning System [Obuchayushchaya virtual'naya sistema] *Bulletin of Youth of Ufa State Aviation Technical University [Molodezhnyy vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviatsionnogo tekhnicheskogo universiteta]*, 2013, No. 3 (8). – Pp. 63–65.
3. Kotenko A. G. Training of Operational Dispatching Staff of the Railway: the Characteristics of the Organization of Role-playing Games in the Training Center of Traffic Control [Podgotovka operativno-dispatcherskogo personala zheleznykh dorog: osobennosti organizatsii rolevykh igr v uchebnom tsentre upravleniya dvizheniem], *Professional Education, Science and Innovations in the XXI century. Collection of Works of the X St. Petersburg Congress. [Professional'noe obrazovanie, nauka i innovatsii v XXI veke: Sbornik trudov X Sankt-Peterburgskogo kongressa]*, Saint Petersburg, PSTU, 2016, Vol. 1. – Pp. 303–306.
4. Romanov E. A., Erontayev V. V., Ganzin S. V. Research of Modern Forms and Methods of Driver Training Driving Schools [Issledovanie sovremennykh form i metodov podgotovki voditeley v avtoshkolakh], *Bulletin of Graduate Programs [Vestnik magistratury]*, 2015, No. 5 (44), Vol. 1. – Pp. 83–84.
5. Pisarev L.T. Program Trainer-Examiner. Part 1 [Programma trenazher-ekzamenator. Ch. 1], *Bulletin of the Academy of civil protection [Vestnik Akademii grazhdanskoy zashchity]*, 2018. No. 3 (15). – Pp. 18–24.
6. Virtual laboratory [Virtual'nye laboratorii] Available at: <http://www.sunspire.ru>.
7. Simulation Simulator Marshalling Yard [Imitatsionnyy trenazher Sortirovochnaya stantsiya] Available at: <http://zdaspb.ru/ru/deyatelnost3/produktiya-obuchayushchiesistemy/imitatsionnyj-trenazher-sortirovochnaya-stantsiya>.
8. Kudryavtsev V.A. Maintenance schedule of the executed movement under audio. Methodical instructions to laboratory work [Vedenie grafika ispolnennogo dvizheniya pod audiosoobshcheniya. Metodicheskie ukazaniya k laboratornoy rabote], Saint Petersburg, PSTU, 2006. – 10 p.
9. Stephens, R. Ready-to-run Delphi algorithms: [Gotovye algoritmy], Moscow, DMK-Press, 2007. – 384 p. – Available at: <http://e.lanbook.com/book/1234>.
10. Fleischman, E. WAVE and AVI Codec Registries, Internet Engineering Task Force, 1998. – 71 p. doi:10.17487/RFC2361.
11. Kotenko A. G., Vasil'yev A. B., Shklyayev A. V. The Development of the Virtual Training Simulator Complex of Controlling the Marshalling Yard's Work [Razrabotka virtual'nogo uchebnogo kompleksa – trenazhera upravleniya rabotoy sortirovochnoy stantsii], *Intellectual Technologies on Transport [Intellektual'nye tekhnologii na transporte]*, 2016, No. 2 (6). – Pp. 12–15.
12. Bessolitsyn A.S., Fedorova N.B. Business Game Using Automated Equipment [Organizatsiya delovykh igr s ispol'zovaniem avtomatizirovannykh trenazherov], *Intellectual Technologies on Transport [Intellektual'nye tekhnologii na transporte]*, 2016, No. 4 (8). – Pp. 34–39.
13. Bessolitsyn A. S., Raev P. V. Single Complex Test Knowledge [Edinyy kompleks proverki znaniy], *Actual problems of management of transportation process. Collection of Scientific Papers, Dedicated to the 80th Anniversary of the faculty of «Management of Operational Work» [Aktual'nye problemy upravleniya perevozochnym protsessom: Sbornik nauchnykh trudov, posvyashchennyy 80-letiyu fakul'teta «Upravlenie protsessami perevozok»]*, Saint Petersburg, 2009. – Pp. 131–136.