

*Intellectual Technologies  
on Transport  
No 4*



*Интеллектуальные технологии  
на транспорте  
№ 4*

*Санкт-Петербург  
St. Petersburg  
2016*

## Интеллектуальные технологии на транспорте № 4, 2016

Сетевой электронный научный журнал, свободно распространяемый через Интернет.  
Публикует 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 ВПО 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., внс ГВЦ ОАО «РЖД», Москва, РФ  
Дудин А. Н., д.т.н., проф., БГУ, Минск, Белоруссия  
Илларионов А. В., советн.»РФЯЦ-ВНИИЭФ», Саров, РФ  
Корниенко А. А., проф., ПГУПС, С.-Петербург, РФ  
Ковалец П., проф., Тех. университет, Варшава, Польша  
Лыков Р. Ю., нач. ГВЦ ОАО «РЖД», Москва, РФ  
Меркурьев Ю. А., проф., РТУ, Рига, Латвия

Нестеров В. М., проф., ген. дир. ЦР Dell EMC,  
С.-Петербург  
Пустарнаков В. Ф., ген. дир. «Газинформсервис»,  
С.-Петербург, РФ  
Титова Т. С., проф., проректор 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., С.-Петербург, РФ  
Атилла Элчи, проф., университет Аксарай, Турция  
Безродный Б. Ф., проф., МАДИ, 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., ПГУ, Беларусь  
Заборовский В. С., проф., С.-Петербург, РФ  
Зегжда П. Д., проф., С.-Петербург, РФ  
Канаев А. К., д.т.н., доц., 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. 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  
Филиппченко С. А., доц., Москва, РФ  
Фозилов Ш. Х., проф., Ташкент, Узбекистан  
Фу-Ниан Ху, проф, Джангсу, 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, ПГУПС  
email: [itt-pgups@yandex.ru](mailto:itt-pgups@yandex.ru), сайт: <http://itt-pgups.ru/>, редактор сайта Рогольчук В. В.

---

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», 2016.

Разрешается воспроизведение в прессе, а также сообщение в эфир или 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 № 4, 2016

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

Lykov R.Yu., head, CCC of JSC «RZD», Moscow, Russia

Merkuryev Yu.A., Prof., Academician of the Latvian  
Academy of Sciences, Riga, Latvia

Nesterov V.M., Prof., director general  
at Russian Dell EMC development center,  
St. Petersburg

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

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

Fedorov, 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., 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., Ass. Prof., St. Petersburg, Russia

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

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

Geleznyak V.K., Prof., ПГУ, Belarus

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

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

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

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

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

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

Mirzoev T. Ass.Prof., Georgia, USA

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

Nikitin A.B., St. Petersburg, Russia

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

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

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

Utepbergenov I.T., Prof., Imaty, Khazakhstan

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

Fozilov S.Kh., Prof., Tashkent, Uzbekistan

Fu-Nian Hu, Prof., Jiangsu, China

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

Khodakosky 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

---

### Adress

190031, St. Petersburg, Moskovskiy pr., 9, 2–108

email: [itt-pgups@yandex.ru](mailto:itt-pgups@yandex.ru), <http://itt-pgups.ru/>, Site Editor: Rogalchuk V.V.

---

ISSN 2413-2527

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications and Mass Media,  
EL №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», 2016.

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>Парамонов И. Ю., Смагин В. А.</i> Мера информационной мощности тезауруса и её применение. . . . .	5
<i>Марков Е. П., Андрусенко А. С., Шабakov Е. И.</i> Фрактальный метод обнаружения групповых объектов транспортной инфраструктуры на изображениях. . . . .	10
<i>Платонов В. В., Семенов П. О.</i> Обнаружение сетевых атак в компьютерных сетях с помощью методов интеллектуального анализа данных (на англ. яз.) . . . . .	16
<i>Халил М. М., Андрук А. А.</i> Тестирование программного комплекса расчета многоканальных систем массового обслуживания с «охлаждением» и $E_2$ -аппроксимацией (на англ. яз.) . . . . .	22
<i>Якубчик П. П.</i> Балльно-рейтинговая система контроля успеваемости обучающихся по отдельным дисциплинам. . . . .	29
<i>Бессолицын А. С., Федорова Н. Б.</i> Организация деловых игр с использованием автоматизированных тренажеров. . . . .	34
<i>Карпова Т. С., Бестужева А. Н., Малышева С. Ю., Дмитриева Е. Н., Волкова А. Н., Дрёмова Е. В.</i> Разработка программы для экспертного оценивания грантов студентов ПГУПС. . . . .	40
Список авторов статей, опубликованных в № 4 журнала «Интеллектуальные технологии на транспорте» за 2016 год . . . . .	46

## Contents

<i>Paramonov I. J., Smagin V. A.</i> Measure of Information Power of the Thesaurus and Its Application . . . . .	5
<i>Markov E. P., Andrusenko A. S., Shabakov E. I.</i> Fractal Method for Detecting a Group of Objects of Transport Infrastructure on the Images . . . . .	10
<i>Platonov V. V., Semenov P. O.</i> Detecting Network Attacks in Computer Networks by Using Data Mining Methods . . . . .	16
<i>Khalil M. M., Andruk A. A.</i> Testing of Software for Calculating a Multichannel Queuing System with “Cooling” and $E_2$ -approximation . . . . .	22
<i>Yakubchik P. P.</i> Point-Rating Performance Monitoring System of Students in Certain Disciplines. . . . .	29
<i>Bessolitsyn A. S., Fedorova N. B.</i> Business Game Using Automated Equipment. . . . .	34
<i>Karpova T. C., Bestugheva A. N., Malusheva S. YU., Dmitrieva E. N., Volkova A. V., Dremova E. V.</i> Development of Software for the Expert Evaluation of Grants Students PSTU . . . . .	40
The list of authors of articles published in the journal number 4 «Intellectual Technologies on Transport» for 2016 . . . . .	47

# Мера информационной мощности тезауруса и её применение

Парамонов И. Ю., Смагин В. А.  
ВКА им. А. Ф. Можайского  
Санкт-Петербург, Россия  
va\_smagin@mail.ru, ivan\_paramonov@mail.ru

**Аннотация.** Предложен подход к количественной оценке тезауруса информационных систем. В качестве количественной характеристики рекомендуется использовать меру информационной мощности тезауруса, которая определяется через энтропию и её моменты, функцию распределения энтропии. Под тезаурусом понимается совокупность возможных действий технической или эргатической системы для достижения поставленной цели. Структура тезауруса включает несколько уровней. Первому уровню, синтаксическому, последовательно может подчиняться несколько семантических уровней. Члены синтаксических уровней сопоставляются с «существительными», а члены семантических уровней – с «прилагательными». Предложен количественный показатель оценивания тезауруса – случайная величина – его информационная мощность. Она может оцениваться моментами энтропии. На основе моментов может быть построена и функция распределения величины мощности тезауруса. Приведены простейшие примеры прикладного информационного характера.

**Ключевые слова:** тезаурус, информация, мощность тезауруса, мера тезауруса, уровни тезауруса, синтаксис, семантика.

## ВВЕДЕНИЕ

Поступательное прогрессивное развитие техники связано с непрерывным возрастанием её сложности. «XVIII столетие – век часов, XIX столетие – век паровой машины, XX столетие – век управляющих, или следящих, систем». Наш XXI век можно назвать веком информационных систем. Благодаря развитию статистической механики и теории связи появилось понятие энтропии, с которым связано понятие «количество информации» [1]. В рамках статистической теории связи первично понятие энтропии [2, 3].

Прогресс развития техники связан с процессом становления и совершенствования цивилизации. К. Марицас отмечает: «Цивилизация – выживание слабого. Являясь слабым и беззащитным живым существом на планете, человек в то же время обладает самым большим мозгом. Многие животные и растения также биологически уязвимы. 99% живых существ в свое время исчезли. А человек создал цивилизацию и при этом уцелел» [4].

Человек для общения использует знаковую систему, а всё человечество – множество языков. К ним восходит понятие тезауруса, по-гречески – сокровище [4–6]. В [8] под тезаурусом предлагается понимать информацию более нижнего уровня, которая необходима для рецепции и/или генерации информации на более высоком уровне. Наиболее краткое определение: «Тезаурус – словарь, стремящийся охватить лексику данного языка» [9]. Тезаурус имеет синонимы: свод, собрание, словарь, уложение. Вопрос. Можно ли назвать систему команд вычислительной машины её тезаурусом?

В рамках информатики и искусственного интеллекта – почему бы нет. Поэтому введём расширенное определение. Информационный тезаурус – словарь совокупности действий и связей между ними (семантики) информационно-управляющей технической или эргатической системы. Примеры подобного расширения трактовки данного термина имеются в технической литературе. Это обусловлено необходимостью выполнять научные исследования при наличии множества неопределённостей.

Цель предлагаемой статьи – доказать целесообразность использования понятия тезауруса в научно-технических исследованиях. Для этого вводится критерий и показатель мощности информационного тезауруса. Приводятся примеры расчётов.

## ПРОСТОЙ ТЕЗАУРУС И ЕГО МЕРА

Введём понятие мощности тезауруса. Критерий мощности тезауруса определяется его информационным потенциалом. Показателем может служить полная энтропия множества элементов. Пусть множество элементов тезауруса состоит из  $n$  элементов. Каждый элемент отождествляется только с одним существительным и не имеет ни одного прилагательного, как это рассматривается в [10]. Пусть вероятность выбора любого элемента из совокупности одинакова и равна  $p = \frac{1}{n}$ . В этом случае средняя величина энтропии на один элемент и для всех элементов будет равна

$$H\left(\frac{1}{n}\right) = -\frac{1}{n} \ln\left(\frac{1}{n}\right) - \left(1 - \frac{1}{n}\right) \ln\left(1 - \frac{1}{n}\right); \quad (1)$$

$$M(n) = nH\left(\frac{1}{n}\right).$$

Величина энтропии будет зависеть не только от количества элементов, но и от основания логарифма. Для определённости будем использовать натуральный алгоритм, единицей измерения при этом будет нит.

Для аппроксимации величины мощности каким-либо распределением вероятности определим также второй начальный момент, среднее квадратическое отклонение энтропии и величину коэффициента вариации тезауруса:

$$A\left(\frac{1}{n}\right) = -\frac{1}{n} \left(\ln\left(\frac{1}{n}\right)\right)^2 - \left(1 - \frac{1}{n}\right) \left(\ln\left(1 - \frac{1}{n}\right)\right)^2;$$

$$\sigma(n) = \sqrt{n \left[ A\left(\frac{1}{n}\right) - \left( H\left(\frac{1}{n}\right) \right)^2 \right]}; \quad (2)$$

$$\eta(n) = \sigma(n) / M(n). \quad (3)$$

На рис. 1 приведены графики функций (1)–(3). По виду кривых следует, что параметры распределения случайной величины мощности увеличиваются с ростом количества элементов тезауруса  $n$ . Предельная величина коэффициента вариации монотонно стремится к  $\eta(\infty) = 1$ . Для аппроксимации распределения случайной величины мощности тезауруса проще всего воспользоваться при  $\eta < 1$  нормальным, а при  $\eta \approx 1$  – экспоненциальными законами распределения. Рассмотрим пример.

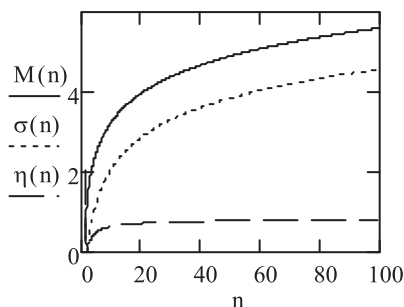


Рис. 1. Графики функций  $M(n), \sigma(n), \eta(n)$

Пример 1. Пусть имеются два тезауруса, один с  $n = 10$ , второй – с  $n = 50$ . В соответствии с рис. 1 параметры распределений будут равны:  $a = M(10) = 3,251$ ;  $\sigma = \sigma(10) = 2,084$ ;  $b = M(50) = 4,902$ ;  $\sigma = \sigma(50) = 3,853$ . Оба коэффициента вариации меньше единицы. Требуется объединить оба тезауруса в один для двух значений с коэффициентом корреляции  $r = 1$  и  $r = 0,3$ . Для выполнения операции суммирования воспользуемся формулой для двумерного распределения [11]:

$$p(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y\sqrt{1-r^2}} \exp\left\{-\frac{1}{2\sqrt{1-r^2}}\left(\frac{(x-a)^2}{\sigma_x^2} - 2r\frac{(x-a)(y-b)}{\sigma_x\sigma_y} + \frac{(y-b)^2}{\sigma_y^2}\right)\right\},$$

которая для суммирования приводится к формуле

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2 + 2r\sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2}} e^{-\frac{(x-a-b)^2}{2(\sigma_x^2 + 2r\sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2)}}.$$

В нашем случае для двух разных значений параметров и коэффициента корреляции представим их как  $p1(x)$  и  $p2(x)$ . На рис. 2, 3 представлены графики функций плотности вероятностей и функций распределения суммарной мощности тезаурусов при указанных значениях параметров.

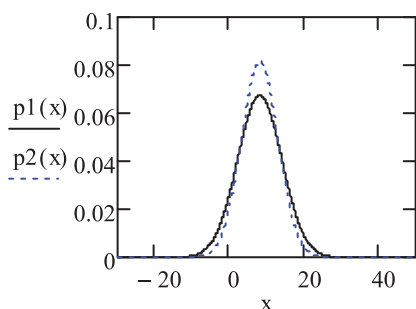


Рис. 2. Функции плотности

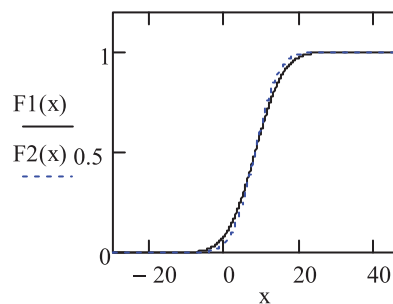


Рис. 3. Функции распределения

Рассмотренный в данном разделе тезаурус назовём простым синтаксическим тезаурусом. Следует отметить, что такой тезаурус может быть расширен по горизонтали. Это можно объяснить тем, что его основные члены могут быть дополнены производными членами. Но и такой тезаурус остаётся также синтаксическим, хотя и становится более сложным, потому что дополнительные члены тезауруса по-прежнему являются, по Карнапу [12], не «прилагательными», а только «существительными».

### СЛОЖНЫЙ ТЕЗАУРУС И ЕГО МЕРА

Уточним определение тезауруса для сложной системы. Информационный тезаурус – словарь возможных действий и связанных с ними семантических свойств этих действий для определения и выбора поведения управляющей технической или эргатической системы. Структура тезауруса иерархическая. Она включает в себя один синтаксический уровень и несколько семантических уровней, подчиняющихся синтаксическому. На рис. 4 условно изображена иерархическая структура сложного тезауруса.

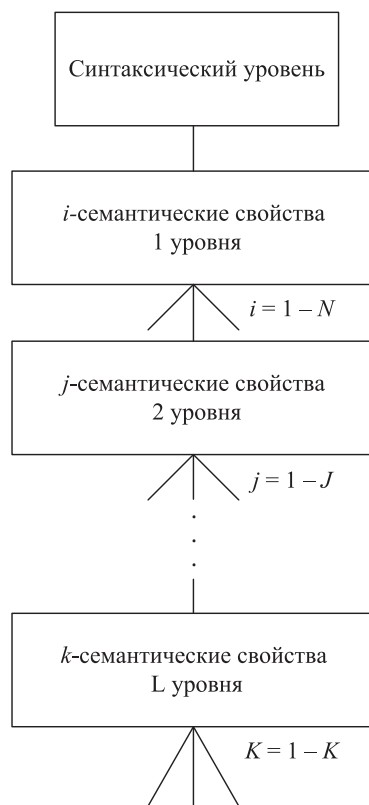


Рис. 4. Иерархическая структура сложного тезауруса

Согласно [12], синтаксический уровень отражает «существительные» члены, а все семантические уровни – «прилагательные» свойства определённого уровня иерархии тезауруса.

Формально условная траектория движения по пути на графе может быть представлена таким последовательным выбором шагов:

$$P(H), P(H_i / H), P(H_j / H_i / H), \dots P(H_k / \dots / H_i / H),$$

где  $P(H)$  – вероятность выбора определённого «подлежащего» члена тезауруса,  $P(H_i / H)$  – условная вероятность выбора «прилагательного»  $i$ -го уровня тезауруса при условии, что «подлежащий» член синтаксического уровня был выбран. Затем последовательно определяют условные вероятности выбора для «прилагательных» семантических свойств  $H_j, \dots, H_k$ .

Определённая траектория случайного процесса следования означает выбор определяющего поведения управляющей системы. Показатель этого выбора – вероятность или некоторая другая мера неопределённости выбора.

Пример 2. Синтаксический уровень тезауруса содержит четыре элемента, выбор каждого из них равновероятен с вероятностью 0,25. Каждому элементу этого уровня подчиняются пять элементов первого семантического уровня, выбор каждого из них также равновероятен с вероятностью 0,20. Тогда вероятность выбора любой одной полной траектории составляет  $P(H)P(H_i / H) = 0,05$ . Величина средней полной энтропийной мощности данного двухуровневого тезауруса составляет  $H2 = 4(H_0 + 5H_1) = 12,248$  нит. Здесь  $H_0, H_1$  – величина энтропий одного элемента синтаксического и одного – семантического уровней.

Если тезаурус имеет два семантических уровня, причём второй уровень содержит пять равновероятных для выбора элементов, тогда величина средней полной энтропийной мощности тезауруса составляет  $H3 = 4(H_0 + 5(H_1 + 5H_2)) = 62,248$  нит. Можно записать формулу для определения средней полной энтропийной мощности четырёхуровневого тезауруса с произвольными значениями величин ветвления на его уровнях:

$$H4(n, m, k) = n(H_0 + m(H_1 + k(H_2 + jH_3))) \text{ нит.} \quad (4)$$

Формула (4) легко обобщается для произвольного числа уровней тезауруса. При этом с увеличением числа уровней и ветвлений в них энтропийная мощность тезауруса возрастает лавинообразно.

Для нахождения нормальной функции распределения величины мощности тезауруса следует найти и среднее квадратическое отклонение величины мощности. Полагая, что

суммарная дисперсия тезауруса подчиняется принципу аддитивности слагаемых дисперсий, найдём выражение для дисперсии, соответствующей выражению (4):

$$D4(n, m, k) = n(D_0 + m(D_1 + k(D_2 + jD_3))) \text{ нит,}$$

где  $D$  – дисперсия, а ее индекс отражает уровень тезауруса.

Пример 3. Для двухуровневого тезауруса средняя величина мощности равна  $H2 = 4(H_0 + 5H_1) = 12,248$  нит, дисперсия мощности –  $D2 = 4(D_0 + 5D_1) = 13,004$  нит<sup>2</sup>, среднее квадратическое отклонение 3,606 нит, коэффициент вариации 0,294. Плотность вероятности величины мощности тезауруса принимает вид

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 3,606} e^{-\frac{(x-12,248)^2}{2(3,606)^2}}$$

Пример 4. Имеются две противоборствующие стороны: К и С. По результатам разведки К и опроса четырёх экспертов составлена таблица, отражающая вероятность выбора одного из четырёх средств противодействия.

В таблице указаны вероятности выбора средств (левые столбцы) и соответствующие им значения энтропии (правые столбцы). По минимуму энтропии выбирают эксперта и средство противодействия. Наименьшей энтропией обладает первый эксперт и средство № 4.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Под тезаурусом в статье понимается совокупность возможных действий технической или эргатической системы для достижения определённой поставленной цели. Структура тезауруса включает несколько уровней. Первому уровню, названному синтаксическим, последовательно может подчиняться несколько семантических уровней. Согласно [12], члены синтаксического уровня сопоставляются с «существительными», а члены семантических уровней – с «прилагательными».

Простым критерием тезауруса может быть количество его членов. Однако в прикладных информационных исследованиях он малоприменим. Предлагается другой количественный показатель оценивания тезауруса – случайная величина – информационная мощность тезауруса. Она может оцениваться моментами энтропии. На основе моментов может быть построена и функция распределения величины мощности тезауруса. В прикладных информационных научных исследованиях могут использоваться методы теории вероятностей. Приведены простейшие примеры прикладного информационного характера.

Таблица

Вероятности выбора средств противодействия

Средства противодействия	Эксперты							
	1		2		3		4	
	$p$	$H$	$p$	$H$	$p$	$H$	$p$	$H$
№ 1	0,10	0,325	0,25	0,562	0,18	0,471	0,15	0,423
№ 2	0,20	0,500	0,15	0,423	0,32	0,627	0,25	0,562
№ 3	0,60	0,673	0,55	0,688	0,47	0,691	0,45	0,688
№ 4	0,10	0,325	0,05	0,199	0,03	0,135	0,15	0,423



ЛИТЕРАТУРА

1. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине / Н. Винер; пер. с англ. – М.: Сов. радио, 1958. – 216 с.
2. Тарасенко Ф. П. Введение в курс теории информации / Ф. П. Тарасенко. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1963. – 240 с.
3. Темников Ф. Е. Теоретические основы информационной техники / Ф. Е. Темников, В. А. Афонин, В. И. Дмитриев. – М.: Энергия, 1971. – 424 с.
4. Maritsas C. D. Civilization and natural selection / C. D. Maritsas. – Arsenidis: Athens, 2003. – 332 с.
5. Пустовойтов В. П. Тезаурус / Пустовойтов В. П., Пустовойтов В. В. URL: [ikt.vomovsks.ru/sites/default/files/1Тезаурус\\_0.docx](http://ikt.vomovsks.ru/sites/default/files/1Тезаурус_0.docx) (дата обращения 10.11.2015).
6. Луков В. А. Тезаурусный подход: исходные положения / В. А. Луков, Вл. А. Луков // Информ. гум. портал «Знание. Понимание. Умение». – 2008. – № 9 – Комплексные исследования: тезаурусный анализ мировой культуры. URL: [http://www.zpu-journal.ru/e-zpu/2008/9/Lukovs\\_Thesaurus\\_Approach](http://www.zpu-journal.ru/e-zpu/2008/9/Lukovs_Thesaurus_Approach) (дата обращения 9.12.2015).
7. Шрейдер Ю. А. Об одной модели семантической теории информации / Ю. А. Шрейдер // Проблемы кибернетики / под ред. А. А. Ляпунова. – М.: Наука, 1965. – Вып. 3. – С. 233–240.
8. Чернавский Д. С. Синергетика и информация / Д. С. Чернавский. – М.: Знание, 1990. – 48 с.
9. Советский энциклопедический словарь. – М.: Сов. Энциклопедия, 1982. – 1600 с.
10. Moles A. Theorie de l'information et perception esthetique / A. Moles. – Paris: Flammarion, e`diteur, 1958. – 352 p.
11. Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей / Б. В. Гнеденко. – М.: ГИФМЛ, 1951. – 408 с.
12. Carnap R. An Outline of a Theory of Semantic Information / R. Carnap, Y. Bar-Hillel // MIT Res. Lab. Electron., Tech. Rept. – 1952. – № 247. – P. 147–157.

# Measure of Information Power of the Thesaurus and Its Application

Paramonov I. J., Smagin V. A.  
A. F. Mozhaysky Military Space Academy,  
St. Petersburg, Russia  
va\_smagin@mail.ru, ivan\_paramonov@mail.ru

**Abstract.** An approach to the quantitative assessment of the thesaurus of information systems is proposed. As a quantitative measure of the characteristics recommended to use informational power thesaurus, which determined by entropy and its moments, entropy distribution function. By thesaurus understood as a set of possible actions or ergatic technical system to achieve a certain goal. Thesaurus structure includes several levels. The first level, called syntax, the sequence may submit multiple semantic levels. Members of the syntactic levels compared with the “nouns”, and members of the semantic level – with “adjectives”. A quantitative measure of estimating a thesaurus is a random variable – its information capacity. It can be evaluated moments entropy. On basis of moments can be constructed and the power function of the distribution of the thesaurus. Simple examples of applied informational character presented.

**Keywords:** information, thesaurus power, thesaurus measure, thesaurus levels, syntax, semantics.

## REFERENCES

1. Wiener N. *Kibernetika ili upravlenie i svjaz' v zhivotnom i mashine* [Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine], Moscow, Sovetskoe radio, 1958, 216 p.
2. Tarasenko F. P. *Vvedenie v kurs teorii informacii* [Introduction to Information Theory], Tomsk, Izdatelstvo Tomskogo universiteta, 1963, 240 p.
3. Temnikov F. E., Afonin V. A., Dmitriev V. I. *Teoreticheskie osnovy informacionnoj tehniki* [Theoretical Foundations of Information Technology], Moscow, Jenergija, 1971, 424 p.
4. Maritsas C. D. Civilization and natural selection, Arsenidis, Athens, 2003, 332 p.
5. Pustovojtov V. P., Pustovojtov V. V. *Tezaurus* [Tezaurus]. Available at: [ikt.vomovsks.ru/sites/default/files/1Tezaurus\\_0.docx](http://ikt.vomovsks.ru/sites/default/files/1Tezaurus_0.docx) (accessed 10.11.2015).
6. Lukov V. A., Lukov V. I. A. Thesaurus Approach Assumptions [Tezaurusnyj podhod: ishodnye polozhenija], *Znanie. Poni-manie. Umenie [By knowing-set. Understanding. Skill]*, 2008, no. 9. Available at: [http://www.zpu-journal.ru/e-zpu/2008/9/Lukov\\_Thesaurus\\_Approach](http://www.zpu-journal.ru/e-zpu/2008/9/Lukov_Thesaurus_Approach) (accessed 9.12.2015).
7. Shrejder Ju. A. On a Model of Semantic Information Theory [Ob odnoj modeli semanticheskoy teorii informacii], *Problemy kibernetiki* [Cybernetics problems] /ed. A. A. Ljapunova, Moscow, Nauka, 1965, Is. 3, pp. 233–240.
8. Chernavskij D. S. *Sinergetika i informacija* [Synergetics and Information], Moscow, Znanie, 1990, 48 p.
9. *Sovetskijj enciklopedicheskij slovar'* [Soviet Encyclopedic Dictionary], Moscow, Sovetskaya entsiklopedija, 1982, 1600 p.
10. Moles A. *The'orie de l'information et perception esthe'tique*, Paris, Flammarion, e'diteur, 1958, 352 p.
11. Gnedenko B. V. *Kurs teorii verojatnostej* [The Course in Probability Theory], Moscow, GIFML, 1951, 408 p.
12. Carnap R., Bar-Hillel Y. An Outline of a Theory of Semantic Information, MIT Res. Lab. Electron, Tech. Rept., 1952, no. 247; Brit. J. PhilSci. 1953, 4, pp. 147–157.

# Фрактальный метод обнаружения групповых объектов транспортной инфраструктуры на изображениях

Марков Е. П.  
ООО «Аметист»  
Санкт-Петербург, Россия  
e\_markov@mail.ru

Андрусенко А. С., Шабakov Е. И.  
ФГКВОУ ВО «Военно-космическая академия  
им. А. Ф. Можайского», МО РФ  
Санкт-Петербург, Россия  
artyom.andrusenko@gmail.com

**Аннотация.** Задача распознавания объектов на цифровых изображениях становится все более актуальной в связи с развитием интеллектуальных роботизированных систем. Первоначальным этапом любых методик распознавания является предварительная селекция объектов. Предлагается метод селекции объектов, обладающий высокой точностью и низкой вычислительной сложностью.

**Ключевые слова:** летательный аппарат, антропогенный объект, распознавание, фрактальный метод.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в рамках повышения безопасности движения железнодорожного транспорта планируется применять беспилотные летательные аппараты, с помощью которых можно в режиме реального времени получать изображения транспортной инфраструктуры. Особый интерес при этом представляет автоматическое определение расположения и оценка состояния подвижного состава железнодорожного транспорта. Решение поставленной задачи включает в себя несколько этапов.

Первый этап состоит в обнаружении объектов искусственного происхождения, в частности подвижного состава железнодорожного транспорта. Под обнаружением объектов понимается принятие решения о наличии или отсутствии объектов в анализируемом изображении [1]. Так как в поле зрения съемной камеры беспилотного летательного аппарата, как правило, попадает не один элемент подвижного состава (вагон), а несколько, то речь должна идти об автоматизации обнаружения групповых антропогенных объектов транспортной инфраструктуры. Также выделяются обнаруженные объекты: обозначаются, подсвечиваются, маркируются участки снимка, на котором алгоритм «подозревает» наличие искусственных объектов.

На втором этапе распознавания проводится селекция объекта: точно определяется местоположение, линейные размеры, ориентация и геометрический центр объекта в системе координат снимка.

Третий этап включает распознавание, т. е. поиск и анализ признаков объектов для решения конкретной задачи. В частности, в некоторых случаях при помощи простейших методов можно распознать объект до класса, анализируя линейные размеры его изображения.

Методы распознавания объектов на изображениях, полученных с помощью оптико-электронных систем, развиваются с 1970-х годов – с того времени, когда появились первые

цифровые изображения, пригодные для анализа с помощью компьютеров [2, 3]. Последние 10 лет задачи распознавания находят все новые прикладные области применения. Широко известны и применяются автоматические системы распознавания автомобильных номеров [4], идентификация человека по изображению лица [5], автоматический анализ сцен в целях безопасности, системы технического зрения в робототехнике [6] и т. д.

Цель настоящей статьи – разработать и исследовать алгоритм автоматического обнаружения групповых антропогенных объектов транспортной инфраструктуры по аэрокосмическим снимкам на основе фрактальных преобразований.

Любое изображение земной поверхности содержит два класса объектов: естественные (природные) и искусственные (антропогенные). Для моделирования природных объектов используется фрактальная геометрия, которая была введена Б. Мандельбротом в классических работах в 1977–1982 гг. [7, 8].

Согласно пояснениям Мандельброта, термин «фрактал» происходит от латинского fractus – изломанный, дроблённый [9]. Фракталом называется математическое множество, обладающее свойством самоподобия (объект, в точности или приближенно совпадающий с частью себя самого, т. е. имеет ту же форму, что и одна или более частей), для которого существует метрика Хаусдорфа Безиковича и она строго больше евклидовой метрики. Если взять евклидову плоскость, то она будет «гладкой» в любом направлении, а движущаяся точка может менять координаты  $X$  и  $Y$ , но никогда не приподнимется над плоскостью и не опустится ниже (координата  $Z$  постоянна). В этом случае метрика Хаусдорфа строго равна евклидовой. Если же поверхность фрактальна, то плоскость становится изломанной, и движущаяся точка, во-первых, пройдет больший путь, во-вторых, будет немного менять свою координату  $Z$  с точки зрения наблюдателя, находящегося вне такой плоскости. При этом движущаяся точка остается на плоскости. Для такой фрактальной плоскости метрика Хаусдорфа строго больше евклидовой. Чем больше метрика Хаусдорфа, тем более изломана поверхность.

Фундаментальными характеристиками фракталов, позволяющими моделировать природные объекты, являются:

1) зависимость их метрических свойств (длина, ширина, площадь) от масштаба измерения, которая выражается параметром, называемым фрактальной размерностью  $D$  (коэффициентом, описывающим фрактальные структуры или множества на основе количественной оценки их сложности);

2) самоподобие – способность увеличенного фрагмента объекта выглядеть идентично исходному объекту.

В математике существует целый класс множеств, которые называются фрактальными. Они обладают самоподобием в строгом смысле. В качестве примера можно привести фракталы Мандельброта, Жулиа.

В основе практических приложений фрактальной геометрии лежит вычисление фрактальной размерности  $D$  исследуемых объектов. Получение численного значения  $D$  позволяет сделать вывод о принадлежности объекта к классу природных или, наоборот, смоделировать объект с заранее заданной степенью «природности» по заданному значению  $D_0$ .

Для реальных объектов и их изображений строгое математическое вычисление фрактальной размерности неприменимо. Вместо этого используются различные оценочные методы. Применительно к фрактальному анализу изображений, полученных с беспилотных летательных аппаратов, подходят методы, вычисляющие  $D$  поверхности, формируемой значениями яркости цифрового оптико-электронного изображения. Для этого используют скользящие окна разных размеров, зависящих от целевого назначения, и применяют фрактальные методы (призм, подсчета кубов, броуновской модели и другие) [10].

Метод призм разработал Кларк в 1986 г. для вычисления  $D$  топографических поверхностей. По цифровому изображению перемещается скользящее окно «window size». Определяются значения яркости для угловых и центральных пикселей. Затем вычисляются площади четырех пространственных треугольников, сформированных соответствующими отсчетами яркости. Каждый такой треугольник является верхней поверхностью призмы, построенной от основания (яркость 0) до соответствующих значений яркости (рис. 1).

Очевидно, что суммарная площадь всех четырех пространственных треугольников, формирующих фрактальную поверхность, будет больше либо равна евклидовой площади скользящего окна. Фрактальная размерность вычисляется как отношение логарифмов площадей фрактальной и евклидовой поверхностей в окне:

$$D = \frac{\log(S_{\text{фр}})}{\log(S)} \quad (1)$$

Для корректного вычисления  $D$  методом призм требуется правильный выбор размера окна. При слишком малом размере окна результат будет выглядеть слишком гладким,

маленькое окно будет скользить по «склонам» волн яркости, выдавая минимальные значения  $D$ . При слишком большом размере окна пропускаются перепады яркости и результат, вообще говоря, становится случайным. Правильный размер окна должен соответствовать размеру элемента самоподобия изображения. Это, например, размер транспортного средства, расстояние между волнами на морской поверхности, средний размер склона горного массива, средний размер «завитка» облака и т. д.

Точное суммирование поверхностей всех элементарных призм в окне дает более точные результаты и позволяет уменьшить влияние размера окна на релевантность метода [10].

Основой для клеточного метода (box-counting) является приближенная формула для вычисления фрактальной размерности [11]:

$$\log N(\epsilon) = \log c - D \log \epsilon, \quad (2)$$

где  $\epsilon$  – размер скользящего окна;  $N(\epsilon)$  – количество окон, перекрывающих изображение;  $c$  – константа.

Геометрически фрактальная размерность  $D$  представляет собой угол наклона графика зависимости  $\log N(\epsilon)$  от  $\log \epsilon$ .

Для вычисления  $D$  необходимо произвести несколько измерений с разными размерами окна  $\epsilon$ . При использовании двух размеров окон получаем систему линейных уравнений, из которой можно получить значение  $D$ :

$$\begin{cases} \log N(\epsilon_1) = \log c - D \log \epsilon_1; \\ \log N(\epsilon_2) = \log c - D \log \epsilon_2. \end{cases} \quad (3)$$

При большем выборе размеров окон точность вычисления повышается. При этом целесообразно применить метод наименьших квадратов.

Для выделения областей изображения, в которых могут находиться цели, применяются методы фрактальной обработки. Результатом их работы является бинарное изображение с выделенными участками, на которых расположены антропогенные объекты (рис. 2).

Фрактальные методы рассчитывают для каждой точки изображения значение фрактальной размерности – базового параметра фрактальной геометрии. Установив пороговое значение фрактальной размерности, можно определить, относится ли данная точка изображения к природному или к антропогенному объекту. Исследования, проведенные

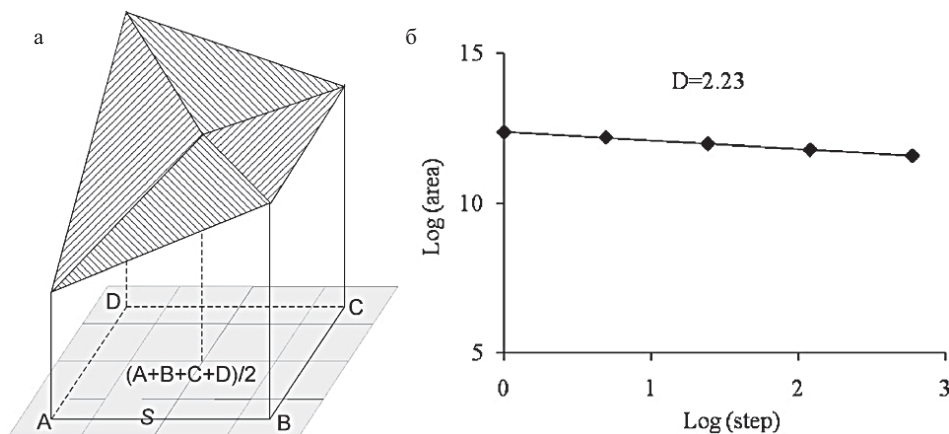


Рис. 1. Треугольная призма (а) и регрессирующий участок  $D$  (б)

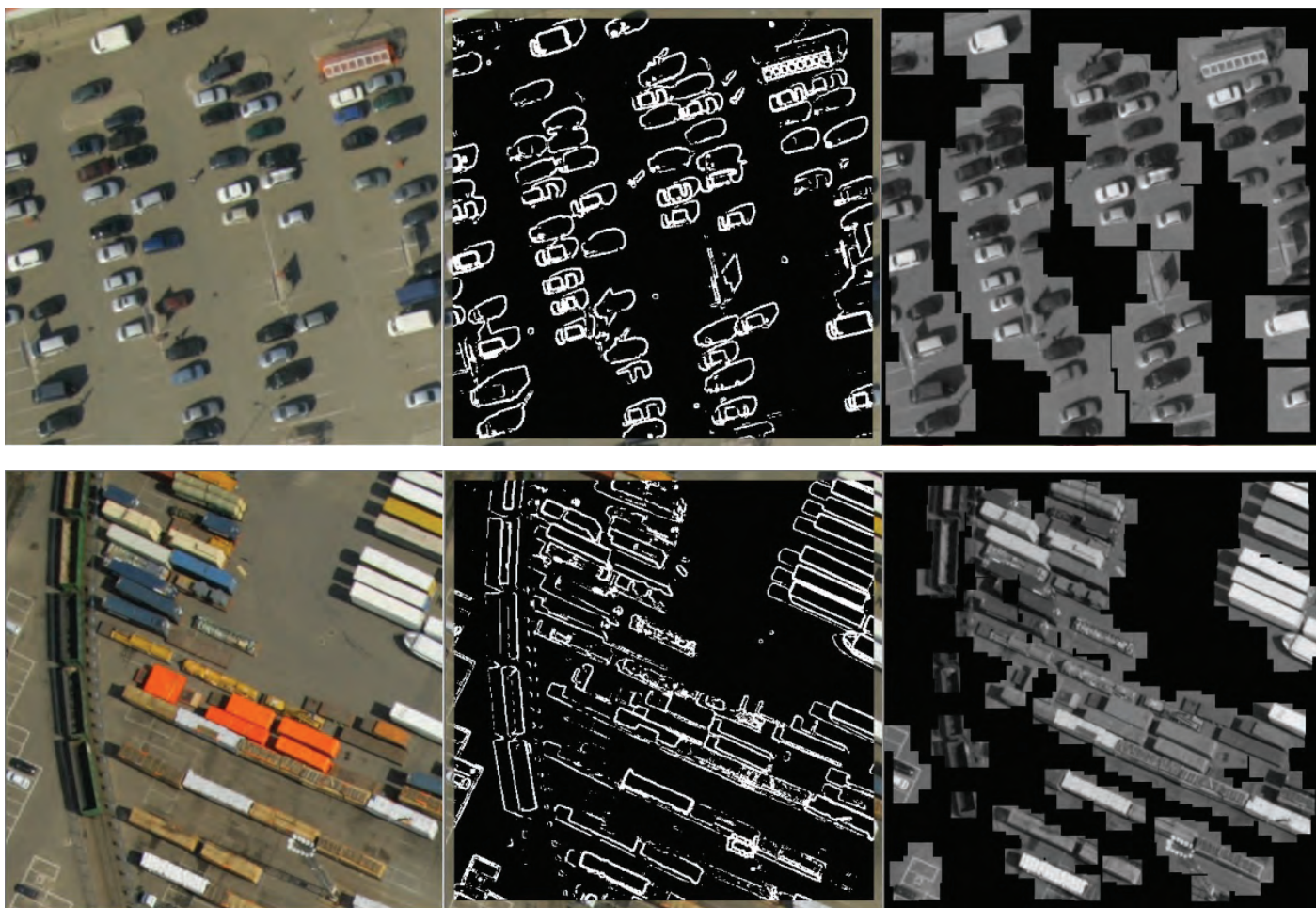


Рис. 2. Выделение типов объектов методом фрактальной селекции

в [12], определяют порог фрактальной размерности для снимков, полученных с беспилотных летательных аппаратов и космических оптико-электронных снимков, в диапазоне 2,5–2,7.

Результат фрактальной бинаризации цифрового изображения, полученного с низковысотного малого беспилотного летательного аппарата, представлен на рис. 2.

Для фрактала метрические свойства (длина, ширина, площадь) пропорциональны масштабу. При этом, например, для длины  $L$  будет выполняться равенство [13]

$$L(\delta) = k\delta^{(1-D)}, \quad (4)$$

где  $\delta$  – масштаб;  $D$  – фрактальная размерность;  $k$  – коэффициент пропорциональности.

Это означает, что при последовательном увеличении изображения линейные размеры фрактала также увеличиваются за счет появления новых, ранее не видимых, мелких деталей. Классический пример – береговая линия, которая при приближении открывает все новые изгибы, приводящие к увеличению ее известной общей протяженности [14].

Фрактальная размерность  $D$  характеризует степень фрактальности связей элементов множества и определяется [13]

$$D = E + 1 - H, \quad (5)$$

где  $E$  – число независимых измерений;  $H$  – параметр самоподобия ( $0 < H < 1$ ).

Фрактальная размерность есть вещественное число и применительно к «прямой» лежит в диапазоне  $1 < D < 2$ , к «плоскости» – в диапазоне  $2 < D < 3$ .

Объект обладает самоподобием, если любой его произвольный фрагмент, будучи увеличен до размеров исходного объекта, становится подобен (в строгом смысле – идентичен) этому объекту [13]. Например, если взять ветку цветной капусты и последовательно отделять от нее все более мелкие побеги, то при одинаковом увеличении  $i$ -го элемента в поле кадра все итерации будут малоразличимы между собой (подобны).

Вслед за вычислением фрактальной размерности  $D$  для решения задачи фрактальной селекции целей необходимо на фрактальном бинарном изображении обнаружить все области, где предполагается наличие цели. Как видно из рис. 2, области расположения природных объектов на фрактальном бинарном изображении обладают нулевой яркостью, а области расположения антропогенных объектов – максимальной яркостью.

Фрактальное бинарное изображение объекта представляет собой скопление точек с максимальной яркостью, размер и форма которого соответствует эталонному изображению объекта в заданном масштабе снимка. При этом общее количество ярких точек бинарного изображения объекта  $C_i$  стабильно и может быть получено экспериментальным путем из эталонного изображения объекта.

Для обнаружения всех участков снимка, на которых может заходиться изображение объекта, необходимо сканировать снимок при помощи скользящего окна, размер которого соответствует размеру объекта. На каждом шаге сканирования требуется подсчитывать яркие пиксели фрактального бинарного изображения в окне и при совпадении вычисленного  $C_i$  с эталонным отмечать данное положение окна как область возможного расположения объекта для последующего анализа.

Подвижной состав железнодорожного транспорта обладает известными размерами, которые позволяют определить длину стороны скользящего окна при поиске объекта на цифровом изображении. Как правило, фотограмметрические параметры изображения известны, поэтому приведение линейных размеров объекта к предполагаемому изображению объекта на снимке не вызывает трудностей [9].

Так как предлагаемый метод сегментации объектов работает с бинарными изображениями, его вычислительная сложность незначительна.

Анализ процесса перемещения скользящего окна, размер которого соответствует размеру объекта, по фрактальному бинарному изображению показывает, что по мере наползания скользящего окна на изображение объекта вычисленное  $C_i$  будет увеличиваться и достигнет максимума, когда объект полностью попадет в окно (см. график 4 на рис. 3). При дальнейшем движении окна  $C_i$  оно начнет уменьшаться.

Для дальнейших расчетов целесообразно ввести понятие фрактальной плотности  $DN_{fr}$  в апертуре  $[L_i \times L_i]$ :

$$DN_{fr} = \left( \sum_{i,j=0}^{L_i L_i} B(i, j) \right) / C_i, \quad (6)$$

где  $B(i, j) \in [0, 1]$  – яркость фрактального бинарного изображения в точке  $[i, j]$ ;  $L_i$  – наибольший размер объекта в пикселах;  $C_i$  – число пикселей в эталонном фрактальном бинарном изображении объектов.

При значении фрактальной плотности для заданной цели  $DN_{fr} \geq 1$  в точке бинарного изображения  $i, j$  фиксируется центр области изображения  $[L_i \times L_i]$ , в котором может находиться объект.

Максимальный критерий поиска объекта:

$$C_{max} = DN_{fr} \geq 1. \quad (7)$$

Критерий  $G_{max}$  учитывает наличие в окне фрактального бинарного шума и фрагментов других антропогенных объектов. Отметим, что критерий  $G_{max}$  является слишком строгим для практического применения. В самом деле, существует

множество факторов, которые могут привести к уменьшению числа пикселей реального фрактального бинарного изображения объекта относительно эталонного. Это может привести к пропуску объекта. Поэтому возможно применение более мягких критериев, например:

$$G_{0,9} = DN_{fr} \geq 0,9. \quad (8)$$

Выбор критерия поиска объекта требует дальнейшего экспериментального изучения.

Очевидно, что при любом критерии обнаружения объекта всегда возможна ситуация, когда на изображении будет присутствовать антропогенный объект,  $C_i$  которого больше, чем  $C_j$  объекта транспортной инфраструктуры, что приведет к ошибке типа «ложное обнаружение».

Так как на первом этапе определяются только области возможного нахождения групповых объектов транспортной инфраструктуры, когда стоит задача минимизировать вероятность пропуска объекта, увеличение вероятности ложного обнаружения допустить можно.

В общем случае объект на снимке имеет произвольную ориентацию. Скользящее окно, размер которого точно соответствует размеру объекта, будет давать ошибки типа «пропуск объекта» из-за того, что произвольно ориентированный объект никогда не попадет полностью в окно. Это проблема решается за счет увеличения размера скользящего окна до максимальной длины объекта  $L_i$ . В пределах окна  $[L_i \times L_i]$  объект может располагаться произвольным образом – всегда найдется несколько положений окна, в которых объект полностью попадает в него.

Такое решение существенно уменьшает вычислительную сложность метода, так как отпадает необходимость в сложной процедуре подбора ориентации объекта с использованием аффинных преобразований [9] на каждом шаге скользящего окна. В результате алгоритм становится однопроходным.

Эксперимент с аэроснимками, на которых находятся групповые объекты (см. рис. 2), показал применимость фрактального метода для автоматической селекции групповых антропогенных объектов транспортной инфраструктуры и оценки выявления масштаба, порогового значения.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан и исследован алгоритм автоматической селекции групповых антропогенных объектов транспортной инфраструктуры.

Алгоритм основан на фрактальных преобразованиях, в основу которых положен метод призм. Предложенный ал-

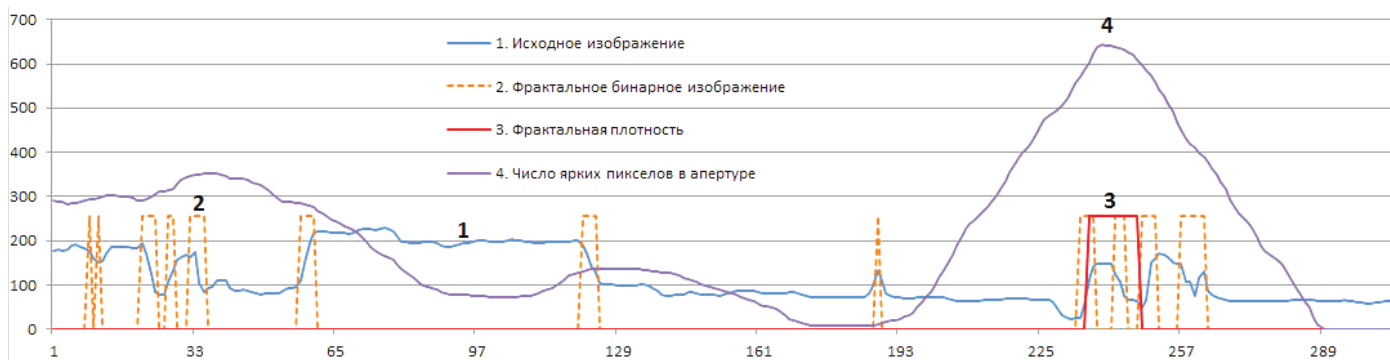


Рис. 3. Графики фрактальной селекции

горитм чувствителен к масштабу исходного изображения и пороговому значению. Для его реализации необходимо знать линейные размеры выделяемых объектов, что выполняется для объектов транспортной инфраструктуры.

Исследования показали, что размер скользящего окна надо выбирать компромиссно, применительно к конкретным условиям съемки и конкретным параметрам съемочной аппаратуры беспилотного летательного аппарата, с учетом вероятности пропуска объекта и вероятности ложного обнаружения.

Метод фрактальной селекции применим к любым типам цифровых изображений и демонстрирует надежные результаты в обнаружении групповых антропогенных объектов транспортной инфраструктуры. Доля ошибок типа «пропуск объекта» составляет не более 8,5% в зависимости от ландшафта и условий наблюдения.

Метод обладает низкой вычислительной сложностью, что позволяет реализовать автоматический поиск объектов в режиме поступления данных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Марков Е. П. Фрактальная модель космических оптико-электронных изображений / Е. П. Марков // Исследования Земли из космоса. – 1996. – № 1. – С. 56–61.
2. Duda R. O. Pattern Classification and Scene Analysis / R. O. Duda, P. E. Hart, D. G. Stork. – NY: John Wiley and Sons, 1973.
3. Потапов А. А. Фракталы в радиофизике и радиолокации: Топология выборки / А. А. Потапов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Университет. книга, 2005.
4. Markus F. Automatic number plate recognition for the observance of travel behavior / F. Markus, J. Prokop, Sch. Johannes. – 8th Int. Conf. Survey Meth. Transp.: Harmonisation and Data Comparability, May 2008, Annecy, France. – Annecy, 2008.
5. Brunelli R. Face Recognition: Features versus Templates / R. Brunelli, T. Poggio // IEEE Trans. on PAMI. – 1993. – № 15 (10). – P. 1042–1052.
6. Horn B. Robot vision / B. Horn. – Cambridge, Mass.: MIT Press, 1986. – 509 p.
7. Mandelbrot B. B. The Fractals Geometry of Nature / B. B. Mandelbrot. – San Francisco: W. H. Freeman, 1982. – 625 p.
8. Pentland A. P. Fractal-based description of natural scenes / A. P. Pentland // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. – 1984. – Vol. PAMI-6 (6). – P. 661–674.
9. Mandelbrot B. B. Fractals: Form, Chance and Dimension / B. B. Mandelbrot. – San Francisco: Freeman, 1977. – 470 p.
10. Sun W. Fractal analysis of remotely sensed images: A review of methods and applications / W. Sun, G. Xu, P. Gong, S. Liang // Int. J. Remote Sens. – 2006. – Vol. 27, no 22, 20 November. – P. 4963–4990.
11. Кроновер Р. М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории / Р. М. Кроновер. – М., 2000. – 352 с.
12. Markov E. Fractal methods for extracting artificial objects from the unmanned aerial vehicle images / E. Markov // J. Appl. Remote Sens. – 2016. – № 10 (2). DOI 10.1117/1.JRS.10.025020.
13. Privitera C. Algorithm for defining visual regions-of-interest: Comparison with eye fixations / C. Privitera, L. Stark // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. – 2000. – Vol. 22, no. 9. – P. 970–982. DOI 10.1109/34.877520.
14. Jain A. K. Statistical pattern recognition: a review / A. K. Jain, R. P. W. Duin, J. Mao // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. – 2002. – Vol. 22 (1). – P. 4–37. DOI 10.1109/34.824819.

# Fractal Method for Detecting a Group of Objects of Transport Infrastructure on the Images

Markov E. P.  
ООО «АМЕТИСТ»  
St. Petersburg, Russia  
e\_markov@mail.ru

Andrusenko A. S., Shabakov E. I.  
Mozhaisky Military Space Academy  
St. Petersburg, Russia  
artyom.andrusenko@gmail.com

**Abstract.** The task of objects recognition on digital images is becoming increasingly urgent in connection with the development of intelligent robotic system. The initial stage of any methods of recognition is a pre-selection of targets. A method of objects selection which has high accuracy and low computational complexity.

**Keywords:** aircraft, anthropogenic object, recognition, the fractal method.

## REFERENCES

1. Markov E. P. Fractal Model Space Optoelectronic Image [Fraktalnaya model kosmicheskikh optiko-elektronnykh izobrazheniy], *Studies of Earth from Space [Issledovanie Zemli iz kosmosa]*, 1996, no. 1, pp. 56–61.
2. Duda R. O., Hart P. E., Stork D. G. Pattern Classification and Scene Analysis, NY, John Wiley and Sons, 1973.
3. Potapov A. A. *Fraktaly v radiofizike I radiolokatsii: Topologiya vyborki* [Fractals in Radiophysics and Radar], Moscow, Universitetskaya kniga, 2005.
4. Markus F., Prokop J., Johannes Sch. Automatic number plate recognition for the observance of travel behavior. *8th Int. Conf. Survey Meth. Transp.: Harmonisation and Data Comparability*, May 2008, Annecy, France. Annecy, 2008.
5. Brunelli R., Poggio T. Face Recognition: Features versus Templates, *IEEE Trans. on PAMI*, 1993, no. 15 (10), pp. 1042–1052.
6. Horn B. Robot vision. MIT Press, Cambridge, Mass. 1986, 509 p.
7. Mandelbrot B. B. The Fractals Geometry of Nature. San Francisco: W. H. Freeman, 1982. 625 p.
8. Pentland A. P. Fractal-based description of natural scenes, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 1984, Vol. PAMI-6 (6), pp. 661–674.
9. Mandelbrot B. B. Fractals: Form, Chance and Dimension. San Francisco: Freeman, 1977. 470 p.
10. Sun W., Xu G., Gong P., Liang S. Fractal analysis of remotely sensed images: A review of methods and applications, *Int. J. Remote Sens.*, 2006, Vol. 27, no 22, 20 November, pp. 4963–4990.
11. Kronover R. M. *Fraktaly I khaos v dinamicheskikh sistemakh. Osnovy teorii* [Fractals and Chaos in Dynamic Systems. Basic Theory]. Moscow, 2000. P. 352.
12. Markov E. Fractal methods for extracting artificial objects from the unmanned aerial vehicle images, *J. Appl. Remote Sens.*, 2016, no 10 (2). doi:10.1117/1.JRS.10.025020.
13. Privitera C., Stark L. Algorithm for defining visual regions-of-interest: Comparison with eye fixations, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 2000, Vol. 22, no. 9, pp. 970–982. doi: 10.1109/34.877520.
14. Jain A. K., Duin R. P. W., Mao J. Statistical pattern recognition: a review, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 2002, no. 22 (1), pp. 4–37. doi:10.1109/34.824819.



# Detecting Network Attacks in Computer Networks by Using Data Mining Methods

Platonov V. V., Semenov P. O.  
 Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University  
 St. Petersburg, Russia  
 plato@ibks.spbstu.ru, semenovpo@ibks.spbstu.ru

**Abstract.** The article describes an approach to the development of an intrusion detection system for computer networks. It is shown that the usage of several data mining methods and tools can improve the efficiency of protection computer networks against network attacks due to the combination of the benefits of signature detection and anomalies detection and the opportunity of adaptation the system for hardware and software structure of the computer network.

**Keywords:** computer network, intrusion detection system, data mining methods, support vector machine, principal component analysis.

## INTRODUCTION

Nowadays there is a tendency of integration information resources into computer networks, this changing the order of information interaction and the software logic that leads to necessity of improvement the protection of computer networks. With the development of information technologies the problem of large data becomes particularly relevant. The main task of Data Mining methods is to detect information in unstructured data and presenting it in a visual form [1]. The set of parameters that are analyzing by intrusion detection systems is a considerable amount of data that determines the possibility of their processing exactly by Data Mining methods [2].

The purpose of the research is to improve the efficiency of network attacks detection in computer networks through the application of various Data Mining methods, used in the adaptive detection system. The novelty of the work lies in the design of dynamic intrusion detection system (IDS) architecture that can work both with a precise description of the attack, and to analyze a various statistical criteria, thereby combining the advantages of the classical anomaly detection systems and signature detection system. An important difference from other studies is the ability of IDS to adapt its functionality to the structure of the protected software and hardware environment. It worked out the possibility of using different methods and tools of Data Mining in the problem of intrusion detection.

## THE MODEL OF ADAPTIVE INTRUSION DETECTION SYSTEM

Most of the existing IDS can be represented as four main blocks: event, database, analyzer and the reaction block [3]. For effectively protection of the computer network it is necessary to distribute the IDS components to network units and create the ability to adapt to every unit. Fig. 1 shows all the possibilities of adaptation IDS components within a separate network unit.

The main task of the research is to develop the analyzer block that handles a lot of parallel detection processes on every physical network units. The detection module is an indivisible part of

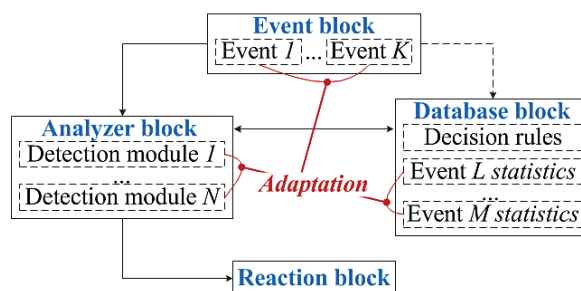


Fig. 1. The possibilities of IDS adaptation

analyzer block that allows detecting some kind of network attack or anomalous characteristics.

The developed model of IDS suggests different variants for distribution functional blocks in the computer network that are shown on Fig. 2. Depending on the computing capability, the basic information flow between units and performing tasks it is possible to create unified centers of decision making for the collected data from multiple units or signals from detection modules.

The ability of adapting the IDS to software and hardware structure of the computer network was created. Each detection module is associated with a set of attack classes, on which he responds with a certain probability. In the training dataset the considered attacks supplemented with options such as the types of potential targets and attack category. Detection module dependences are shown in Fig. 3.

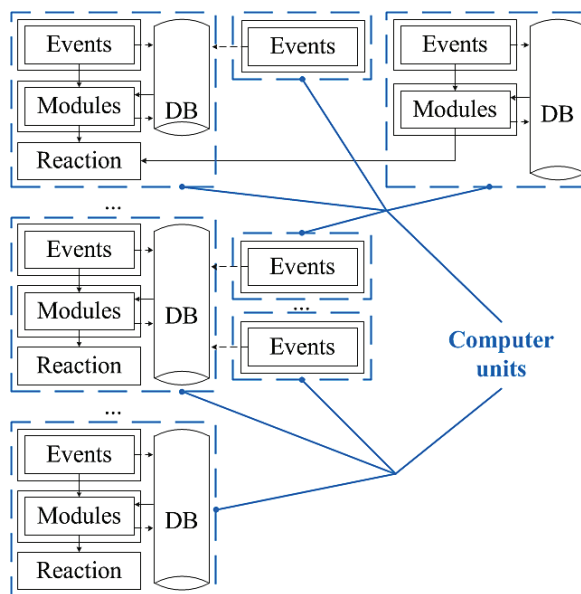


Fig. 2. Distribution of IDS functional blocks in the computer network

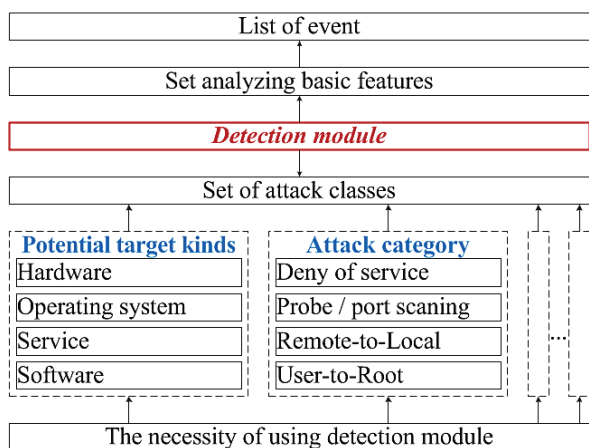


Fig. 3. Detection module dependences

For automatically changing the event block each detection module is associated with a set of sensors that provides extraction of all necessary data features. Adaptive model consists in possibility of automatically change the set of using sensors and the set of detection modules, depending on the structure of the protected software and hardware environment and a variety of potential attacks. Depending on the potential invasion targets changed the list of processed network packet types and composition derived from traffic data, as well as the structure of the database tables used to calculate the statistical parameters of traffic. Depending on the detected attack categories in analyzer block varies composition of detection modules, and according to it changes the set of records in database decision rules.

THE ARCHITECTURE OF INTRUSION DETECTION SYSTEM

The analysis of the applicability of various methods of Data Mining was carried out to solve the problem of network attacks detection. Data Mining methods are used for classification, clustering and optimization. Among the existing approaches of network attacks and anomalies detection the most effective are Decision and Regression Trees, Support Vector Machines, Cluster Analysis, Association Rule Learning, Genetic Algorithms, Hidden Markov Models, Artificial Neural Networks and Fuzzy Logic [4–10]. As a result, the research highlighted a set of promising directions of Data Mining methods and their corresponding subtasks associated with the detection of network attacks in computer network, which are shown in tab. 1.

Table 1

The order of application Data Mining methods

Direction of Data Mining methods	Realizable functions in network attacks detection
Classification	The assignment of the analyzed vectors to sets of normal or attack
Dimension reduction	Increasing the speed of network analysis by forming optimized features space
Clustering	Construction an optimized set of detection modules
Fuzzy logic	Organization of interaction detection modules; creating redundant IDS modular architecture

The classification methods categorize a sequence of network packets as either a set of attacks or as normal traffic. The dimen-

sionality reduction methods construct an optimal feature space based on network traffic parameters to detect specific sets of attacks. The clustering methods divide various attacks into classes for a particular attack-detection module. Using fuzzy logic allows reducing the number of errors first and second kinds in the process of interaction among attack-detection modules.

For each of the subtasks corresponding directions were analyzed and the specific methods and tools were chosen. For the purposes of this investigation a program prototype of the intrusion detection system was developed using support vector machine (SVM) [11] as a classifier, principal component analysis (PCA) [12] for feature space formation that are most suitable for each attack under consideration and k-means method [13] for generate detection module set. C language has been used as a programming language. LibSVM was used to work with the SVM, with DARPA training files being used for investigation [14].

The designed architecture is based on the parallelization of the detection process, i. e., a number of attack-detection modules simultaneously run in the system in which each module is responsible for detecting a particular group of attacks (from a single network packet to the set of attacks according to some category). Fig. 4 shows a simplified scheme of a single detection module, which includes the following:

- extraction of relevant training information from network dumps;
- defining a set of clusters corresponding to the detection module with k-means method;
- training the PCA on the extracted dataset;
- translating the initial data into a lower-dimensional space according to the obtained transformation rules;
- training the SVM on the transformed data;
- testing the obtained SVM model;
- automatic adjustment of PCA and SVM parameters.

In the block of basic parameters extraction, the following basic parameters are extracted from the network traffic:

- network layer header parameters (IP, ICMP packets);
- transport layer header parameters (TCP, UDP packets);
- application layer header parameters (HTTP, FTP, DNS and SMTP packets);
- statistical and time parameters of the TCP session.

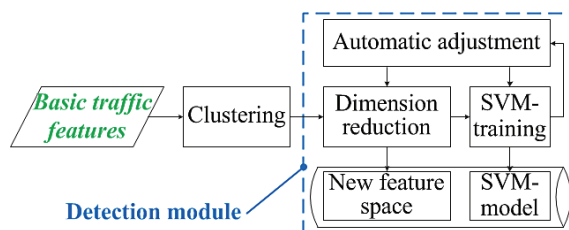


Fig. 4. Detection module formation

Both multi-bit parameters and divided eight-bit parts are taken into account, e. g., the IP address can be represented by one, two, or four parameters. The output of this block is a set of vectors. Each vector contains a label, i. e., attack (-1) or normal traffic (+1), and extracted parameters.

Fig. 5 shows a diagram of a network packet analysis. After extraction by a plurality of sensors, a common list of basic parameters is transferred to the detection module. In operation, the database system accumulates detection signals of the detection

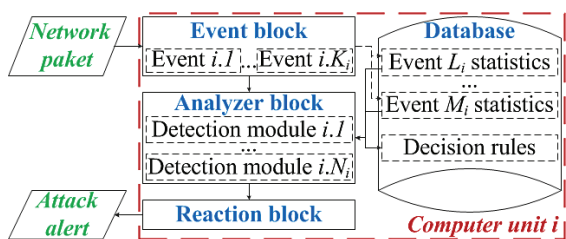


Fig. 5. Network packet analysis

modules potentially dangerous traffic. The decision to invade is adopted on the basis of signals of all modules.

DIMENSION REDUCTION OF ANALYZING TRAFFIC PARAMETERS

In the dimensionality reduction block, a dimensionality reduction method is applied to the extracted vectors to construct a new feature space [15–17]. Principal component analysis was chosen for the problem solution. Its application resulted in construction of a weight matrix  $W_{k \times p}$  for calculation of new parameters as:

$$S_{k \times n} = W_{k \times p} X_{p \times n},$$

where, the  $k$  – dimension of new space;  $p$  – dimension of base space;  $n$  – number of vectors in base set;  $X$  – base vector set;  $S$  – new vector set.

For this method, it is important what kind of matrix is analyzed. Here, the following matrices are used: correlation matrix, covariance matrix, and sums of squares and cross products matrix.

For the automatic selection of a sufficient number of new parameters and the filtration of less important basic parameters, the following two threshold values are used:

- $\xi$  is the minimum importance of a new parameter at which the parameter is usable;
- $\delta$  is the minimum value of the coefficient in the transformation matrix of basic parameters.

From  $k$  parameters considered are those for which the corresponding eigenvalue of the analyzed matrix exceeds a threshold:

$$S' = \{s_i \mid i \in [1; k], |\lambda_i| > \xi\},$$

where, the  $\lambda_i$  – eigenvalue of the analyzed matrix. Discarded  $x_j$  basic parameters, for which is true this condition:

$$X' = \{x_j \mid j \in [1; n], \forall i \in [1; p]: |w_{ij}| < \delta\}.$$

Upon training the PCA on the initial data, a list of new parameters is created that represents the new parameters via initial parameters and specifies the importance of the former. Based on the importance, different methods of reducing the dimensionality imply different objects; in particular, for the PCA, the importance is eigenvalues of the analyzing matrix. New parameters are represented as a linear combination of basic parameters and, to calculate new parameters, a matrix of linear representation coefficients is constructed.

The PCA is characterized by the need to scale the input data. In the detection system, upon extracting basic parameters, the following three scaling techniques are used:

- The maximum and minimum values for each basic parameter are found and this parameter is translated into the interval  $[-1;$

$+1]$  by the formula  $y = 2(x - \min) / (\max - \min) - 1$ , where  $x$  is the basic parameter and  $y$  is the scaled parameter.

- The largest possible value of the basic parameter is taken as the maximum value (for example, the maximum lifetime of the IP packet is  $28 = 256$ ) and all basic parameters are divided by their maximums.

- The maximum and minimum values for all basic parameters are found and all basic parameters are translated by the formula  $y = 2(x - \min) / (\max - \min) - 1$ .

For different types of data (various protocols and specific attacks), the best results are obtained by different data-scaling techniques.

The output of this block is the vectors containing attack labels and lists of new parameters.

CLASSIFICATION OF NETWORK PACKETS

The classification block is responsible for training and testing the SVM, as well as selecting the best parameters of the SVM kernel. For the SVM, the selection of the kernel is essential [18]. All used types of the SVM kernel are shown in tab. 2.

Table 2

SVM kernel types

Kernel name	Kernel formula
Linear	$u' - v$
Radial basis function	$e^{-\gamma(u'-v)^2}$
Polynomial	$(\gamma \cdot u' \times v + coef_0)^{deg\ ree}$
Sigmoid	$\tanh(\gamma \cdot u' \times v + coef_0)$

In addition to kernel selection and kernel parameter adjustment, the effectiveness of the SVM also depends on the  $C$  parameter, which controls the error tolerance and the position of the hyperplane. This parameter allows one to adjust the ratio between the maximum width of the separator and the minimum total error.

SVM adjustment selection is based on the construction of the search grid for radial basis kernel by  $C$  and  $\gamma$  parameters. An algorithm of SVM parameter selection for radial basis kernel by  $C$  and  $\gamma$  parameters is suggested by the authors of library LibSVM [11]. When attempting to apply this algorithm for the considered data it was found that the suggested intervals for  $\log_2 C$  and  $\log_2 \gamma$  are not appropriate. Moreover, with  $\log_2 C$  exceeding a certain constant the result of SVM work depends only on  $\gamma$  parameter.

In the course of the performed study an automatic algorithm of SVM parameter selection was developed: first,  $\log_2 \gamma$  parameters with the least number of support vector in training are determined for  $C = 2^{25}$  (selection is performed with an interval  $\Delta(\log_2 \gamma) = 2$ ). The  $\log_2 C$  parameter in the area of the best  $\log_2 \gamma$  values is found. Next, search grid with an interval  $\Delta(\log_2 C) = 2^{-4}$  and  $\Delta(\log_2 \gamma) = 2^{-4}$  is constructed and the best values in the area of best points obtained at the previous algorithm stage are found.

The distribution of the best points based on the experimental results for various attacks and basic parameter sets is shown in Fig. 6.

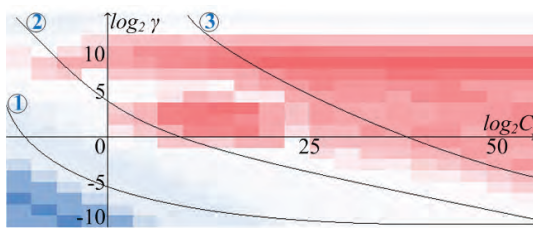


Fig. 6. SVM with radial basis kernel adjustments

Hues of color indicate the areas with identical detection percentage and support vector number. The darkest area corresponds to the best values set. All points below the first curve have a great number (up to several thousands) of support vectors, with the training process lasting from several minutes to several hours. A dramatic reduction of support vectors number and, accordingly, a dramatic increase of training and testing speed is in the area to the right of the second curve.

To the right of the third curve the number of support vectors and the correct classification percentage do not change with further increase of  $C$  parameter. The best points can lie on the horizontal ray starting from curve 3 or at the point of the distinct area between the second and third curves. After obtaining the best result for SVM testing (the least number of errors of the first and second kinds (FN and FP) and the least number of support vectors in SVM model) the automatic adjustment block changes the parameters in dimension reduction block and repeats the same operation cycle in SVM module.

To increase the capabilities of the programming complex the feature of principal component training for an attack set only was added. With such an approach the dimension reduction block determines internal dependencies between the parameters within the framework of attack packages rather than those in the entire training set. In the attack, set training application of new parameters with the least eigenvalues of the weight matrix is similar to the attack signature.

We noted that such an approach depends considerably on the training set, which can result in an overtraining problem and considerable number of false responses. This approach proves highly efficient for certain attacks (not exceeding 5 now parameters and less than 20 support vectors for 100% recognition), however, it entirely inapplicable for others, which makes this approach only an additional means in the designed programming complex. Automatic adjustment in the dimension reduction block boils down to the selection of the matrix to be analyzed, a set of vectors to be considered (all packages or only attack ones) and the selection of two threshold values of  $\delta$  and  $\xi$ . As a result of the automatic adjustment, Mock work the system best, parameters are found:

- The least FP and FN values determine the attack detection quality.
- The least number of basic parameters, new parameters and support vectors of SVM-model determine the system's performance speed.

The training procedure yields a SVM model that is used to classify the vectors.

To test the SVM model, the following characteristics are evaluated: the number of correctly detected attacks (TP), the number of false positives (FP), the number of correctly classified normal packets (TN), the number of missed attacks (FN), and the percentage of correctly classified vectors.

## CLUSTER ANALYSIS AND FUZZY LOGIC FOR INTRUSION DETECTION MODULE MANAGE

For subtasks forming composition of detection modules different hierarchical and iterative cluster analysis methods were analyzed. The main drawback of hierarchical techniques is the inability to handle large amounts of data [19, 20], and for iterative methods – the need for a priori knowledge of the number of clusters [21]. The technique of cluster analysis, which allows eliminating both of these shortcomings as part of the problem is solved.

To determine the number of clusters and their centers to the set of attack vectors applying agglomerative hierarchical method. Then, using the method of k-means clusters are formed for the entire training sample. Experiments have shown that for different training samples clustering the best results are achieved by using the following distance metrics: Euclidean distance, squared Euclidean distance and Manhattan distance.

The use of fuzzy logic has improved the performance of the intrusion detection system due to generalization of methods of support vector machine and k-means (C-means) for the application of probabilistic assessment when the classification and construction of overlapping clusters. Also, fuzzy logic allows correlating the signals detection modules with the known attacks: while cluster analysis is formed by a matrix belonging to a variety of attacks:

$$A_{m \times t} = \begin{pmatrix} \frac{c_{11}}{\sum_{i=1}^t c_{1i}} & \dots & \frac{c_{1t}}{\sum_{i=1}^t c_{1i}} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{c_{m1}}{\sum_{i=1}^t c_{mi}} & \dots & \frac{c_{mt}}{\sum_{i=1}^t c_{mi}} \end{pmatrix},$$

where, the  $t$  – number of known attacks,  $m$  – number of detection modules,  $c_{ij}$  – the number of vectors attack  $j$  in the training set for module  $i$ .

Probability that the detected signal belongs to a specific attack, taking into account the previous signals from the same source:

$$p_i^x = a_{ij} + p_i^{x-1}(1 - a_{ij}),$$

where, the  $l$  – number of the module, issuing a signal of an attack,  $a_{ij}$  – element of matrix  $A_{m \times t}$ ;  $x$  – the serial number of the current signal of attack from a given source.

## APPROACH RESULTS

Experimental research were carried out with the IDS prototype on attacks categories User-to-Root and Remote-to-Local, which are the most difficult to detect. Experimental research was divided into five stages: performing classification by support vector machine for multi-bit traffic parameters and divided into eight-bit of the traffic parameters, the formation of a new parameter space by principal component analysis, the formation of the detection modules using the method of k-means and synthesis methods of support vector machine and k-means using fuzzy logic. The results are shown in Tab. 3.

Tab. 4 shows the results of other researches of using Data Mining methods for intrusion detection [4–10].

Table 3

The results of experimental research stages

Stage description	TP, %	FP, %
SVM (multi-bit)	85	5
SVM	91	2
SVM + PCA	94	3
SVM + PCA + <i>k</i> -means	98	1
SVM + PCA + <i>k</i> -means + fuzzy logic	99	0,6

Table 4

The results of other researches

Using method	TP, %	FP, %
Quarter-sphere SVM	65	1
SVM	95,5	1
SVM + Genetic algorithm	99	–
SVM + fuzzy logic	99,56	0,44
C4.5	95	1
C4.5 + PCA	92,16	–
C4.5 + Artificial neural network	93,28	0,2
<i>k</i> -means clustering	65	1
Single leakage clustering	69	1
<i>Y</i> -means clustering	89,89	1
<i>k</i> -nearest neighbor	92	1
Artificial neural network + PCA	92,22	–
Genetic algorithm	97,47	0,69

## CONCLUSION

The experiments performed with the program prototype show robustness of intrusion detection system and applicability of the selected data mining techniques for the specified purpose. The support vector machine allows identifying a considerable part of attacks under investigation with 100% confidence, with an error for the rest not exceeding several percent of the total packages number. The principal component analysis allows reducing the information volume required for network packages classification for 2,5–3 times and considerably increases the system efficiency.

The method of *k*-means allows identifying fragments of typical attacks in separate detection modules and breaking complex attacks on several modules, resulting in improved detection performance by 3–5%. The use of fuzzy logic has increased detection performance by 1%, allowing classifying the vector having different labels in the training set. In modular architecture of the intrusion detection system while designing several classifiers of the same packages type, the dimension reduction methods allow to construct pretty simple SVM models that identify intrusions much faster and more accurately than a single general classifier with a great number of parameters and support vectors in a SVM model.

The application of various methods, possibility to adjust internal settings, threshold values enables one to obtain the best possible correlation between the system efficiency and intrusion detection accuracy.

## REFERENCES

1. Tan P. N., Steinbach M., Kumar V. Introduction to Data Mining, Addison-Wesley, 2005, 769 p.
2. Sequeira K., Zaki M. ADMIT: Anomaly-based data mining for intrusions, *Proc. of the Eighth ACM SIGKDD Int'nl Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining, NY, USA, 2002*, ACM, 2002, pp. 386–395.
3. The Common Intrusion Detection Framework (CIDF). Available at: <http://gost.isi.edu/cidf> (accessed 03.12.2016).
4. Bhattacharyya D. K., Kalita J. K. Network Anomaly Detection. A Machine Learning Perspective, CRC Press, 2014, 364 p.
5. Portnoy L., Eskin E., Stolfo S. J. Intrusion detection with unlabeled data using clustering. *Proc. of ACM Workshop on Data Mining Applied to Security*, 2001, pp. 1–14.
6. Mabu S., Chen C., Lu N., Shimada K., Hirasawa K. An intrusion-detection model based on fuzzy class association-rule mining using genetic network programming. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C Appl. Rev.*, 2011, vol. 41, no. 1, pp. 130–139.
7. Bankovic Z., Stepanovich D., Bojanic S., Nieto-Taladrís O. Improving network security using genetic algorithm approach. *Comput. Electr. Eng.*, 2007, vol. 33, no. 5–6, pp. 438–451.
8. Ghahramani Z. An Introduction to hidden Markov models and Bayesian networks. *Int. J. Pattern Recognit Artif. Intell.*, 2001, vol. 15, pp. 9–42.
9. Lee S. C., Heinbuch D. V. Training a neural-network based intrusion detector to recognize novel attacks. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part A Syst. Humans*, 2001, vol. 31, no. 4, pp. 294–299.
10. Tajbakhsh A., Rahmati M., Mirzaei A. Intrusion detection using fuzzy association rules. *Appl. Soft Comput.*, 2009, vol. 9, no. 2, pp. 462–469.
11. Hsu C.-W., Chang C.-C., Lin C.-J. A Practical Guide to Support Vector Classification. Dep. Comput. Sci., Nat. Taiwan Univ., Taipei 106, Taiwan, 2003, 16 p.
12. Aivazyan, S. A., Bukhshtaber, V. M., Enyukov, I. S., Meshalkin, L. D., *Prikladnaya statistika: Klassifikatsiya i snizhenie razmernosti: Spravochnoe izdanie* [Applied Statistics: Classification and Dimension Reduction: Reference Guide], Moscow: Finansy i Statistika, 1989.
13. Guha S., Rastogi R., Shim K. Cure: An efficient clustering algorithm for large databases. *SIGMOD*, 1998, vol. 27, ACM, pp. 73–84.
14. DARPA Intrusion Detection Data Sets. Available at: <https://www.ll.mit.edu/ideval/data/> (accessed 03.12.2016).
15. Fodor I. K. A Survey of Dimension Reduction Techniques. U. S. Dep. of Energy by Univ. of California, Lawrence Livermore Nat. Lab., 2002, 26 p.
16. Kayacik H. G., Zincir-Heywood A. N., Heywood M. I. Selecting Features for Intrusion Detection: A Feature Relevance Analysis on KDD 99 Intrusion Detection Datasets. *Proc. Third Annual Conf. on Privacy, Security and Trust (PST-2005)*, 2006, pp. 85–89.
17. Miguel A. Carreira-Perpinan A Review of Dimension Reduction Techniques. Technical Report CS-96–09 Dept. of Comput. Sci. Univ. of Sheffield, 1997, 69 p.
18. Vapnik V. N. The Nature of Statistical Learning Theory. Springer, 2000, 314 p.
19. Zhambyu M. *Ierarkhicheskiy klaster-analiz i sootvetstviya* [Hierarchical Cluster analysis and compliance]. Moscow: Finansy i Statistika, 1988, 345 p.
20. Karypsis G., Han H., Kumar V. Chameleon: A hierarchical clustering algorithm using dynamic modeling. *IEEE Comput.*, 1999, vol. 32, no. 8, pp. 68–75.
21. Mandel I. D. *Klasterniy analiz* [Cluster analysis]. Moscow: Finansy i Statistika, 1988, 176 p.

# Обнаружение сетевых атак в компьютерных сетях с помощью методов интеллектуального анализа данных

Платонов В. В., Семенов П. О.

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Санкт-Петербург, Россия

plato@ibks.spbstu.ru, semenovpo@ibks.spbstu.ru

**Аннотация.** Статья посвящена описанию подхода к построению системы обнаружения сетевых атак в распределённых вычислительных сетях. Показано, что применение комплекса методов и средств интеллектуального анализа данных позволяет повысить эффективность защиты распределённых вычислительных сетей от сетевых атак за счёт сочетания преимуществ поиска сигнатур и аномалий и возможности адаптации системы под программно-аппаратную структуру сети.

**Ключевые слова:** распределённая вычислительная сеть, система обнаружения сетевых атак, методы интеллектуального анализа данных, метод опорных векторов, метод главных компонент.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Tan P.N. Introduction to Data Mining / P.N. Tan, M. Steinbach, V. Kumar. – Addison-Wesley, 2005. – 769 p.
2. Sequeira K. ADMIT: Anomaly-based data mining for intrusions / K. Sequeira, M. Zaki // Proc. of the Eighth ACM SIGKDD Int’l Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining, NY, USA, 2002. NY: ACM, 2002. – P. 386–395.
3. The Common Intrusion Detection Framework (CIDF) – URL: <http://gost.isi.edu/cidf/> (дата обращения 03.12.2016).
4. Bhattacharyya D. K. Network Anomaly Detection. A Machine Learning Perspective / D. K. Bhattacharyya, J. K. Kalita. – CRC Press, 2014. – 364 p.
5. Portnoy L. Intrusion detection with unlabeled data using clustering / L. Portnoy, E. Eskin, S. J. Stolfo // Proc. of ACM Workshop on Data Mining Applied to Security. – 2001. – P. 1–14.
6. Mabu S. An intrusion-detection model based on fuzzy class association-rule mining using genetic network programming / S. Mabu, C. Chen, N. Lu, K. Shimada, K. Hirasawa // IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C Appl. Rev. – 2011. Vol. 41, № 1. – P. 130–139.
7. Bankovic Z. Improving network security using genetic algorithm approach / Z. Bankovic, D. Stepanovich, S. Bojanic, O. Nieto-Taladris // Comput. Electr. Eng. – 2007. – Vol. 33, № 5–6. – P. 438–451.
8. Ghahramani Z. An Introduction to hidden Markov models and Bayesian networks / Z. Ghahramani // Int. J. Pattern Recognit Artif Intell. – 2001. – Vol. 15. – P. 9–42.
9. Lee S. C. Training a neural-network based intrusion detector to recognize novel attacks / S. C. Lee, D. V. Heinbuch // IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part A Syst. Humans. – 2001. – Vol. 31, № 4. – P. 294–299.
10. Tajbakhsh, A. Intrusion detection using fuzzy association rules / A. Tajbakhsh, M. Rahmati, A. Mirzaei // Appl. Soft Comput. – 2009. – Vol. 9, № 2. – P. 462–469.
11. Hsu C.-W. A Practical Guide to Support Vector Classification / C.-W. Hsu, C.-C. Chang, C.-J. Lin; Dep. Comput. Sci., Nat. Taiwan Univ., Taipei 106. – Taiwan, 2003. – 16 p.
12. Айвазян С. А. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности: справ. изд. / С. А. Айвазян, В. М. Бухштабер, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин; под ред. С. А. Айвазяна. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 607 с.
13. Guha S. Cure: An efficient clustering algorithm for large databases / S. Guha, R. Rastogi, K. Shim // SIGMOD. – 1998. – Vol. 27, ACM. – P. 73–84.
14. DARPA Intrusion Detection Data Sets – URL: <https://www.ll.mit.edu/ideval/data/> (дата обращения: 20.05.2016).
15. Fodor I. K. A Survey of Dimension Reduction Techniques / I. K. Fodor; U. S. Dep. of Energy by Univ. of California, Lawrence Livermore Nat. Lab., 2002. – 26 p.
16. Kayacik H. G. Selecting Features for Intrusion Detection: A Feature Relevance Analysis on KDD 99 Intrusion Detection Datasets / H. G. Kayacik, A. N. Zincir-Heywood, M. I. Heywood // Proc. Third Annual Conf. on Privacy, Security and Trust (PST-2005). – 2006. – P. 85–89.
17. Miguel A. Carreira-Perpinan A Review of Dimension Reduction Techniques / A. Carreira-Perpinan Miguel. – Technical Report CS-96-09 Dept. of Comput. Sci. Univ. of Sheffield, 1997. – 69 p.
18. Вапник В. Н. The Nature of Statistical Learning Theory / В. Н. Вапник. – 2-е изд. – Springer, 2000. – 314 с.
19. Жамбю М. Иерархический кластер-анализ и соответствия. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 345 с.
20. Karypsis G. Chameleon: A hierarchical clustering algorithm using dynamic modeling / G. Karypsis, H. Han, V. Kumar // IEEE Comput. – 1999. – Vol. 32, № 8. – P. 68–75.
21. Мандель И. Д. Кластерный анализ / И. Д. Мандель. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.

# Testing of Software for Calculating a Multichannel Queuing System with “Cooling” and $E_2$ -approximation

Khalil M. M.

Emperor Alexander I Petersburg  
State Transport University  
St. Petersburg, Russia  
maadalomar@gmail.com

Andruk A. A.

Emperor Alexander I Petersburg  
State Transport University  
St. Petersburg, Russia  
aaandruk@gmail.com

**Abstract.** An application for the cloud-based system with a web interface and the use of filters, filter estimated impact on the performance of cloud services. Calculations are based on queuing theory and synthesis of multi-channel systems models with “cooling” and not an approximation of Markov processes with the help of phase-type distributions. Describes charts and transitions matrix microstates multichannel queuing system for modelling application with a web interface, a diagram to calculate the stationary distribution of the number of requests in the system and developed a JAVA program that implements a filter for the data encryption. The scheme of mutual validation of models of multi-channel service delivery systems with a “cooling” is presented.

**Keywords:** servlets, filters, cloud computing, cooling, web interface, queuing theory.

## INTRODUCTION

With more and more devices getting connected to the internet every day, and by moving from the internet of computers to the internet of things, with a big demand that devices get smaller, lighter and more powerful with fast connectivity all at the same time. It all heads for the need of faster connections so that a request from a client doesn't consume a large bandwidth or memory, and an efficient way to deal with the request once it is on the server's side.

In order to connect with devices that are different in size, shape, capacity, power, user language and operating system, a very simple and global interface is needed, that can connect to devices using very simple protocols. Today almost any device can be connected to the internet and communicate via a web interface, that's why if you need to move your applications and data to the cloud, it would be easier and better if the applications had a web interface, as the whole idea of moving to the cloud is so that you can have access anytime from any device with maximum reliability and unlimited computing power.

In this paper a cloud system application with a java based web interface using filters is examined and tested to calculate how filters effect on the overall performance of the cloud service, as performance is one of the key factors for moving to the cloud. It based on queuing theory and extend its applications by studying the multichannel systems with “cooling” and phase-type approximation of Markovian and non-Markovian processes. Transition diagrams and matrices for the microstates of a sample application with Web interface model described, and a scheme for computing the stationary probability distributions for requests number and waiting time is developed.

Servlet filters are powerful tools that are available to web application developers using the Servlet 2.3 specification or above. Filters are designed to be able to manipulate a request or response (or both) that is sent to a web application, yet provide this functionality in a method that won't affect servlets and JSPs being used by the web application unless that is the desired effect. A good way to think of servlet filters is as a chain of steps that a request and response must go through before reaching a servlet, JSP, or static resource such as an HTML page in a web application. However this consumes time, and the time it consumes shall be calculated to see the overall effect of performance.

## CLOUD COMPUTING USING A WEB INTERFACE COMMON CHARACTERISTICS

Cloud computing is a number of computing resources that are delivered as a service over a network connection (usually the internet). Therefore Cloud computing relies on sharing a pool of physical and/or virtual resources, rather than deploying local or personal hardware and software. A user is able to connect into a supply of computing resources rather than managing, operating, maintaining, securing and servicing the equipment needed to generate it themselves; just as the same way as a consumer tapping into the national electricity supply, instead of running their own electric generator. Thereby the service is billed likewise where you pay for the amount of service that you consume.

Also likewise cloud computing is more reliable, flexible, scalable and most importantly more economical. You can choose between different types of clouds depending on the amount of security that you demand for your business, these types are: public, private and hybrid cloud. You can also choose the type of service that you need for your business, the major types of services are: SaaS (Software as a service); PaaS (Platform as a service) and IaaS (Infrastructure as a service).

In order to connect with devices that are different in size, shape, capacity, power, user language and operating system, a very simple and global interface is needed, that can connect to devices using very simple protocols. Today almost any device can be connected to the internet and use different protocols to communicate, that's why if you need to move your applications and data to the cloud, it would be easier and better if the applications had a web interface, as the whole idea of moving to the cloud is so that you can have access anytime from any device with maximum reliability and unlimited computing power.

Internet connections use protocols to connect between different devices, so that after every handshake every device knows what it should do and how to do it. A Web service, in very broad terms, is a method of communication between two applications or electronic devices over the WWW. Web services are of two kinds: Simple Object Access Protocol (SOAP) and Representational State Transfer (REST).

### WEB INTERFACE BASED ON JAVA PLATFORM

Applications with Web interface on Java platform used servlets and applets. Servlet is a Java-program running on the server side and expand server functionality. The servlet communicates with clients by processing HTTP requests. Filters allow performing actions on the request before it is processed by the servlet or on the response after its formation. Filters implement model “interceptor request”, and for each resource in the web application has its own filter chain can be arranged.

The client can use any device he likes, as long as that device has a connection to the internet and a web browser. Almost no or very little amount of data need to be stored or computed in the client side, all the data is stored and processed in the cloud’s side.

### SERVLETS

Servlets provide a component-based, platform-independent method for building Web-based applications, without the performance limitations of CGI programs. Servlets have access to the entire family of Java APIs, including the JDBC API to access enterprise databases.

A servlet is a small program that runs on a server. The term usually refers to a Java applet that runs within a Web server environment.

Using Servlets, you can collect input from users through web page forms, present records from a database or another source, and create web pages dynamically.

Java Servlets often serve the same purpose as programs implemented using the Common Gateway Interface (CGI). But Servlets offer several advantages in comparison with the CGI:

- performance is significantly better;
- servlets execute within the address space of a Web server. It is not necessary to create a separate process to handle each client request;
- servlets are platform-independent because they are written in Java;
- java security manager on the server enforces a set of restrictions to protect the resources on a server machine;
- the full functionality of the Java class libraries is available to a servlet. It can communicate with applets, databases, or other software via the sockets and RMI mechanisms that you have seen already.

Servlets Architecture:

Following diagram shows the position of Servlets in a Web Application (fig. 1).

The Http Servlet class reads the HTTP request, and determines if the request is an HTTP GET, POST, PUT, DELETE, HEAD etc. and calls one the corresponding method.

Let us consider how possible modelling peculiar properties of the process functioning of application with Web interface using models of queuing theory.

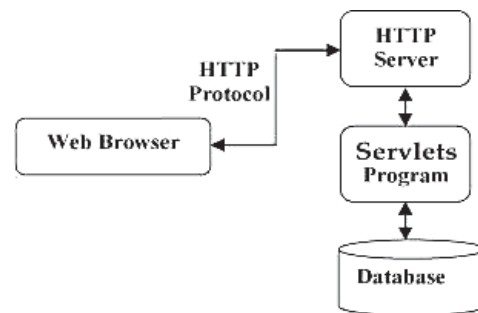


Fig. 1. Position of Servlets in a Web Application

### FILTERS

A filter is an object that intercepts requests to a servlet, JSP, or static file in a web application. The filter has the opportunity to modify the request before passing it along to the underlying resource and can capture and modify the response before sending it back to the client. Since filters can be specified declaratively using the web application deployment descriptor, they can be inserted into existing web applications without altering any of the existing code.

There are many cases where some pre-processing of the request for servlets would be useful. In addition, it is sometimes useful to modify the response from a class of servlets. One example is encryption. A servlet, or a group of servlets in an application, might generate response data that is sensitive and should not go out over the network in clear-text form, especially when the connection has been made using a non-secure protocol such as HTTP. A filter can encrypt the responses.

Servlet filters are useful for many purposes, including logging, user authentication, data compression and encryption. Many filters can be chained together, each performing one specific task.

A filter is where you want to apply pre-processing or post-processing to requests or responses for a group of servlets, not just a single servlet, so when your application is working in a cloud environment filters are very useful tools. Filters are designed to be able to manipulate a request or response (or both) that is sent to a web application, yet provide this functionality in a method that won’t affect servlets and JSPs being used by the web application unless that is the desired effect.

A good way to use filters is as a chain of steps that a request and response must go through before reaching a servlet, JSP, or static resource such as an HTML page in a web application. Fig. 2 shows the commonly used illustration of this concept.

Possible main usage of filter include following:

- recording all incoming requests;
- logs the IP addresses of the computers from which the requests originate;
- conversion;
- data compression;
- encryption and decryption;
- input validation etc.

### TESTING APPROACHES SIMULATION MODELLING

In our test we used an encryption filter to illustrate the effect of cooling, as encryption is very common and widely used after main processing so that the response is encrypted before



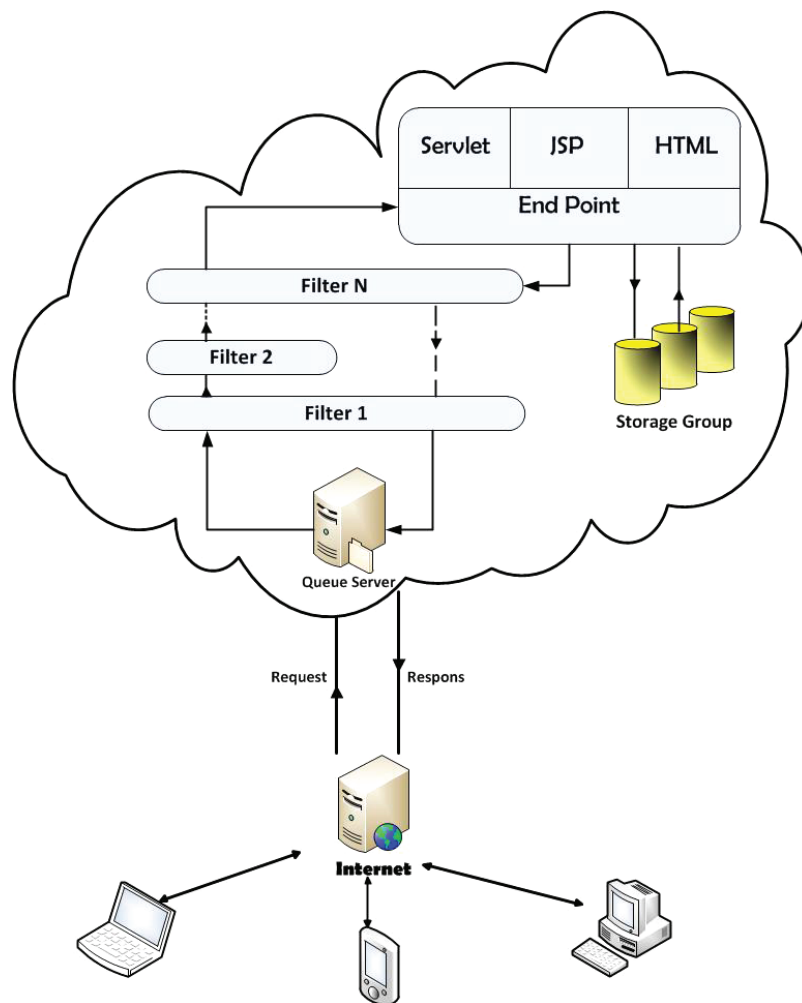


Fig. 2. Using filters with servlets

sending it back over the internet. Following is the filter that we used in our test:

```
public class EncryptFilter implements Filter {
    private static final boolean debug = true;
    private FilterConfig filterConfig = null;

    public Encrypt() {
    }

    public void doFilter(ServletRequest request,
        ServletResponse response,
        FilterChain chain)
        throws IOException, ServletException {

        long start = System.nanoTime();

        String text = request.getProtocol();
        String keyWord = "text";
        byte[] arr = text.getBytes();
        byte[] keyarr = keyWord.getBytes();
        byte[] result = new byte[arr.length];
        for(int i = 0; i < arr.length; i++)
        {
            result[i] = (byte) (arr[i] ^ keyarr[i % keyarr.length]);
        }
    }
}
```

```
}
long finish = System.nanoTime();

long res = finish - start;
System.out.println("Время работы фильтра " +
res);
}
```

As can be seen from fig. 2 the filter or filter chain can run before call of servlet (or JSP, or HTML) and/or after finishing servlet execution. In first case (at the entry of servlet) filter can make any preparatory work (for example, decompression of data), that named by "warming-up" or "warm-up". In second case (after returning from servlet) filter can make any final work (for example, data compression), that named by "cooling".

The request then reaches the servlet container in the web application to be processed, the servlet must process the request and generate as much of the response as the application requires.

#### RELATIVE CHECKING MODELS

It is easy to show that the distribution of Erlang k order  $E_k$  is a special case of distribution of k order Cox  $C_k$ .  $H_k$ -distribution can be transformed to the form equivalent  $C_k$  distribution. Equiv-

alent transformations used for selecting parameters in solving the problem of the approximation of an arbitrary distribution of phase type distributions in the case where the parameters of the approximation expresses analytically one kind of distribution, but doesn't express the others. Solution of the equivalent transformation  $H_k$ -distribution to the form  $C_k$  is reduced to solving a system of differential equations. Thus, between the probability distributions of phase type  $C_k$ ,  $H_k$  and  $E_k$  there is a link that allows you to establish a relationship between them. Note, however, that a direct comparison of  $E_k$  and  $H_k$ , is impossible, since  $E_k$ -distribution is not an equivalent hyperexponential distribution of  $k$ -th order.

Scheme perform mutual authentication results using various types of distributions illustrated in fig. 3, which shows the pattern realized on the generality from the left most basic general distribution to the exponential using a two-stage Cox.

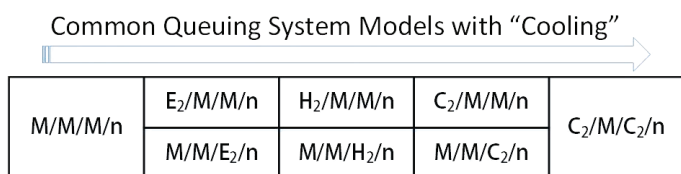


Fig. 3. Common queuing system models with "cooling"

### EXISTING MODELS

For queuing theory Kendall's notation is the standard system to describe and classify a queuing node. It uses three factors written  $A/S/n$ , where  $A$  denotes the time between arrivals to the queue,  $S$  – the service time distribution and  $n$  denotes the number of servers at the node. It been extended to  $A/S/n/K/N/D$ , where  $K$  and  $D$  mean the capacity of the queue and queuing discipline and  $N$  denotes the size of the population of jobs to be served. Best studied QS  $M/M/n$  – with channels, service time distribution and the distribution for the time between arrivals follow an exponential distribution. Because of the assumptions made, such models known as Markov models, have limited appliance and do not fit for most practical systems.

The most examined are the relatively simple  $M/M/n$  models. The simplest example is  $M/M/1$  queue, for which textbooks pertaining to performance evaluation usually present the results to compute the steady state distribution of number of requests. Well studied class of one-channel models with specific flow characteristics, discussed e. g. by Ryzhikov in [1] or Eremin [2], which analyse the behaviour QS with determined delay in starting the service.

The biggest interest was recently been focused on the investigations in multichannel non-Markovian queues where flows are approximated by phase-type distributions. For example, Bubnov in [3] models to forecast software reliability characteristics, such as number of corrected errors, required debugging time, etc. Brandwajn and Begin in [4] propose a semi-numerical approach to compute the steady-state probability distribution for the number of requests at arbitrary and at arrival time instants in Ph/M/c-like systems.

Cox showed in [5] that an arbitrary distribution of length of a random variable can be represented by a compound of exponential stages or phase-type distribution. The advantage of such a representation is that it ensures convenience of approximation

of the random process to a Markov process and gives the power of creating and solving the system of equations describing the behaviour of the corresponding model.

Described here multichannel non-Markovian QS with warm-up require more complex mathematical description, compared to the Markov models, e. g. the request flow can be recurrent or represented by an arbitrary stochastic function. Examples of previous works addressing QS with warm-up are by Kolahi in [6] or by Kreinin in [7] for the characteristics of single channel QS, or by Bin Sun, A. N. Dudin in [1] studying the MAP/PH/n multichannel QS with warm-up and broadcasting service discipline. Mao and Humphrey in [8] examine the influence of the warm-up during virtual machine startup in the cloud system.

Examples of early works on cloud performance subject can be found in [2] and [9]. In a fairly recent work of several authors investigate questions of evaluation of performance of cloud and other systems on the basis of models of multi-channel queuing systems with warming [10] and cooling [11, 12].

### MODELS WITH "COOLING"

To study the cloud systems with described "cooling" it is useful to introduce an enhanced notation  $A/S/C/n$ , which compared to original Kendall's notation contains additional  $C$  denoting the cooling time distribution.

Let's describe the parameters of a model which is set up. To approximate the distribution of the cooling time we propose to apply a generalized Erlang distribution of the second order, which refers to the distributions of phase type and consists of two consecutive phases with exponential distribution delays in each of them. This distribution allows with reasonable accuracy [13]. This distribution allows with reasonable accuracy to approximate random variables with a coefficient of variation  $v \in [0,7; 1)$ , which corresponds to the many practice areas. For the case when the coefficient of variation of  $u > 1$ , can be applied hyperexponential distribution of second order, as was done in article [14]. Received QS  $M/M/E_2/n$  with cooling has the microstate diagram, shown in the fig. 4.

The cooling process has two parameters  $\mu_{c1}$  and  $\mu_{c2}$  – intensities of "cooling".

The leftmost column in the diagram shows the current number of customers in the system and indicates the number of the state. Each tier system is in one of three states: a service state and two phase cooling states. In this model, the duration of cooling is characterized by a generalized second order Erlang distribution. After the last service the request moves to the first phase of the cooling with intensity  $\mu_{c1}$  then to the second phase with intensity  $\mu_{c2}$ , and after that system goes into service state. Service proceeds with intensity  $\mu$ , multiplied by the number of occupied service channels. At full occupation (in tiers with the numbers more than  $n$ ) the diagram stabilizes at all the lower tiers.

Based on Markovian QS transition diagram a matrix of transition intensities are constructed and vector-matrix balance equations of transitions between microstates are solved.

Denote as  $S_j$  the set of system microstates when exactly  $j$  requests are served, and by  $\sigma_j$  – number of elements in  $S_j$ . Then from the microstate diagram, analytically the following matrices describing the system are defined:

- $A_j[\sigma_j \times \sigma_{j+1}]$  – in  $S_{j-1}$  (request arrival);
- $B_j[\sigma_j \times \sigma_{j-1}]$  – in  $S_{j-1}$  (request service completion);

- $C_j[\sigma_j \times \sigma_j]$  – in  $S_j$  (request service in progress);
- $D_j[\sigma_j \times \sigma_j]$  – leaving microstates of tier  $j$  (a diagonal matrix).

For each tier  $j$  denote by vectors  $\gamma_j = \{\gamma_{j,1}, \gamma_{j,1}, \dots, \gamma_{j,\sigma_j}\}$  the probability that a QS is in microstate  $(j, i)$ ,  $j = 0, 1, \dots$ . Then it is possible to write the system of vector-matrix balance equations describing transitions between microstates:

$$\begin{aligned} \gamma_0 D_0 &= \gamma_0 C_0 + \gamma_1 B_1, \\ \gamma_j D_j &= \gamma_{j-1} A_{j-1} + \gamma_j C_j + \gamma_{j+1} B_{j+1}, \quad j = 1, 2, \dots \end{aligned}$$

An iterative numerical method introduced by Takahashi and Takami in [10] is then used to solve the system and find the steady-state microstates probability distribution.

### MUTUAL MODEL CHECKING

Java program has been developed to implement the described numeric method. It has been designed to perform actions on matrices in general, and therefore it allows obtaining results for both presented models as well as for models of other systems within the comparable classes of phase-type distributions.

The initial data has been produced from test statistics gathered for a sample cloud system as shown on fig. 1. To collect it a simulation performance testing in an Apache JMeter tool was

run with 300 threads in parallel and independently performing queries of various kinds.

The following computational resources were used to perform the testing:

- Application servers have the following characteristics:
  - CPU Intel Xeon X7560 (2.26 GHz), 8 cores;
  - hyperthreading disabled;
  - 512Gb RAM;
  - memory allocated in the range of 6–8 Gb per node;
  - average CPU load in the range 0.3–0.5 per core.
- Network segments have the following characteristics:
  - nodes reside in the same logical network segment;
  - 100/1000 Mbps Ethernet ports are used.

It is useful to experiment with the model parameters under different scenarios and determine the conditions for receiving the desired QoS level.

We considered the following inputs – the intensity of the incoming stream  $\lambda = 3$ ; the average cooling time  $a_1 = 1$ ; service rate  $\mu = 1,5$ ; the number of channels  $n = 3$ . We calculated for different cooling coefficients of variation  $v = \{0.7, 0.8, 0.9, 1.0\}$ . These stationary probabilities of states of the system are shown in fig. 5.

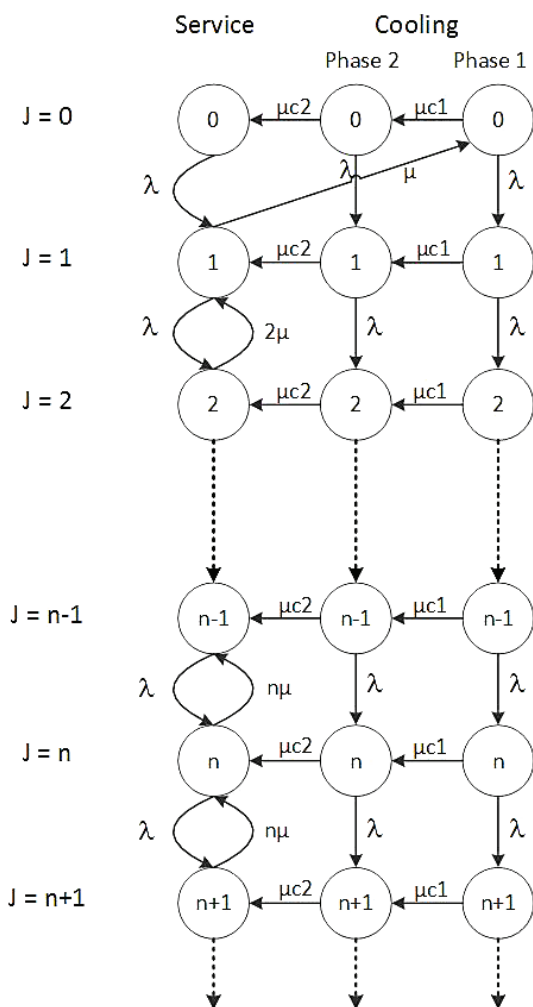


Fig. 4. Diagram for M/M/E/n QS with “cooling”

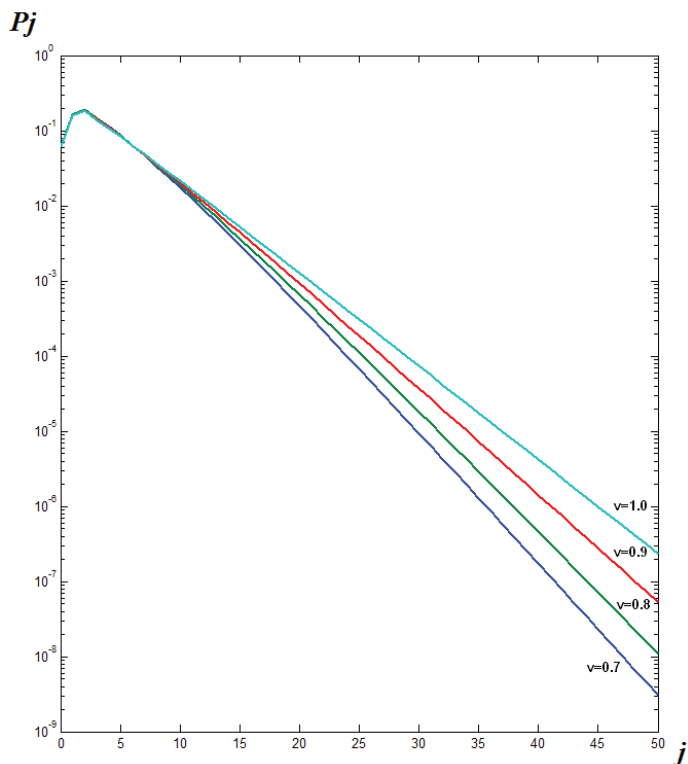


Fig. 5. Probabilities of stationary states QS M/M/E<sub>2</sub>/3 with “cooling”

The graph shows a significant effect of the variation coefficient on the probability of the system states.

The study demonstrates the influence of the cooling patterns on the performance and shows the need to collect data and examine cooling patterns to assure that the system capabilities are appropriate for significantly different levels and patterns of demand that might be relevant during a given time period.

### CONCLUSION

With the use of a multichannel queuing system model with “cooling” our paper demonstrates the effects filters have on the

performance when the filter is used after the return from the servlet. Where a Java program was developed to simulate a cloud computing system with a java web-interface using filters.

The further study is to focus on:

- Expanding the characteristic distribution function of the described models on to the networks of QS with multiple nodes.
- Expanding the research on Hyper exponential distribution case with complex coefficients.

#### REFERENCES

1. Ryzhikov Yu. I. Raspredelenie chisla trebovaniy v sisteme massovogo obsluzhivaniya s "razogrevom" [Distribution of the Number of Requests in a Queuing System with warm-up], *Problemy peredachi informatsii [Probl. Peredachi Inf.]*, 1973, Vol. 9, no. 1, pp. 88–97.
2. Eremin A. S. A Queuing System with Determined Delay in Starting the Service, *Intellectual Technologies on Transport*, 2015, no. 4, pp. 23–26.
3. Bubnov V. P., Tyrva A. V., Khomonenko A. D. Model of reliability of the software with Coxian distribution of length of intervals between the moments of detection of errors. *Proc. 34th Annual IEEE Comput. Software and Appl. Conf. (COMPSAC 2010)*, Seoul, Korea, 19–23 July 2010, Seoul, 2010, pp. 238–243.
4. Brandwajn A., Begin T. A recurrent solution of Ph/M/c/N-like and Ph/M/c-like queues, *J. Appl. Probab.*, 2012, Vol. 49, no. 1, pp. 84–99.
5. Cox D. R. A use of complex probabilities in the theory of stochastic processes, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 1955. Vol. 51, no. 2, pp. 313–319.
6. Kolahi S. S. Simulation Model, Warm-up Period, and Simulation Length of Cellular Systems, *Second Int. Conf. Intell. Syst., Model. Simul. (ISMS)*, 2011, pp. 375–379.
7. Kreinin Ya. Single-channel queuing system with warm up, *Autom. Remote Control*, 1980, Vol. 41, no. 6, pp. 771–776.
8. Mao M., Humphrey M. A performance study on the vm startup time in the cloud, *IEEE 5th Int. Conf. on Cloud Comput. (CLOUD)*, IEEE Press, 2012, pp. 423–430.
9. Takahashi Y., Takami Y. A numerical method for the steady-state probabilities of a GI/G/c queuing system in a general class, *J. Operat. Res. Soc. Jpn.*, 1976, Vol. 19, no. 2, pp. 147–157.
10. Khomonenko A. D., Gindin S. I. Stochastic models for cloud computing performance evaluation, *Proc. 10th Central and Eastern European Software Eng. Conf. in Russia*, NY, USA, 2014; Moscow, 23–25 Oct. 2014. Available at: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2687233>.
11. Khomonenko A. D., Khalil M. M., Gindin S. I. A cloud computing model using multi-channel queuing system with control, *XIX IEEE Int. Conf. Soft Comput. and Meas. (SCM)*, 2016, pp. 103–106.
12. Lohvitsky V. A., Ulanov A. V. The numerical analyses of queuing system with hyperexponential distribution of cooling time [Chislennyi analiz sistemy massovogo obsluzhivaniya s giperekspontentsial'nym «okhlazhdeniem»], *Vestnik-tomskogo gosudarstvennogo-universiteta-upravlenie-vychislitel'naya-tehnika-i-informatika [Tomsk State Univ. J. Control and Comput. Sci.]*, 2016. no. 4 (37). pp. 36–43.
13. Gindin S. I., Khomonenko A. D., Matveev S. V. Software For Calculation The Characteristics Of Multichannel Queueing Systems With "Warm-Up" And Approach For Its Testing [Programmnyi kompleks rascheta kharakteristik mnogokanal'nykh sistem massovogo obsluzhivaniya s «razogrevom» i podkhod k ego testirovaniyu], *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]*, 2014, no. 4, pp. 152. Available at: <http://www.science-education.ru/118-13872>.
14. [http://www.tutorialspoint.com/servlets/servlets\\_overview.htm](http://www.tutorialspoint.com/servlets/servlets_overview.htm).

# Тестирование программного комплекса расчета многоканальных систем массового обслуживания с «охлаждением» и $E_2$ -аппроксимацией

Халил М. М.

Петербургский Государственный  
Университет Путей Сообщения  
Императора Александра I  
Санкт-Петербург, Россия  
maadalomar@gmail.com

Андрук А. А.

Петербургский Государственный  
Университет Путей Сообщения  
Императора Александра I  
Санкт-Петербург, Россия  
aaandruk@gmail.com

**Аннотация.** Рассмотрено приложение для облачной системы с веб-интерфейсом с использованием фильтров. Оценивается влияние фильтров на производительность облачных сервисов. Расчеты основаны на теории массового обслуживания и обобщении моделей многоканальных систем с «охлаждением» и аппроксимацией не Марковских процессов с помощью распределений фазового типа. Описаны диаграммы переходов и матрицы микросостояний многоканальной системы массового обслуживания для моделирования приложения с веб-интерфейсом, показана схема для вычисления стационарных распределений числа запросов в системе и разработана JAVA программа, реализующая фильтр для шифрования данных. Приведена схема взаимной проверки моделей многоканальных систем обслуживания с «охлаждением».

**Ключевые слова:** сервлеты, фильтры, облачные вычисления, охлаждение, веб-интерфейс, теория массового обслуживания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рыжиков Ю. И. Распределение числа требований в системе массового обслуживания с «разогревом» / Ю. И. Рыжиков // Проблемы передачи информации. – 1973. – Т. 9, № 1. – С. 88–97.
2. Еремин А. С. Система массового обслуживания с детерминированными задержками запуска службы / А. С. Еремин // Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2015. – № 4. С. 23–26.
3. Bubnov V. P. Model of reliability of the software with Coxian distribution of length of intervals between the moments of detection of errors / V. P. Bubnov, A. V. Tyuva, A. D. Khomonenko // Proc. 34th Annual IEEE Comput. Software and Appl. Conf. (COMPSAC 2010), Seoul, Korea, 19–23 July 2010. – Seoul, 2010. – P. 238–243.
4. Brandwajn A. A recurrent solution of Ph/M/c/N-like and Ph/M/c-like queues / A. Brandwajn, T. Begin // J. Appl. Probab. – 2012. – Vol. 49, № 1. P. 84–99.
5. Cox D. R. A use of complex probabilities in the theory of stochastic processes / D. R. Cox // Proc. Camb. Phil. Soc. – 1955. – Vol. 51, № 2. P. 313–319.

6. Kolahi S. S. Simulation Model, Warm-up Period, and Simulation Length of Cellular Systems / S. S. Kolahi // Second Int. Conf. Intell. Syst., Modeling and Simulation (ISMS), 2011. – 2011. – P. 375–379.

7. Kreinin Ya. Single-channel queuing system with warm up / Ya. Kreinin // Autom. Remote Control. – 1980. – Vol. 41, № 6. – P. 771–776.

8. Mao M. A performance study on the vm startup time in the cloud / M. Mao, M. Humphrey // IEEE 5th Int. Conf. Cloud Comput. (CLOUD). – IEEE Press, 2012. – P. 423–430.

9. Takahashi Y. A numerical method for the steady-state probabilities of a GI/G/c queuing system in a general class / Y. Takahashi, Y. Takami // J. Operat. Res. Soc. Jpn. – 1976. – Vol. 19, № 2. – P. 147–157.

10. Khomonenko A. D. Stochastic models for cloud computing performance evaluation / A. D. Khomonenko, S. I. Gindin // Proc. 10th Central and Eastern European Software Eng. Conf. in Russia, 23–25 Oct. 2014. – NY, USA: ACM New York; Moscow, 2014 – URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2687233>.

11. Хомоненко А. Д. Модель облачных вычислений с использованием многоканальной системы массового обслуживания с управлением / А. Д. Хомоненко, М. М. Халил, С. И. Гиндин // Мягкие вычисления (SCM), XIX междунар. конф., СПб., 25–27 мая 2016; Т. 1, Секция 2. – СПб., 2016. – С. 247–251.

12. Лохвицкий В. А. Численный анализ системы массового обслуживания с гиперэкспоненциальным «охлаждением» / В. А. Лохвицкий, А. В. Уланов // Вестн Томск. гос. ун-та. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2016. – № 4 (37). – С. 36–43.

13. Гиндин С. И. Программный комплекс расчета характеристик многоканальных систем массового обслуживания с «разогревом» и подход к его тестированию / С. И. Гиндин, А. Д. Хомоненко, С. В. Матвеев // Соврем. проблемы науки и образования. – 2014. – № 4. С. 152. URL: <http://www.science-education.ru/118-13872> (дата обращения 09.07.2014).

14. [http://www.tutorialspoint.com/servlets/servlets\\_overview.htm](http://www.tutorialspoint.com/servlets/servlets_overview.htm).

# Балльно-рейтинговая система контроля успеваемости обучающихся по отдельным дисциплинам

Якубчик П. П.

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I  
Санкт-Петербург, Россия  
P.jakub@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрена балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся, учитывающая все виды студенческих работ, качество их исполнения. Приведен пример оценки степени освоения обучающимися учебного материала по дисциплине «Насосные и воздуходувные станции» в ходе текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации. Дана оценка эффективности применения данной системы на практике. Указано, что обучающиеся понимают балльно-рейтинговую систему контроля успеваемости, повышается их интерес к занятиям, активизируется систематическая самостоятельная работа в течение всего процесса обучения по конкретной дисциплине.

**Ключевые слова:** балльно-рейтинговая система, контроль знаний, специальная дисциплина, фонд оценочных средств, рейтинговая оценка.

## ВВЕДЕНИЕ

В Федеральных государственных образовательных стандартах всех поколений представлены конкретные требования к качеству обучения и к контролю знаний обучающихся. Проявлением этих требований и одной из современных тенденций развития высшей школы в рамках профессиональной направленности обучения стало использование профессионально ориентированных педагогических технологий, к каковым относится и балльно-рейтинговое оценивание результатов обучения.

## ОБЗОР ПУБЛИКАЦИЙ

Системы балльно-рейтингового оценивания результатов обучения, разрабатываемые в вузах, получили широкое практическое применение и заняли значительное место в научных публикациях. В статьях Э. К. Алгазинова, Л. А. Габдрахимова, И. Е. Девятовой, М. С. Кудрявцева, Т. В. Малышевой, Т. Ю. Новичковой, Л. Н. Пономаревой рассматриваются разные аспекты применения на практике балльно-рейтинговых систем и анализируются их преимущества по сравнению с другими системами оценки [1–7]. Роли балльно-рейтинговой оценки успеваемости обучаемых посвящены статьи А. С. Левина, В. И. Опрятова [8, 9]. Балльно-рейтинговым системам оценивания знаний, обеспечению на их основе высокого качества учебного процесса и оценки социальной активности студентов большое внимание уделяется в публикациях В. И. Опрятова, Р. М. Рахимова, Б. А. Сазонова и О. В. Тарасенко [9–12]. Данной теме посвящены научные работы ученых Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I

А. П. Ледяева, С. В. Микони, В. И. Ковалева, П. П. Якубчика, Д. П. Буракова [13–15].

Вопросы повышения эффективности организации процесса обучения и оценки его качества рассмотрены во многих работах зарубежных авторов, например [16–18]. В частности, в статье [16] затрагиваются технологии, демонстрирующие компетентность студентов в области этики и профессиональных стандартов; в статье [17] – формирование профессиональных компетенций студентов в инженерном образовании; в [18] – оценки профессиональной пригодности операторов человеко-машинных систем.

Главной целью реализации балльно-рейтинговой системы оценивания результатов обучения является повышение качества образовательного процесса вуза в целом и качества знаний каждого обучаемого в частности.

Использование данной системы каждым преподавателем позволяет:

- повысить качество учебного процесса и успеваемость каждого обучающегося на основе регламентации семестровых контрольных мероприятий по всем учебным дисциплинам;
- упорядочить, сделать прозрачными и расширить возможности применения различных видов и форм текущего и промежуточного контроля, процесса и результатов обучения;
- формировать у обучающихся мотивацию к регулярной аудиторной, внеаудиторной и самостоятельной работе;
- совершенствовать развитие принципов индивидуально-го подхода в образовательном процессе;
- широко использовать в учебном процессе новые формы, методы и средства обучения, обеспечивающие реализацию образовательных программ, в том числе с применением современных информационных и дистанционных технологий.

## ХАРАКТЕРИСТИКА БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ

Использование балльно-рейтинговой системы основано, прежде всего, на единых требованиях к обучающимся, предусматривающих в процессе изучения дисциплины прохождения фиксированного количества тестирований, выполнение определенного числа контрольных, лабораторных, курсовых и других самостоятельных работ. Балльно-рейтинговая система оценки требует от обучающегося постоянной ритмичной работы в течение всего семестра, так как изучаемый материал сдается по частям и время его освоения сконцентрировано и ограничено. Разработка и реализация балльно-

рейтинговой системы предусматривает повышение качества планирования и контроля учебно-методической деятельности каждого преподавателя, что должно быть четко определено в его индивидуальном плане. Необходимость использования в учебном процессе балльно-рейтинговой системы заключается в том, что с ее помощью точнее оценивается уровень знаний обучающихся, она менее субъективна, чем традиционная система.

Степень освоения обучающимися учебного материала по каждой дисциплине при балльно-рейтинговой системе оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации. Текущий контроль успеваемости проводится в ходе аудиторных занятий по расписанию учебных занятий и (или) дополнительных консультаций проверкой уровня освоения знаний в течение семестра. Промежуточная аттестация обучающихся происходит по завершении изложения преподавателем дисциплины в конце семестра в виде зачета или в период сессии в виде экзамена. Текущий контроль может проводиться в форме письменных и устных опросов на практических и лабораторных занятиях, тестирования по материалам отдельного учебного модуля, выполнения контрольных, лабораторных и самостоятельных работ; написания эссе и рефератов с отчетом (защитой) в установленные сроки. При текущем контроле успеваемости преподаватель может учитывать регулярность посещения обучающимися аудиторных занятий.

Промежуточная аттестация состоит в определении суммы баллов, полученных по результатам, достигнутым обучающимися в ходе текущего контроля успеваемости, и баллов, полученных при сдаче экзамена, зачета, защиты курсового проекта (работы).

Следует отметить, что балльно-рейтинговая система оценивания результатов обучения должна учитывать не только факт аудиторной работы, но и качество ее выполнения. Учет факта и качества работы на занятиях должен быть объективным, оцениваться по заранее установленным правилам, а не зависеть от произвола преподавателя. На наш взгляд, эта система должна быть:

- объективной, простой и понятной преподавателем и обучающимся;
- нетрудоёмкой и не требующей специальной подготовки преподавателя;
- учитывающей все виды аудиторной и самостоятельной работы обучающегося и качество ее выполнения.

С учетом этих требований кафедра определяет количество, содержание разделов и оценочную шкалу баллов. Информация о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации должна фиксироваться в кафедральном журнале группы и быть доступной для студентов.

#### Балльно-рейтинговая система по дисциплине «НАСОСНЫЕ И ВОЗДУХОДУВНЫЕ СТАНЦИИ»

В таблице приведен пример организации балльно-рейтинговой системы оценивания результатов обучения по специальной дисциплине «Насосные и воздуходушные станции» для подготовки бакалавров по направлению «Строительство», профиль «Водоснабжение и водоотведение».

Дисциплина «Насосные и воздуходушные станции» изучается в течение двух семестров и включает лабораторные, практические занятия и экзамен в первом семестре; выпол-

нение курсового проекта и второй экзамен – во втором семестре. Общая трудоёмкость дисциплины составляет 8 з. е. (288 ч).

В процессе преподавания специальной дисциплины «Насосные и воздуходушные станции» используются следующие образовательные технологии:

- лекции с использованием современных информационных средств обучения;
- лабораторные занятия, на которых выполняются исследования насосов в различных сочетаниях, обработка опытных данных и построение графиков, по которым определяются энергетические параметры насосных установок;
- письменные домашние задания, в которых обучающийся должен решить не менее шести задач за семестр (по две задачи в одном задании);
- выполнение курсового проекта по индивидуальной теме;
- промежуточные тестирования по определенным модулям дисциплины;
- самостоятельная работа обучающихся, в которую входят освоение теоретического материала, подготовка к выполнению лабораторных работ, выполнение домашних заданий и курсового проекта, работа с электронным учебно-методическим комплексом, подготовка к текущему тестированию и сдаче экзаменов.

Все виды контроля успеваемости обучающихся по дисциплине оцениваются по 100-балльной шкале. Оценка выставляется в соответствии с приведенной таблицей. На текущий контроль успеваемости отводится 60 баллов, на учет посещаемости обучающимися лекций – 10 баллов, на промежуточную аттестацию – 30 баллов. Поэлементное распределение баллов на текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию устанавливает кафедра.

При текущем контроле успеваемости по дисциплине «Насосные и воздуходушные станции» в первом семестре учитываются выполнение и защита в срок лабораторных работ по 3 балла за одну работу (всего  $5 \times 3 = 15$  баллов), выполнение и защита в срок трех домашних заданий по 5 баллов за одно задание (всего  $35 \times 5 = 15$  баллов), успешное прохождение трех текущих тестирований по 10 баллов за одно тестирование (всего  $35 \times 10 = 30$  баллов).

При текущем контроле успеваемости по данной дисциплине во втором семестре учитываются ритмичная работа над курсовым проектом (всего 30 баллов) и успешное прохождение еще трех текущих тестирований по 10 баллов за каждое тестирование (всего  $35 \times 10 = 30$  баллов). Баллы за ритмичную работу над курсовым проектом устанавливает кафедра с разбивкой по отдельным разделам проекта и сроками выполнения. Так, если обучающийся к 27-й учебной неделе (в учебном году 54 недели) выбрал режим работы насосной станции, то он получает 6 баллов, к 31-й неделе правильно определил расчетные параметры насосной станции – 8 баллов, к 35-й неделе подобрал по каталогам насосы для проектируемой насосной станции и выполнил графический анализ их работы – 8 баллов, к 39-й неделе разработал чертеж насосной станции и успешно защитил курсовой проект – еще 8 баллов. Максимальное количество баллов, которое может получить обучающийся за курсовой проект, равно 30. При таком количестве баллов обучающийся при защите курсового проекта получает оценку «отлично». При меньшем количестве баллов оценка при защите курсового про-

Балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся по дисциплине «Насосные и воздуходувные станции»

Вид учебной деятельности и сроки контроля	Количество часов по семестрам		Максимальное количество баллов по семестрам		Примечание
	3	4	3	4	
1. Лекции 1.1. Посещаемость лекций (0,6 балла за одну лекцию)	36	34	10	10	Допуск к экзамену: > 50 баллов и защита лабораторных работ, домашних заданий – в первом семестре; защита курсового проекта – во втором семестре. Баллы начисляются только при выполнении всех видов учебной деятельности в установленные сроки
<b>2. Текущий контроль</b> 2.1. Лабораторные работы и домашние задания: • выполнение и защита лабораторных работ по расписанию занятий (5 л.р. × 3 балла); • выполнение и защита домашних заданий по графику (3 д.з. × 5 баллов). 2.2. Выполнение курсового проекта: • выбор режима работы насосной станции (27-я неделя); • определение расчетных параметров насосной станции (31-я неделя); • подбор насосов и анализ их работы (35-я неделя); • разработка чертежа насосной станции и защита курсового проекта (39-я неделя)	18	–	15 15	6 8 8 8	
<b>3. Тестирование</b> 3.1. Тесты по лекциям № 1 – № 5 3.2. Тесты по лекциям № 6 – № 10 3.3. Тесты по лекциям № 11 – № 14 3.4. Тесты по лекциям № 15 – № 19 3.5. Тесты по лекциям № 20 – № 24 3.6. Тесты по лекциям № 25 – № 28			10 10 10	10 10 10	
			Σ40	Σ30	
<b>4. Экзамен</b>	–	–	30	30	
<b>Итого:</b> <b>5. Итоговая оценка</b> 5.1. «отлично» 5.2. «хорошо» 5.3. «удовлетворительно» 5.4. «неудовлетворительно»			Σ100 100–86 85–75 74–60 ≥ 59	Σ100 100–86 85–75 74–60 ≥ 59	

екта определяется преподавателем в зависимости от уровня ответов обучающегося.

Таким образом, для получения итоговой положительной оценки по дисциплине «Насосные станции и воздуходувные станции» обучающийся в каждом семестре должен набрать сумму баллов в пределах от 60 до 100. Для допуска к экзаменам обучающийся по итогам текущего контроля успеваемости должен набрать не менее 50 баллов. В приведенной таблице представлено соотношение рейтинговых баллов к экзаменационной оценке.

Максимальное количество баллов, которое может получить обучающийся при сдаче экзамена, равно 30. Минимальное количество баллов, которыми может быть оценен удовлетворительный ответ, – 11.

Перевод уровня ответа обучающегося на экзамене в баллы следующий:

- полные ответы на вопросы – 25–30 баллов;
- достаточно полные ответы на вопросы – 20–24 балла;
- неполные ответы на вопросы или часть вопросов – 11–20 баллов;
- нет ответов на вопросы или вопросы не раскрыты – 0 баллов.

Обучающийся, получивший сумму баллов с учетом сдачи экзамена менее 60, аттестуется неудовлетворительно, ему представляется возможность ликвидировать задолженность

по дисциплине в дни переэкзаменовок или по индивидуальному плану.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Следует отметить, что предлагаемая балльно-рейтинговая система контроля успеваемости обучающихся по отдельной специальной дисциплине проста для преподавателя, так как составляет его привычную работу, и понятна обучающимся.

Подсчет баллов по каждому виду учебной работы обучающегося не требует специальных знаний и умений преподавателя, а также временных затрат, выходящих за рамки его обычной нагрузки. Итоговая оценка по дисциплине носит объективный характер, так как устанавливается независимо от произвола преподавателя. Применение данной системы автором на практике показало эффективность и понимание ее обучающимися, повышение их интереса к занятиям, создание условий обучающимся для активизации систематической самостоятельной работы в течение всего учебного года.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Алгазинов Э.К. Балльно-рейтинговая система контроля знаний / Э.К. Алгазинов // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. – 2006. – № 1. – С. 45–48.



2. Габдрахимова Л. А. Балльно-рейтинговая система оценки знаний в контексте формирования единого пространства европейского высшего образования / Л. А. Габдрахимова // Вестн. Казан. энергетич. ун-та. – 2012. – № 3. – С. 139–145.
3. Девятова И. Е. Из опыта внедрения рейтинговой системы оценки успеваемости студентов / И. Е. Девятова // Вестн. Южно-Урал. пед. ин-та. – 2012. – № 2. – С. 47–58.
4. Кудрявцев М. С. Балльно-рейтинговая оценка успеваемости студентов при изучении гуманитарных дисциплин / М. С. Кудрявцев // Alma mater (Вестн. высш. шк.). – 2015. – № 10. – С. 67–71.
5. Малышева Т. В. Практика внедрения балльно-рейтинговой системы оценивания результатов обучения студентов ссуза / Т. В. Малышева // Актуальные вопросы современной педагогики: материалы IV междунар. науч. конф., Уфа, 2013. – Уфа: Лето, 2013. – С. 170–173.
6. Новичкова Т. Ю. Современные средства оценивания результатов обучения / Т. Ю. Новичкова // Молодой ученый. – 2014. – № 6. – С. 740–742.
7. Пономарева Л. Н. Обзорный анализ применения модульного обучения в процессе профессиональной подготовки специалистов в вузе / Л. Н. Пономарева. – URL: <http://science.ru/articles/hs/09>.
8. Левина А. С. Рейтинговая система оценки знаний студентов / А. С. Левина // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 3. – С. 59–60.
9. Опрятов В. И. Внедрение балльно-рейтинговой системы оценки знаний студентов в ФГБОУ ВПО «Орловский государственный университет» / В. И. Опрятов // Ученые записки Орлов. гос. ун-та. – 2012. – № 5. – С. 457–459.
10. Рахимова Р. М. Общекультурные компетенции балльно-рейтинговая система оценки социальной активности студентов в АГНИ / Р. М. Рахимова // Вестн. Альметьев. гос. нефтяного ин-та. – 2014. – № 2. – С. 214–218.
11. Сазонов Б. А. Балльно-рейтинговая система оценивания знаний и обеспечение качества учебного процесса / Б. А. Сазонов // Высш. образование в России. – 2012. – № 6. – С. 124–132.
12. Тарасенко О. В. Балльно-рейтинговая система оценивания студентов в условиях аграрного вуза / О. В. Тарасенко // Молодой ученый. – 2014. – № 1. – С. 579–581.
13. Ковалев В. И. Система оценки деятельности кафедр университета / В. И. Ковалев, А. П. Ледяев, С. В. Микони, П. П. Якубчик // Alma mater (Вестн. высш. шк.). – 2002. – № 1. – С. 17–22.
14. Ледяев А. П. Решение рейтинговых задач в системе СВИРЬ / А. П. Ледяев, С. В. Микони, П. П. Якубчик, Д. П. Бураков // Открытое образование. – 2005. – № 4. – С. 41–46.
15. Ледяев А. П. Определение весовых коэффициентов функции полезности в задаче оценки деятельности кафедр университета / А. П. Ледяев, С. В. Микони, П. П. Якубчик // Вестн. ПГУПС. – 2004. – Вып. 2. – С. 137–143.
16. Feldhaus C. R. A single instrument: Engineering and engineering technology students demonstrating competence in ethics and professional standards / C. R. Feldhaus et al. // Sci. Eng. Ethics. – 2006. – № 2. – P. 291–311.
17. Lisichko E. Formation of professional competence of students in engineering education / E. Lisichko, E. Postnikova, S. I. Tverdokhlebov // Creative Educ. – 2013. – № 3. – P. 104–106.
18. Petukhov I. Assessment of vocational aptitude of man-machine systems operators / I. Petukhov, L. Steshina // Conf. Proc. HIS 2014: Human System Interactions. – Costa da Caparica, Portugal, 2014. – P. 44–48.

# Point-Rating Performance Monitoring System of Students in Certain Disciplines

Yakubchik P. P.

Petersburg State Transport University

St. Petersburg, Russia

P.jakub@mail.ru

**Abstract.** We consider the score-rating system of an estimation of knowledge of students, taking into account all types of student work, the quality of their performance. An example of assessing the development of studying of educational material on the subject “The pump and blower stations” during the ongoing monitoring of progress and intermediate certification. The estimation of the effectiveness of the system in practice. Indicated on the learners understanding of score-rating performance monitoring system, increasing their interest in activities and intensification of systematic independent work during the whole learning process a particular discipline.

**Keywords:** score-rating system, control of knowledge, a special discipline, evaluation fund, rating estimation.

## REFERENCES

1. Algazinov Je. K. Point-Rating System of Knowledge Control [Ball’no-rejtingovaja sistema kontrol’ja znanij], *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta [Vestnik Voronezh State University]*, 2006, no. 1, pp. 45–48.
2. Gabdrahimova L. A. Point-rating System of Knowledge Evaluation in the Context of Forming a Single European Higher Education Space [Ball’no-rejtingovaja sistema ocenki znanij v kontekste formirovaniya edinogo prostranstva evropejskogo vysshego obrazovaniya], *Vestnik Kazanskogo jenergeticheskogo universiteta [Gazette Kazan Energy University]*, 2012, no. 3, pp. 139–145.
3. Devjatova I. E. From the Experience of the Introduction of the Rating System of Students’ Progress [Iz opyta vnedreniya rejtingovoj sistemy ocenki uspevaemosti studentov], *Vestnik Juzhno-Ural’skogo pedagogicheskogo instituta [Gazette South Ural Pedagogical Institute]*, 2012, no. 2, pp. 47–58.
4. Kudrjavcev M. S. Point-rating Assessment of Students’ Progress in the Study of the Humanities [Ball’no-rejtingovaja ocenka uspevaemosti studentov pri izuchenii gumanitarnyh disciplin], *Alma mater (Vestnik vysshej shkoly) [Alma mater (Gazette of High School)]*, 2015, no. 10, pp. 67–71.
5. Malysheva T. V. Practice Implementation of Score-rating Student Performance Evaluation System of Specialized Secondary School [Praktika vnedreniya ball’no-rejtingovoj sistemy ocenivaniya rezul’tatov obuchenija studentov ssuza], *Aktual’nye voprosy sovremennoj pedagogiki [Topical Issues of Modern Pedagogy]*, Proc. IV Int. Conf., Ufa, Leto, 2013, pp. 170–173.
6. Novichkova T. Ju. Modern Means of Assessment of Learning Outcomes [Sovremennye sredstva ocenivaniya rezul’tatov obuchenija], *Molodoj uchenyj [Young Scientist]*, 2014, no. 6, pp. 740–742.
7. Ponomaryova L. N. Survey Analysis of using of Modulus Education in the Process of Professional Training of Specialists in a High School [Survey analysis of using of modulus education in the process of professional training of specialists in a high school] (available at: <http://science.ru/articles/hs/09>).
8. Levina A. S. The Rating System of Students’ Knowledge Assessment [Rejtingovaja sistema ocenki znanij studentov], *Uspехi sovremennogo estestvoznaniya [The Success of Modern Science]*, 2011, no. 3, pp. 59–60.
9. Oprjatov V. I. Implementation of Score-rating System of Evaluation of Students’ Knowledge in the VPO Orel-of-State University” [Vnedrenie ball’no-rejtingovoj sistemy ocenki znanij studentov v FGBOU VPO «Orlovskij gosudarstvennyj universitet»], *Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta [Scientific Notes of Orel State University]*, 2012, no. 5, pp. 457–459.
10. Rahimova R. M. General Cultural Competence of Score-rating System to Assess the Social Activity of Students in AGNI [Obshhekul’turnye kompetencii ball’no-rejtingovaja sistema ocenki social’noj aktivnosti studentov v AGNI], *Vestnik Al’metyevsk State Oil Institute*, 2014, no. 2, pp. 214–218.
11. Sazonov B. A. Point-rating System of Knowledge Assessment and Quality Assurance of the Learning Process [Ball’no-rejtingovaja sistema ocenivaniya znanij i obespechenie kachestva uchebnogo processa], *Vyshee obrazovanie v Rossii [Higher Education in Russia]*, 2012, no. 6, pp. 124–132.
12. Tarasenko O. V. Point-rating System of Evaluation of Students in the Conditions of Agrarian University [Ball’no-rejtingovaja sistema ocenivaniya studentov v uslovijah agrarnogo vuza], *Molodoj uchenyj [Young Scientist]*, 2014, no. 1, pp. 579–581.
13. Kovalev V. I., Ledjaev A. P., Mikoni S. V., Yakubchik P. P. The Evaluation System of the University Faculties [Sistema ocenki dejatel’nosti kafedr universiteta], *Alma mater (Vestnik vysshej shkoly) [Alma mater (Gazette of High School)]*, 2002, no. 1, pp. 17–22.
14. Ledjaev A. P., Mikoni S. V., Yakubchik P. P., Burakov D. P. The Solution of Problems in the Rating System SVIR [Reshenie rejtingovykh zadach v sisteme SVIR’], *Otkrytoe obrazovanie [Open Education]*, 2005, no. 4, pp. 41–46.
15. Ledjaev A. P., Mikoni S. V., Yakubchik P. P. Determination of the Weight Coefficients of Useful Tasks Evaluation of University Departments [Opredelenie vesovykh koefitsientov funktsii poleznostiv zadache ocenki dejatel’nosti kafedr universiteta], *Vestnik PGUPS [Izv. Petersburg Transp. Univ.]*, 2004, Is. 2, pp. 137–143.
16. Feldhaus C. R. et al. A single instrument: Engineering and engineering technology students demonstrating competence in ethics and professional standards, *Sci. and Eng. Ethics*, 2006, no. 2, pp. 291–311.
17. Lisichko E., Postnikova E., Tverdokhlebov S. I. Formation of professional competence of students in engineering education, *Creative Educ.*, 2013, no. 3, pp. 104–106.
18. Petukhov I., Steshina L. Assessment of vocational aptitude of man-machine systems operators, in HIS 2014: Human System Interactions, Conf. Proc. Costa da Caparica, Portugal, 2014, pp. 44–48.

# Организация деловых игр с использованием автоматизированных тренажеров

Бессолицын А. С., Федорова Н. Б.

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

**Аннотация.** Описана деловая игра «Организация работы района управления», которая необходима для получения знаний в области обеспечения безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, соблюдения законодательства Российской Федерации об охране труда, пожарной безопасности и защите окружающей природной среды. Игра направлена на формирование готовности к использованию полученных в ней знаний и умений в профессиональной деятельности.

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

## ВВЕДЕНИЕ

Подготовка высококвалифицированного конкурентоспособного специалиста с высшим образованием сегодня невозможна без применения современных информационных технологий в учебном процессе. Обучение студентов железнодорожным специальностям накладывает на вуз особую ответственность, поскольку от квалификации выпускников напрямую зависит безопасность перевозочного процесса. Также подготовка специалиста с учетом современных профессиональных компетенций подразумевает овладение навыками оперативного влияния на перевозочный процесс [1].

Безошибочность действий работников при принятии решений в условиях дефицита времени и при возникновении нестандартных и аварийных ситуаций зависит в основном от трех факторов: профессиональной пригодности, уровня профессиональных знаний и наличия устойчивых навыков и умений работы в конкретных условиях. Развивать и контролировать эти качества позволяют системы оценки уровня профессиональных компетенций, автоматизированные обучающие системы и интеллектуальные тренажеры-имитаторы.

Одна из причин нестабильной работы при организации перевозок – нарушение нормальной работы устройств. Чтобы будущий специалист надежно обеспечивал безопасность в таких ситуациях, нужны не только знания порядка действий, но и, главное, устойчивые умения и навыки безопасной работы. Вырабатывать навыки и умения можно только тренировками, проводить которые в производственных условиях во время практики невозможно. Искусственно создавать аварийные ситуации на станциях для отработки навыков безаварийной работы не всегда возможно, так как это связано с принудительным вмешательством в работу действующих устройств. Другая причина нарушений в процессе организации работы – несогласованность обмена информацией оперативными работниками.

Освоение полученных теоретических знаний и умений оперативной работы, т. е. готовность к профессиональной

деятельности выпускников по специальности «Эксплуатация железных дорог» проверяют во время деловой игры (ДИ). ДИ – это метод имитации принятия решений руководящих работников или специалистов в различных производственных ситуациях, осуществляемый по заданным правилам группой людей или человеком с автоматизированным рабочим местом в диалоговом режиме при наличии конфликтных ситуаций или информационной неопределенности [2].

## ДЕЛОВЫЕ ИГРЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ»

ДИ в учебном процессе применяются уже давно и закрепили свое место, обеспечивая минимальный период адаптации в производственных условиях. Несколько таких игр разработали преподаватели кафедры «Управление эксплуатационной работой»:

- «Диспетчер» – закрепление знаний по технологии работы крупной сортировочной станции и управления ею [3];
- «ДСЦС» – моделирование работы двухсторонней сортировочной станции;
- «ДНЦ» – моделирование поездной работы «отделения» дороги (терминология, используемая до 2004 г.);
- «ДНЦО» – моделирование сменно-суточного планирования работы отделения;
- «ДСП» – моделирование работы станции;
- «Комплексная выпускная деловая игра (КВДИ)» – использовалась в качестве государственного экзамена для студентов специальности «Организация перевозок и управление на транспорте (железнодорожном)».

Проведение этих ДИ подразумевало организацию работы как в «ручном» режиме, так и с использованием автоматизированных рабочих мест. Одним из примеров организации таких автоматизированных рабочих мест является «Компьютерный тренажер-имитатор» [4, 5]. Основные алгоритмы действий оперативных работников в тех или иных ситуациях подробно описаны в работе Н. А. Сапунова [6].

Сегодня ДИ представляет собой имитацию группой студентов перевозочного процесса в крупном подразделении железной дороги – районе управления протяженностью более 300 км. Навыки работы студенты получают во время выполнения лабораторных работ по дисциплине «Управление эксплуатационной работой» на 3, 4 курсе и дисциплине «Организация работы района управления» на 5 курсе (рис. 1).

Цель изучения дисциплины «Организация работы района управления» – получить знания в области обеспечения безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, соблюдения законодательства Российской Федерации об охране труда, пожарной безопасности и защите окружающей природной среды, сформировать готовность

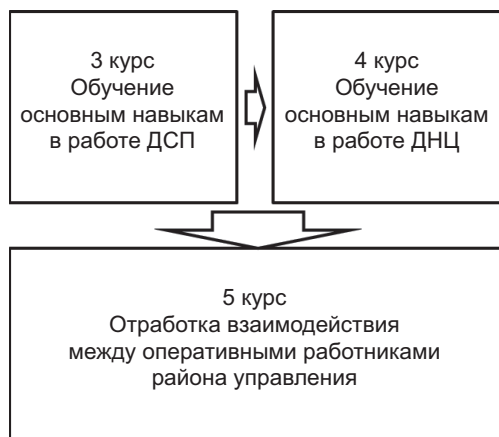


Рис. 1. Этапы подготовки студентов

использовать полученные в результате изучения дисциплины знания и умения в профессиональной деятельности. Для достижения поставленных целей решаются следующие задачи:

- приобретение знаний, умений и навыков в области организации работы района управления для их применения в профессиональной деятельности при эксплуатации железнодорожного транспорта;

- формирование характера мышления и ценностных ориентаций, при которых эффективная и безопасная организация работы железнодорожного транспорта рассматривается в качестве приоритета.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих профессиональных компетенций:

- готовности к разработке и внедрению технологических процессов, технико-распорядительных актов и иной технической документации железнодорожной станции;

- готовности к разработке технологии грузовой и коммерческой работы, к планированию и организации грузовой, ма-

невровой и поездной работы на железнодорожной станции и полигоне железных дорог.

Цели лабораторных занятий на третьем курсе – обучение и отработка безаварийных действий по управлению движением поездов и маневровой работой на сортировочной и участковых станциях, приобретение навыков взаимодействия оперативных работников станций, а также закрепление знаний технологии работы станций [7, 8]. Во время занятий студенты заполняют рабочие документы: журналы движения поездов, графики исполненной работы, ведомости учета работы. По окончании каждого занятия заполненные рабочие документы подписывает преподаватель. Комплект рабочих документов по всем занятиям составляет отчет по лабораторным работам, представляемый к зачету. При подготовке и проведении лабораторных занятий могут быть использованы результаты расчетов норм закрепления составов и планов составаобразования, выполненных ранее на практических занятиях.

Цели лабораторных занятий на четвертом курсе – обучение и отработка безаварийных действий по управлению движением поездов и маневровой работой, приобретение навыков взаимодействия оперативных работников, а также закрепление знаний работы поездного диспетчера. Выполнение лабораторных работ направлено на изучение и освоение основных управляющих функций поездного диспетчера при оснащении диспетчерского участка диспетчерской централизацией [9]. Во время занятий студенты заполняют рабочие документы: график исполненного движения, ведомости учета работы. По окончании каждого занятия заполненные рабочие документы подписывает преподаватель. Комплект рабочих документов по всем занятиям составляет отчет по лабораторным работам, представляемый к зачету.

На пятом курсе реализуется работа района управления железной дороги, состоящей из трёх диспетчерских кругов, трёх участковых станций и сортировочной станции (рис. 2). Студенты – участники ДИ – распределяются по игровым кол-

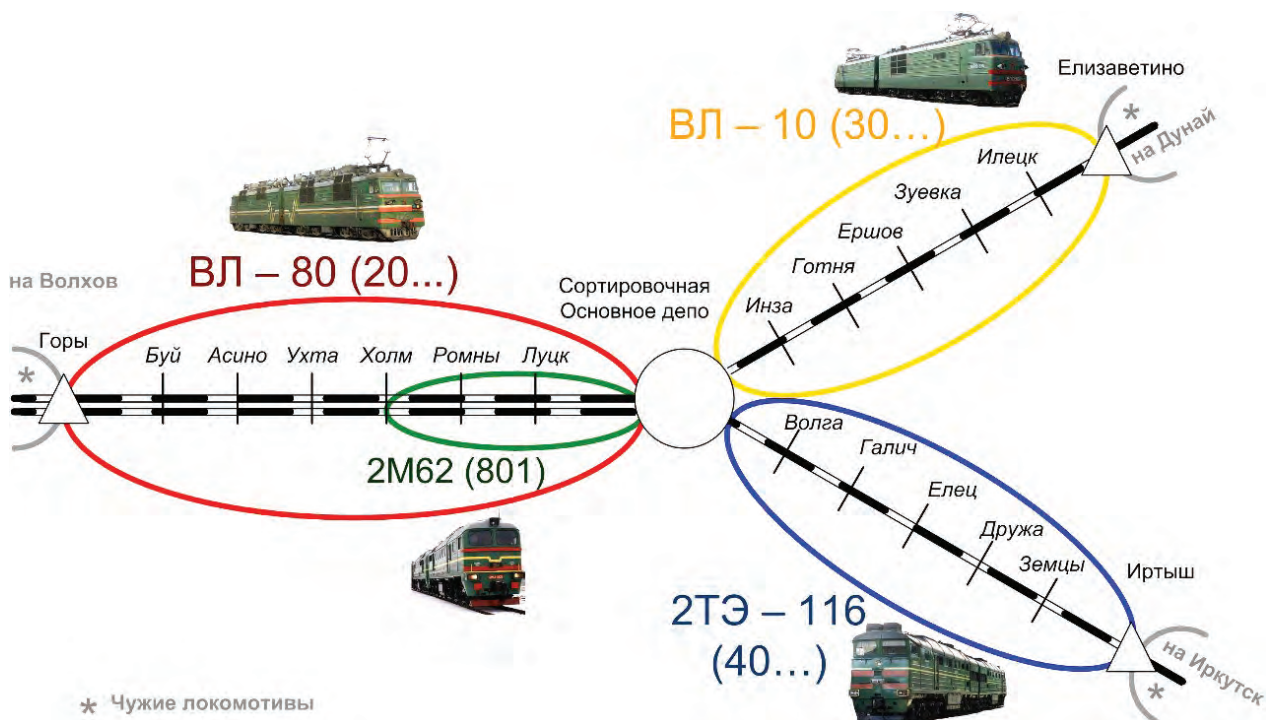


Рис. 2. Схема района управления

лективам – дежурным сменам из 20–25 человек в каждой. ДИ проводится в Учебном центре управления перевозок, который включает в себя объемно-пространственную копию полигона железной дороги – железнодорожный макет и компьютерный класс, оснащенный виртуальными тренажерами [5].

Существуют несколько автоматизированных тренажеров для обучения оперативных работников станций. Тренажер-имитатор в автоматизированной системе подготовки дежурных по станции [4, 5], разработанный А. И. Кожевниковым и Н. А. Сапуновым, использовался на кафедре до 2007 г. при изучении дисциплины «Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок». Данный тренажер представлял аналогичную схему района управления, а также мог моделировать неисправности и давал возможность тестировать обучаемых на знание инструкций, необходимых для организации движения. Среди ключевых недостатков данного тренажера – невозможность организации электронного документооборота и ведения электронного графика исполненного движения.

Сейчас на кафедре есть несколько действующих тренажеров:

- «Ведение графика исполненного движения под аудио-сообщения» используется в процессе обучения на 4 курсе [10];
- макет железной дороги, состоящий из 10 станций и оснащенный действующими автоматизированными системами «ГИД-Урал», «АСУ станции» [11];
- разработанный кафедрой совместно с «ЦКЖТ» тренажер управления работой сортировочной станции [12];
- автоматизированный тренажер «Сортировочная горка» для обучения ж/д диспетчеров повседневным обязанностям,

в основе которых лежит расформирование и формирование грузовых поездов [13]. В научной работе используются и другие автоматизированные системы, которые позволяют моделировать работу диспетчеров разного уровня и управляемые полигон, участок, станцию [10].

### ИМИТАЦИОННЫЙ ТРЕНАЖЕР ДСП/ДНЦ

Виртуальным тренажером на автоматизированных рабочих местах является «Имитационный тренажер ДСП/ДНЦ». Он моделирует работу электрической централизации железнодорожных станций, блокировки на перегонах, движение подвижных единиц. В нем реализованы разные типы станций, а пульт-манипулятор, компьютерный или аналоговый, полностью копирует работу реальных устройств (рис. 3).

На тренажере отображается пульт-манипулятор со всеми элементами управления, присутствующими в реальных условиях: путевое развитие станции, повторители светофоров, кнопки задания/отмены маршрутов, рукоятки индивидуального перевода стрелочных переводов, амперметр, вспомогательная кнопка, искусственная разделка, установка красных колпачков, перевод стрелок с помощью курбеля, запираание на закладку и навесной замок, вспомогательная смена направления движения по автоблокировке и т. д. Моделируется работа локомотивного депо, работа на путях необщего пользования, восстановительный поезд, ускорение игрового времени [14]. При обучении на тренажере используется одна из версий:

- локальная – каждый пользователь обучается индивидуально, независимо от других, выбирает полигон и приступает к обучению (на 3 и 4 курсах);

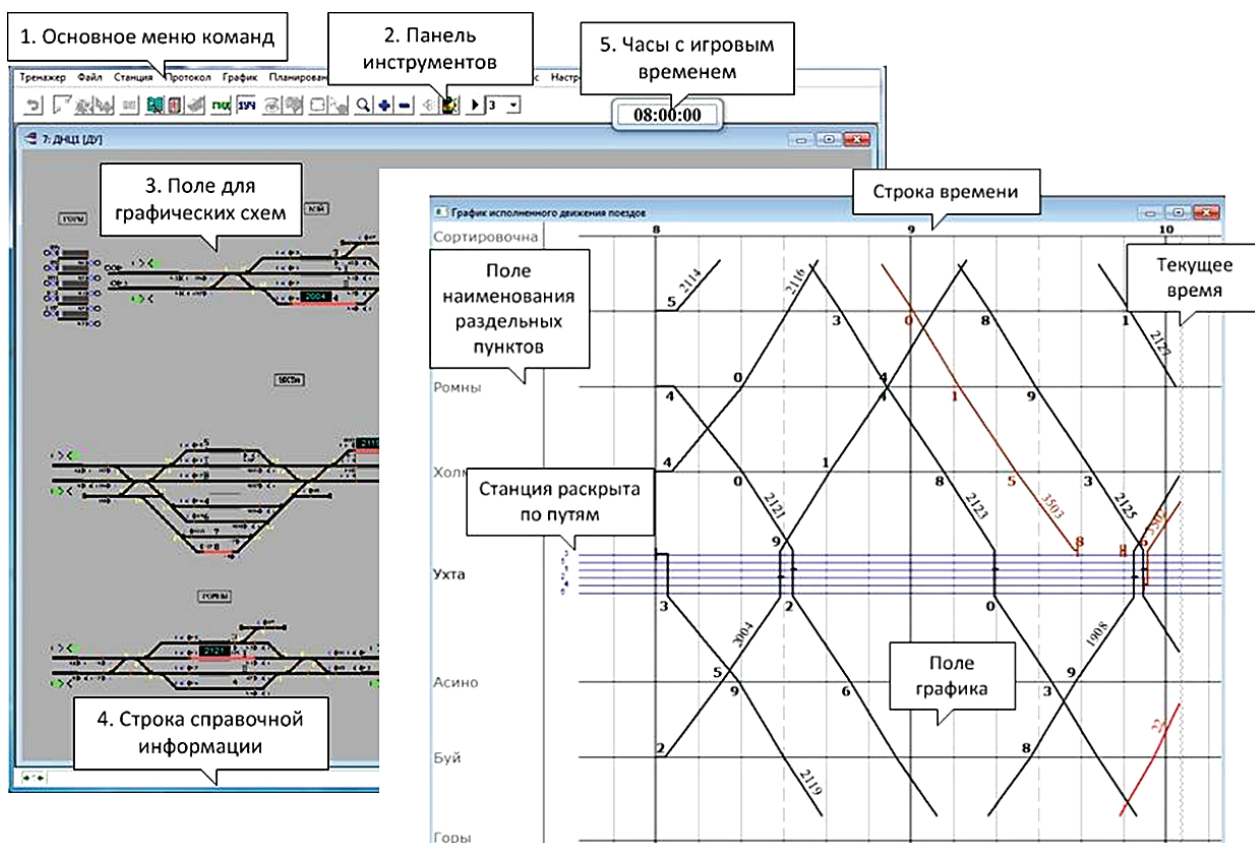


Рис. 3. Имитационный тренажер ДСП/ДНЦ

• сетевая – на одном полигоне обучается группа пользователей с распределением ролей, где отрабатывается взаимодействие оперативных работников, руководитель ДИ имеет возможность со своего рабочего места контролировать ход ДИ, вносить корректировки: имитировать нестандартные ситуации, менять вводные.

Основная группа игроков распределяется по должностям:

- поездных диспетчеров (ДНЦ-1, 2, 3);
- локомотивного диспетчера;
- диспетчера по местной работе;
- старшего диспетчера района управления, которые обеспечивают пропуск поездов по участкам в соответствии с графиком;

• дежурных по участковым станциям и дежурных по паркам сортировочной станции (ДСПП – парка прибытия, ДСПГ – сортировочной горки, ДСПФ – парка формирования, ДСПО – парка отправления, ТЧД – дежурного по депо).

Маневровый диспетчер (ДСЦ) и старший диспетчер района управления (ДСС) строят информационно-графическую модель работы, соответственно, станции и района управления в ручном режиме на основании рабочих документов и аудио-визуальной информации, получаемой от подчинённых по игре партнёров и снимаемой с мониторов тренажёра. Работа операторов станционного технологического центра (СТЦ) имитируется в ручном режиме, что сделано умышленно для получения студентами навыков заполнения рабочих документов [15].

Игровая часть ДИ максимально приближена к практической работе на реальных станциях и участках. В назначенное расписанием время коллектив смены занимает свои рабочие места, по команде руководителя игры включается игровое время, и все участники приступают к реализации производственного процесса в районе управления. Диспетчерский персонал района управления (поездные диспетчеры кругов) (ДНЦ) производит все операции по приему, отправлению, пропуску поездов, а также при маневровых работах четко, точно выполняя Правила технической эксплуатации, Инструкцию по сигнализации на железных дорогах и техническо-распорядительный акт станции.

Работа каждой смены продолжается 4–6 часов. Система регулируемого учебного времени за этот период позволяет проиграть работу 6–12-часовой смены. По окончании смены каждый участник игры подсчитывает количественные и качественные показатели своей работы по установленной методике и оформляет отчёт о работе. На основании этих отчётов руководители игры оценивают работу отдельного участника, а также каждого игрового коллектива [1].

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для успешной работы игроки должны продемонстрировать теоретические знания по технологии работы сортировочной станции, по организации поездной и местной работы на участках, по системе обслуживания поездов локомотивами, по информационному обеспечению партнёров, структуре управления на железнодорожном транспорте, а также умение анализировать оперативную обстановку, в том числе на основе эксплуатационных показателей.

В ходе игры действует система стимулирования качества работы в игре, в том числе по вводным. Эта система пред-

ставляет собой чётко регламентированный порядок начисления и удержания баллов [16, 17] за конкретные достижения и упущения в работе. Баллы начисляются с помощью повышающего коэффициента за выполненный объём работы с учётом её качества, например, за количество принятых и сданных поездов и вагонов, простои вагонов на станциях. Для каждой роли используются свои показатели. Понижающий коэффициент вводит руководитель игры за невыполнение заданий, показателей, за нарушения должностных инструкций, ПТЭ, ИДП, регламента действий и переговоров, порядка ведения технической и поездной документации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бессолицын А. С. Работа района управления (деловая игра): метод. указания / А. С. Бессолицын, А. А. Грачев, А. Г. Котенко, Г. В. Матвеева. – СПб.: Петербург. гос. ун-т путей сообщения, 2009. – 30 с.
2. Бельчиков Я. М. Деловые игры / Я. М. Бельчиков, М. М. Бирштейн. – Рига: АВОТС, 1989. – 304 с.
3. Кудрявцев В. А. Деловые игры в подготовке оперативного персонала к управлению эксплуатационной работой: пособие / В. А. Кудрявцев, Н. А. Сапунов, М. В. Стрелков, А. А. Грачев. – СПб.: ПГУПС, 2001. – 62 с.
4. Методика подготовки и проведения лабораторных занятий и деловых игр с использованием компьютерных тренажеров-имитаторов и автоматизированных обучающих систем: метод. указания. – СПб.: ПГУПС, 2000. – 16 с.
5. Сапунов Н. А. Автоматизированная система подготовки дежурных по станции / Н. А. Сапунов, А. И. Кожевников // Железнодорожный транспорт. – 1995. – № 10. – С. 10–13.
6. Сапунов Н. А. Содержание деятельности оперативных работников сортировочной станции / Н. А. Сапунов, С. А. Шенсизбаев. – Алма-Ата: АлИИТ, 1992. – 131 с.
7. Моделирование работы оперативных работников станции с использованием тренажера-имитатора: метод. указания к лаб. работам / сост. А. Т. Осьминин и др. – СПб.: ПГУПС, 2006. – 49 с.
8. Моделирование работы оперативных работников станции с использованием тренажера ДСП / ДНЦ: метод. указания к лаб. работам / сост. А. Г. Котенко, А. С. Бессолицын, Н. Б. Федорова. – СПб.: Петербург. гос. ун-т путей сообщения, 2012. – 43 с.
9. Изучение работы поездного диспетчера с использованием тренажера ДСП / ДНЦ: метод. указания к лаб. работам / сост. А. Г. Котенко, А. С. Бессолицын, Н. Б. Федорова. – СПб.: Петербург. гос. ун-т путей сообщения, 2012. – 42 с.
10. Котенко А. Г. Подготовка оперативно-диспетчерского персонала железных дорог: особенности организации ролевых игр в учебном центре управления движением / А. Г. Котенко // Профессиональное образование, наука и инновации в XXI веке: сб. трудов X Санкт-Петербург. конгресса, СПб., 21–25 ноя. 2016 г., Т. 1 / под общ. ред. Т. С. Титовой. – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 303 с.
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. SOFTLAB-NSK. Тренажер «Сортировочная горка» – URL: <http://softlab-nsk.ru/node/10> (дата обращения 28.11.2016).

13. Чернышев К. А. Построение интеллектуальной информационной среды на железнодорожном транспорте / К. А. Чернышев, П. А. Козлов // *Инновационный транспорт*. – 2015. – № 3. – С. 59–63.

14. Имитационный тренажер ДСП / ДНЦ // НПО Желдоравтоматизация URL: <http://zdaspb.ru/ru/deyatelnost3/produksiya-obuchayushchie-sistemy/imitatsionnyj-trenazher-dsp-dnts> (дата обращения: 30.11.2016).

15. Ведение графика исполненного движения под аудио-сообщения: метод. указания к лаб. работе / сост. В. А. Кудрявцев, В. И. Бадах, А. С. Бессолицын, С. Ю. Елисеев. – СПб.: ПГУПС, 2006.

16. Wells R.A. Management Games and Simulations in Management Development: An Introduction / R.A. Wells // *J. Management Development*. – 1990. – № 9 (2). – P. 4–6.

17. Gery G. Simulations and the Future of Learning: An Innovative (and Perhaps Revolutionary) Approach to E-Learning / G. Gery // *T+D*. Retrieved. – 2014. – March 23.

# Business Game Using Automated Equipment

Bessolitsyn A. S., Fedorova N. B.

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University  
St. Petersburg, Russia  
bessolitsyn@pgups.ru

**Abstract.** Described business game “Organization of work area management” which is necessary to gain knowledge in the field of traffic safety and operation of railway transport, the implementation of the legislation of the Russian Federation on labour protection, fire safety and protection of the natural environment, and is aimed at the formation of readiness to use the obtained knowledge and skills in professional activities.

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

## REFERENCES

1. Bessolitsyn A. S., Grachev A. A., Kotenko A. G., Matveeva V. G. *Rabota rajona upravleniya (delovaya igra)* [Work area management (business game)], St. Petersburg, Peterburg State Transport Univ., 2009, 30 p.
2. Belchikov J. M., Birshtein M. M. *Delovye igry* [Business game], Riga, AVOTS, 1989, 304 p.
3. Kudryavtsev V. A., Sapunov N. A., Strelkov V. M., Grachev A. A. *Delovye igry v podgotovke operativnogo personala k upravleniyu ehkspluatatsionnoy rabotoy* [Business games in the training of operational staff for operation management], St. Petersburg, Peterburg State Transport Univ., 2001, 62 p.
4. *Metodika podgotovki i provedeniya laboratornykh zanyatij i delovykh igr s ispol'zovaniem komp'yuternykh trenazherov-imitatorov i avtomatizirovannykh obuchayushchih sistem* [The methodology of preparing and conducting laboratory sessions and business games using computer training simulators and automated training systems], St. Petersburg: Peterburg State Transport Univ., 2000, 16 p.
5. Sapunov N. A., Kozhevnikov A. I. Automated system of training for the duty station [Avtomatizirovannaya sistema podgotovki dezhurnykh postancii], *Railway transport [Zheleznodorozhnyy transport]*, 1995, no. 10, pp. 10–13.
6. Sapunov N. A., Sansyzbaev S. A. *Soderzhanie deyatel'nosti operativnykh rabotnikov sortirovochnoy stancii* [The Content of activities of operative employees of the railyard], Alma-Ata, 1992, 131 p.
7. Osminin A. T. et al. *Modelirovanie raboty operativnykh rabotnikov stancii s ispol'zovaniem trenazhera-imitatora* [The simulation of operatives stations using the simulator-simulator], method. instructions to laboratory works, St. Petersburg, Peterburg State Transport Univ., 2006, 49 p.
8. Kotenko A. G., Bessolitsyn A. S., Fedorova N. B. *Modelirovanie raboty operativnykh rabotnikov stancii s ispol'zovaniem trenazhera DSP/DNC: Metod. ukazaniya k lab. robotam* [The simulation of operatives stations using the simulator Manager: method. instructions to laboratory works], St. Petersburg, Peterburg State Transport Univ., 2012, 43 p.
9. Kotenko A. G., Bessolitsyn A. S., Fedorova N. B. *Izucheniye raboty poezdnoy dispetchera s ispol'zovaniem trenazhera DSP/DNTS: Metod. ukazaniya k lab. robotam* [A study of the work of the train dispatcher using the simulator management: method. instructions to laboratory works], St. Petersburg, Peterburg State Transport Univ., 2012, 42 p.
10. Kotenko A. G. Training of Supervisory staff of the railway: the characteristics of the organization of role-playing games in the training center of traffic control [Podgotovka operativno-dispetcherskogo personala zheleznnykh dorog: osobennosti organizatsii rolevykh igr v uchebnom centre upravleniya dvizheniem], *Professional'noye obrazovanie, nauka i innovatsii v XXI veke, t. 1: X Sankt-Peterburgskogo kongressa, St. Peterburg, 21–25 nov. 2016*. St. Petersburg, Peterburg State Transport Univ., 2016, 303 p.
11. Kotenko A. G., Vasil'yev A. B., Shklyayev A. V., Pasynkova Yu. S., Savitskaya N. V., Matyushkin I. A. The Development of the Virtual Training Simulator Complex of Controlling the Marshalling Yard's Work [Razrabotka virtual'nogo uchebnogo kompleksa – trenazhera upravleniya rabotoy sortirovochnoy stancii], *Intellektual'nye tekhnologii na transporte [Intellectual Technologies on Transport]*, 2016, no. 2 (6), pp. 12–15.
12. <http://softlab-nsk.ru/node/10> (accessed 28 November 2016).
13. Chernyshev K. A., Kozlov P. A. Construction of intelligent information environment for railway transport [Razrabotka virtual'nogo uchebnogo kompleksa – trenazhera upravleniya rabotoy sortirovochnoy stancii], *Intellektual'nye tekhnologii na transporte [Intellectual Technologies on Transport]*, 2015, no. 3, pp. 59–63.
14. <http://zdaspb.ru/ru/deyatelnost3/produksiya-obuchayushchie-sistemy/imitatsionnyj-trenazher-dsp-dnts> (accessed 30 November 2016).
15. *Vedeniye grafika ispol'nennogo dvizheniya pod audio-soobshcheniya Metodicheskie ukazaniya k laboratornoy rabote* [Keeping graphics are full of motion under audio, Methodical instructions to laboratory work]; Comp. V. A. Kudryavtsev, V. I. Badakhshan, A. S. Bessolitsyn, S. Yu. Eliseev, St. Petersburg, Peterburg State Transport Univ., 2006.
16. Wells R. A. Management Games and Simulations in Management Development: An Introduction, *J. Manage. Development*, 1990, no. 9 (2), pp. 4–6.
17. Gery G. Simulations and the Future of Learning: An Innovative (and Perhaps Revolutionary) Approach to E-Learning. *T+D*. Retrieved, 2014, March 23.



# Разработка программы для экспертного оценивания грантов студентов ШГУПС

Карпова Т. С., Бестужева А. Н., Малышева С. Ю., Дмитриева Е. Н., Волкова А. Н., Дрёмова Е. В.  
Петербургский государственный университет путей сообщения Александра I  
Санкт-Петербург, Россия  
t.s.karpova@gmail.com

**Аннотация.** Решается задача разработать программный комплекс для поддержки принятия решений по выделению денежных средств студенческим научным коллективам. Работа выполнена при поддержке студенческого гранта ШГУПС 2015 г. Для оценивания проектов выбран метод анализа иерархий. Проектирование базы данных выполнялось с использованием CASE-технологий, моделирование работы системы проводилось в инструментальной среде Denwer, интерфейсы пользователей разрабатывались с помощью скриптового языка PHP. Результатом работы над проектом стал пилотный комплекс, обеспечивающий ограниченный функционал, реализованный как web-приложение, которое может работать в условиях стандартного хостинга. Разработанная система позволит проводить научно обоснованный отбор работ студентов, претендующих на гранты университета, и предполагает возможное расширение с вводом новых параметров оценки студенческих проектов без перепрограммирования системы.

**Ключевые слова:** грант, экспертное оценивание, метод анализа иерархий, CASE-технологии, база данных, признак, инфологическая модель.

## Постановка задачи

В Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I существует конкурсный отбор для выделения грантов студенческим научным коллективам [1]. Ранжирование проектов будет проводиться в два этапа. Первый заключается в отборе определённого количества работ студенческих научных коллективов (СНК) из всех, подавших заявки. На втором ранжируются завершённые проекты и выбирается победитель.

При определении лучших исследовательских работ, претендующих на гранты Университета, используется метод экспертного оценивания. В таких случаях может проявляться субъективизм. Необходимо было оптимальным способом уменьшить его при оценке поданных проектов. Перед авторами была поставлена конкретная задача с ограниченными сроками реализации и с требованием сделать систему масштабируемой, простой для пользователей, с применением современных информационных технологий, доступной для реализации коллективу молодых исследователей.

При выборе архитектуры разрабатываемой системы предпочтение было отдано современным порталным решениям. Подобная архитектура позволяет подключать любое количество пользователей, обеспечивать настройку прав пользователей, использовать известные механизмы аутентификации для разграничения и защиты этих прав и не ставить специальное программное обеспечение на компьютеры пользователей. В качестве клиентского приложения в этой архитектуре используется стандартный браузер.

Для хранения данных в этой архитектуре с перспективой ее дальнейшего расширения целесообразно использовать современные сервера баз данных и системы управления базами данных (СУБД). Весь функционал в этой архитектуре разрабатывается как набор взаимосвязанных серверных сценариев, которые исполняются на веб-сервере. В этом случае механизм взаимодействия клиента и сервера выглядит так, как представлено на рис. 1.

Данная архитектура в настоящий момент широко распространена для построения систем ведения электронного бизнеса и считается наиболее перспективной в силу своей

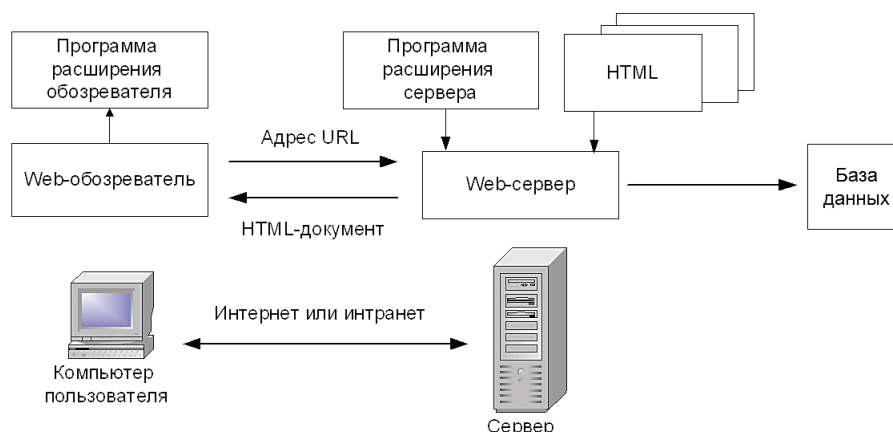


Рис. 1. Архитектура разрабатываемой системы

гибкости. Особенности задач экспертного оценивания и ранжирования студенческих грантов не относятся к стандартным бизнес-процессам, для которых уже существуют готовые решения в рассматриваемой архитектуре. Поэтому авторскому коллективу было необходимо реализовывать проект полностью самостоятельно.

Для хранения информации в нашем проекте потребовалось спроектировать уникальную базу данных. Особенность структуры будущей базы данных состоит в том, что кроме стандартной нормативно-справочной информации об участниках проектов, об экспертах, об иерархической структуре Университета в ней должна храниться информация и о механизмах экспертного оценивания. При этом предполагается, что эти механизмы должны адаптироваться в процессе работы системы на пользовательском уровне. В системе предложен способ хранения как самих оценочных шкал, так и их типов с возможностью дальнейшего расширения и изменения. Кроме того, дополнительно предполагается хранить информацию о степени достоверности оценок экспертов по отношению к различным шкалам. Естественно считать, что в общем случае эксперты могут быть специалистами по отношению к ограниченному перечню показателей.

В систему заложен механизм, который моделирует как использование различных типов шкал (реальной, порядковой экспертной, балльной экспертной), так и матрицы парных сравнений (МПС).

При разработке системы принята современная спиральная модель жизненного цикла программной системы с поэтапным наращиванием ее функционала.

В системе применена стандартная многоуровневая модель учебного заведения, представленная на рис. 2. Это позволяет использовать систему в любом учебном заведении при выстроенной структуре.

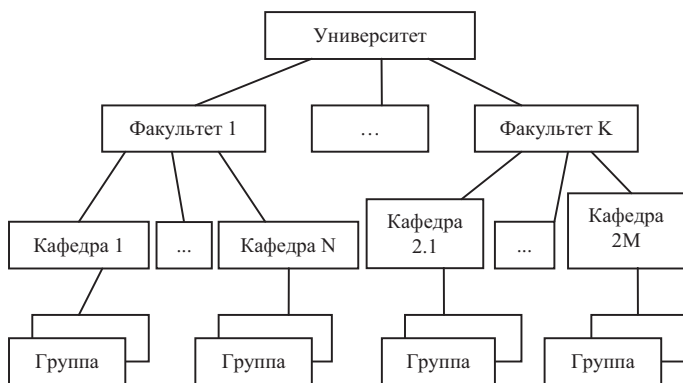


Рис. 2. Иерархическая структура университета

Основная задача содержит несколько подзадач. Кроме проектирования специального программного обеспечения авторам необходимо было:

- выделить признаки, по которым можно оценивать проекты из разных областей деятельности по научному уровню и значимости;
- определить шкалы;
- спроектировать базу данных и наполнить её нормативно-справочной информацией;
- ранжировать проекты по отобранным признакам.

## ВВЕДЕНИЕ

Оценивание является принципиально важной задачей перед принятием решений. При этом применяются разные методы и учитывается множество факторов, т. е. задача становится нетривиальной. Под принятием решения понимается процедура выбора на основе установленных предпочтений и ограничений одного или нескольких вариантов множества  $X$  с известным или неизвестным исходом выбора [2]. Список вариантов определяется предметной областью, в которой принимается решение. Под предметной областью понимается совокупность сущностей и отношений между ними, выделенная с целью решения сформулированной проблемы [2]. Чтобы быть реалистичными, модели должны включать в себя и позволять измерять все важные количественные и качественные факторы. Это как раз то, что делается в методе анализа иерархий (МАИ), при котором также допускаются различия во мнениях и конфликты, как это бывает в реальном мире [3]. МАИ – математический инструмент системного подхода к сложным проблемам принятия решений [4]. Этот метод разработал американский математик Томас Саати. При расчёте приоритетов по матрице парных сравнений рассчитываются обобщённые оценки сущностей: среднее арифметическое и среднее геометрическое. Обобщённая формула:

$$a = (c \cdot A + E)^k \cdot e^T,$$

где  $A$  – матрица значений;  $c$  – матричный коэффициент;  $k$  – длина цепочки;  $E$  – единичная матрица;  $e^T$  – транспонированный единичный вектор.

Принятие решений связано со многими видами деятельности. В связи с этим поиск наилучших вариантов присутствует в дисциплинах разных профилей – от технического до гуманитарного. Задачи оптимизации рассматриваются в математическом программировании, в теории принятия решений, в вариационном исчислении, в теории оптимального управления.

Авторы предполагают, что разработанная система может служить платформой для оценивания любых проектов научных коллективов в любых университетах.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CASE-СИСТЕМЫ

Важным этапом реализации проекта было проектирование базы данных [5, 6] с использованием CASE-системы (Computer Aided Software Engineering) [7, 8]. Современные CASE-системы – это средства разработки не только программных, но и организационно-управляющих систем [9]. Цель CASE-средств – отделить процессы проектирования от процессов программирования.

Для обеспечения независимости проектирования логической структуры базы данных разработчики применили современную свободно распространяемую CASE-систему [7, 8] Open System Architekt [10, 11]. Выбор данного продукта обоснован его корректностью при формировании классической инфологической модели «сущность – связь» (Entity Relation Ship ER) [8] с возможностью получения сценария генерации базы данных в соответствии со стандартом SQL92 [12].

Разработанная ER-модель содержит 31 сущность, поэтому представить ее полностью не представляется возможным.

Фрагмент логической модели базы данных приведен на рис. 3.

В сущности «MPC» приводятся оценки двух проектов, полученные при попарном сравнении. В сущности «type\_MPC» хранятся типы матриц парных сравнений. Сущность «expert» хранит данные об экспертах: их ФИО, номер телефона, адрес электронной почты. Сущность «projects» содержит данные о проектах, а именно название, дату подачи, номер заявки, цель работы и планируемые результаты. Сущность «estimations\_projects» содержит данные о признаках, по которым велась оценка, и сами значения этих признаков. На рис. 3 приведены также связи между этими сущностями.

### Роли пользователей

Для работы с системой было выделено 3 группы пользователей:

- администраторы;
- эксперты;
- представители проектных коллективов.

После анализа потребностей каждой группы пользователей были определены функциональные возможности каждой группы.

В группы администраторов входят пользователи, которые должны вводить нормативно-справочную информацию о самом университете, перечень и основные характеристики его

факультетов, перечень и основные характеристики кафедр на каждом факультете, перечень направлений подготовки, которые ведутся на каждой кафедре, и список групп, которые в текущий момент обучаются по каждому направлению. Работа администраторов с нормативно-справочной информацией предполагает не только ее ввод, но и возможную корректировку в ходе эксплуатации системы.

Кроме ввода и редактирования нормативно-справочной информации на группе лежит функция ввода и предоставления определенных прав другим пользователям системы – экспертам и представителям проектных команд. В настоящий момент именно администраторы могут получить результат оценки проектов в виде ранжированного по всем показателям списка проектов. В дальнейшем планируется вынести в отдельный интерфейс результаты оценки и расширить его добавлением ряда аналитических функций, позволяющих сравнивать конкурсы по годам проведения, по группам экспертов и по другим значимым параметрам. Пример ранжированного списка проектов представлен на рис. 4.

Вторая группа пользователей – это группа экспертов. Каждому эксперту представляются обезличенные показатели проектов для их оценки. Оценку достоверности экспертных оценок назначаемых экспертов по отдельным шкалам должна проводить также группа экспертов. При дальнейшем развитии системы возможно разделение группы экспертов на ряд подгрупп с диверсификацией их прав.

Наконец, третьей группой пользователей являются представители проектных команд, которые вводят информацию о своих проектах. Интерфейс для одной из групп пользователей представлен на рис. 5.

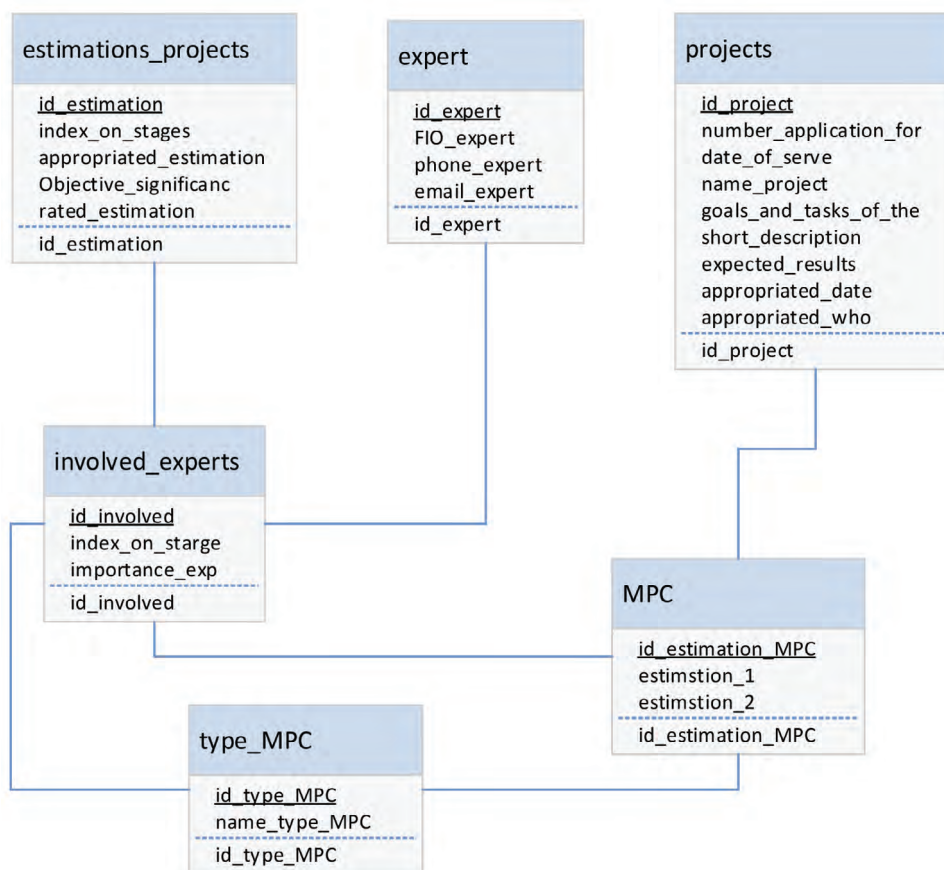


Рис. 3. Фрагмент ER-модели базы данных

id проекта	НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА	НАЗВАНИЕ КАФЕДРЫ	Значение индекса (сумма)
3	Проектирование защитных сооружений железнодорожной инфраструктуры на основе методики автоматизированного расчета аэродинамического воздействия высокоскоростного подвижного состава на объекты приближенных строений	Автоматизированное проектирование	142
4	Разработка программы для предэкспертного оценивания грантов студентов ПГУПС	Математика и моделирование	121
1	Система аутентификации и разграничения прав доступа в мобильном устройстве под управлением ОС Android	Информатика и информационная безопасность	80
2	Разработка учебного комплекса-тренажера управления работой сортировочной станции	Управление эксплуатационной работой	75

© ПГУПС, 2016

Рис. 4. Таблица ранжированных проектов

Ввод данных по гранту

Введите название Вашего проекта:

Цели и задачи по проекту:

не более 500 печатных знаков

Описание планируемой работы по гранту:

не более 500 печатных знаков

Ожидаемые результаты:

Рис. 5. Интерфейс для участников СНК

Для обеспечения непротиворечивости и максимально возможной корректности ввода информации во всех интерфейсах обеспечивается замена прямого ввода информации механизмом подстановки из заданной нормативно-справочной информации, хранящейся в базе данных [6].

Одной из подзадач при реализации проекта «Разработка программы для предэкспертного оценивания грантов студентов ПГУПС» был поиск таких признаков, по которым можно было бы сравнивать проекты СНК из разных сфер деятельности. Признак – свойство, характеристика, имеющая для каждой рассматриваемой альтернативы некоторое значение. В данной работе альтернативами являются проекты СНК. Признаки вводятся для того, чтобы провести ранжирование проектов.

### Признаки и шкалы

В ходе реализации проекта отобраны следующие признаки:

- опыт участия СНК в научной деятельности (количество проектов или конкурсов);
- соответствие проекта экологическим и другим нормам;
- количество трудов научного руководителя;

- количество трудов научного руководителя по теме проекта СНК;
- возможность усовершенствовать полученный продукт;
- необходимость дальнейшей поддержки полученного продукта;
- область применения: предприятие, отрасль, вне зависимости от отрасли;
- количество предприятий, заинтересованных в данном программном продукте.

Система должна иметь возможное расширение количества признаков без коренных изменений кода программы расчетов.

Оценивание предполагает наличие определенного количества шкал, по которым можно оценивать каждый проект. При использовании некоторых типов шкал, например, такой как МПС, нужно привлекать эксперта. Пример одного из типов МПС, используемой в работе, представлен в таблице. В первой реализации оценка проводится по фактическим параметрам проектов, которые заносятся ответственными исполнителями СНК при регистрации проектов в систему.

Таблица

Матрица парных сравнений (выигрыши/потери)

№	Сущности	1	2	3	4	5
1	Система аутентификации и разграничения прав доступа в мобильном устройстве под управлением ОС Android		58	62	68	78
2	Разработка учебного комплекса-тренажера управления работой сортировочной станции	46		33	56	72
3	Проектирование защитных сооружений железнодорожной инфраструктуры на основе методики автоматизированного расчета аэродинамического воздействия высокоскоростного подвижного состава на объекты приближенных строений	77	69		65	88
4	Разработка программы для предэкспертного оценивания грантов студентов ПГУПС	51	58	68		67
5	Интеллектуальная система защиты ответственных участков движения скоростных железнодорожных магистралей	85	76	89	70	

### ВЫБОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СРЕДЫ

При реализации проекта в качестве базовой инструментальной среды была выбрана среда ДЕНВЕР – система, реализованная отечественными программистами [12], позволяющая на локальном компьютере смоделировать работу всех компонент, входящих в проектируемую систему: веб-сервера, функциональных сценариев, сервера базы данных. В качестве веб-сервера был выбран наиболее популярный сервер Apache, в качестве сервера баз данных – сервер MySQL, в качестве языка серверных сценариев – язык PHP [13, 14]. Данный выбор определен тем, что указанный комплект содержит только свободно распространяемое программное обеспечение и характерен практически для всех хостингов в сети интернет. В настоящий момент это наиболее экономичное решение, которое позволит установить систему на любой хостинг и в дальнейшем свободно переносить ее на другие хостинги.

### АЛГОРИТМ РЕАЛИЗАЦИИ РАНЖИРОВАНИЯ

Для получения результирующего списка проектов после ввода исходных параметров проектов эксперты последовательно проводят попарное сравнение, результаты которого заносятся в систему. Одновременно должны быть оценены по важности все признаки, по которым ведется оценка. Эти данные могут быть введены руководителями проводимого конкурса. Далее результаты последовательно обрабатываются с учетом важности признаков и вычисления вектор-столбца относительных коэффициентов доли значений каждого проекта в сумме значений по признаку. Такая обработка проводится по всем признакам. Полученную таблицу мы интерпретируем как матрицу. Потом данная матрица перемножается на вектор весов признаков, в результате получается вектор-столбец значений. Последним действием является операция нормирования.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения проекта была реализована специализированная программная система, хранящая большое количество данных [15]. Применение декларативного описания механизмов оценивания позволило сделать систему масштабируемой и расширяемой. В рамках анализа и подбора

базовых признаков и шкал было проведено первоначальное заполнение базы данных выбранными признаками и данными о реальных конкурсных проектах. Проведена опытная эксплуатация начального этапа разработанной системы, получен ранжированный список оцениваемых проектов. По результатам был выполнен стендовый доклад. Разработанная система является базовой для дальнейших экспериментов по оцениванию проектов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://pgups.ru/science/research/student-science/grants> (дата обращения 07.05.2016).
2. Микони С. В. Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив / С. В. Микони. – СПб.: Лань, 2009. – 270 с.
3. Saaty Th. L. The Hierarchon: A Dictionary of Hierarchies / Th. L. Saaty. – Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publ., 1992. – 496 p.
4. <http://sibac.info/conf/naturscience/xx/38755> (дата обращения 07.05.2016).
5. Хомоненко А. Д. Разработка Web-приложений для работы с базами данных: учеб. пособие / А. Д. Хомоненко, В. В. Рогальчук, А. В. Тырва. – СПб.: ПГУПС, 2012. – 88 с.
6. Бураков Д. П. Проектирование реляционных баз данных и их реализация в среде СУБД MS ACCESS 2000. / Д. П. Бураков. – СПб.: ПГУПС, 2012. – 31 с.
7. <http://citforum.ru/database/case/index.shtml> (дата обращения 07.05.2016).
8. Калянов Г. Н. CASE. Структурный системный анализ (автоматизация и применение) / Г. Н. Калянов. – М.: Лори, 1996. – 524 с.
9. <http://www.osp.ru/data/www2/cio/2001/03/016.htm> (дата обращения 08.05.2016).
10. <http://codebydesign.com> (дата обращения 07.05.2016).
11. <http://www.arbinada.com/node/114> (дата обращения 08.05.2016).
12. <http://denwer.ru> (дата обращения 07.05.2016).
13. <http://php.net> (дата обращения 08.05.2016).
14. PHP Manual: Preface, [www.php.net](http://www.php.net).
15. Провост Ф. Научные данные для анализа в бизнесе: Всё, что вам необходимо знать о извлечении данных и анализе данных / Ф. Провост, Т. Фавкетт. – Сигл.: О’Рейли, 2013. – 408 с.

# Development of Software for the Expert Evaluation of Grants Students PSTU

Karpova T. C., Bestugheva A. N., Malusheva S. YU., Dmitrieva E. N., Volkova A. V., Dremova E. V.  
Petersburg State Transport University  
St. Petersburg, Russia  
t.s.karpova@gmail.com

**Abstract.** It solves the task to develop software for decision support for allocation of funds by student research groups. The work supported by the student grant of the University 2015. The selected method for evaluation of projects: the analytic hierarchy process. Database design case technology was performed using simulation of the system operation was conducted in the Isma instrumental environment Denwer, development of user interfaces was performed using the script language PHP. The result of the work on the project a pilot system that provides limited functionality, implemented web as an application that can run on a standard hosting. The developed system will allow for a scientifically based selection of students applying for University grants and suggests possible expansion with the introduction of new parameters of evaluation of student projects without reprogramming the system.

**Keywords:** grant, experience evaluation, analytic hierarchy process, CASE tools, database, sign infological model.

## REFERENCES

1. <http://pgups.ru/science/research/student-science/grants> (accessed 7 May 2016).
2. Mikoni S. V. *Mnogokriterial'nyj vybor na konechnom mnozhestve al'ternativ* [Multi-criteria selection on a finite set of alternatives], St. Petersburg, Lan', 2009, 270 p.
3. Saaty Th. L. *The Hierarchon: A Dictionary of Hierarchies.* – Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publ., 1992. 496 p.
4. <http://sibac.info/conf/naturscience/xx/38755> (accessed 7 May 2016).
5. Khomonenko A. D., Rogalchuk V. V., Tyrva A. V. *Razrabotka Web-prilozhenii dlia raboty s bazami dannykh: Uchebnoe posobie* [Development of Web-based applications to work with databases: study guide], St. Petersburg, PGUPS, 2012, 88 p.
6. Burakov D. P. *Proektirovanie relyacionnyh baz dannyh i ih realizaciya v srede SUBD MS ACCESS 2000* [Designing relational databases and their implementation in a DBMS environment MS ACCESS 2000], St. Petersburg, PGUPS, 2012, 31 p.
7. <http://citforum.ru/database/case/index.shtml> (accessed 7 May 2016).
8. Kalyanov G. N. CASE. *Strukturnyj sistemnyj analiz (avtomatizaciya i primenenie)* [CASE. Structural system analysis (automation and application)], Moscow, Lori, 1996, 524 p.
9. <http://www.osp.ru/data/www2/cio/2001/03/016.htm> (accessed 8 May 2016).
10. <http://codebydesign.com> (accessed 7 May 2016).
11. <http://www.arbinada.com/node/114> (accessed 8 May 2016).
12. <http://denwer.ru> (accessed 7 May 2016).
13. <http://php.net> (accessed 8 May 2016).
14. PHP Manual: Preface, [www.php.net](http://www.php.net).
15. Provost F., Fawcett T. *Data Science for Business: What You Need to Know about Data Mining and Data-Analytic Thinking* 1st Edition, Sietl, O'Really, 2013, 408 p.

# Список авторов статей, опубликованных в № 4 журнала «Интеллектуальные технологии на транспорте» за 2016 год

**Андрук Алена Антоновна**

аспирант ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

*Область научных интересов:* облачные вычисления, теория массового обслуживания

*E-mail:* aaandruk@gmail.com

**Андрусенко Артем Сергеевич**

*Должность:* инженер

*Область научных интересов:* цифровая обработка информации

*E-mail:* artyom.andrusenko@gmail.com

**Бессолицын Алексей Сергеевич**

к. т. н., доцент

*Должность:* доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

*Область научных интересов:* пассажирская логистика, организация вагонопотоков

*E-mail:* bessolitsyn@pgups.ru

**Бестужева Алла Николаевна**

к. ф.-м. н., доцент

*Должность:* доцент кафедры «Математика и моделирование» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

*Область научных интересов:* аналитические методы решения задач в сфере деятельности предприятия малого бизнеса, оптимизация бизнес-задач

*E-mail:* bes\_alla@inbox.ru

**Волкова Анна Валерьевна**

студент ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

*Область научных интересов:* программирование на PHP, информационные системы

*E-mail:* crystal.freezing@gmail.com

**Дмитриева Екатерина Николаевна**

студент ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

*Область научных интересов:* базы данных, язык запросов SQL, моделирование бизнес-процессов, юриспруденция, психология

*E-mail:* zvolyk@mail.ru

**Дремова Елена Владиславовна**

студент ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

*Область научных интересов:* разработка на языках 1С и php, веб-разработка, базы данных

*E-mail:* helen\_dr@bk.ru

**Карпова Татьяна Сергеевна**

к. т. н., доцент

*Должность:* доцент кафедры «Математика и моделирование» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

*Область научных интересов:* базы данных, проектирование, эксплуатация и адаптация информационных систем

*E-mail:* tkarпова@pgups.ru

**Малышева Светлана Юрьевна**

студент ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

*Область научных интересов:* базы данных, проектирование баз данных, язык запросов SQL, CASE-средства, информационные системы

*E-mail:* SvetlanaMalisheva315@yandex.ru

**Марков Евгений Петрович**

к. т. н.

*Должность:* директор ООО «Аметист»

*Область научных интересов:* цифровая обработка информации

*E-mail:* e\_markov@mail.ru

**Парамонов Иван Юрьевич**

к. т. н.

*Должность:* начальник отдела (научно-исследовательского) Военно-космической академии им. А. Ф. Можайского

*Область научных интересов:* эффективность функционирования сложных информационных систем, теория риска, теория информационной безопасности

*E-mail:* ivan\_paramonov@mail.ru

**Платонов Владимир Владимирович**

к. т. н., профессор

*Должность:* профессор кафедры «Информационная безопасность компьютерных систем» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

*Область научных интересов:* информационная безопасность, обнаружение сетевых атак, верификация информационной безопасности

*E-mail:* plato@ibks.spbstu.ru

**Семенов Павел Олегович**

*Должность:* ассистент кафедры «Информационная безопасность компьютерных систем» ФГАОУ ВО «Санкт-

Петербургский политехнический университет Петра Великого»

*Область научных интересов:* обнаружение сетевых атак, электронный документооборот

*E-mail:* semenovpo@ibks.spbstu.ru

**Смагин Владимир Александрович**

д. т. н., профессор, ЗДН РФ

*Должность:* профессор кафедры метрологического обеспечения Военно-космической академии им. А. Ф. Можайского

*Область научных интересов:* теория надёжности, теория информации, теория случайных процессов и нечётких множеств

*E-mail:* va\_smagin@mail.ru

**Федорова Наталия Борисовна**

*Должность:* старший преподаватель кафедры «Управление эксплуатационной работой» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

*Область научных интересов:* пассажирская логистика, организация вагонопотоков

*E-mail:* uer@pgups.ru

**Халил Маад Модер**

аспирант ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

*Область научных интересов:* облачные вычисления, теория массового обслуживания

*E-mail:* maadalomar@gmail.com

**Шабakov Евгений Иванович**

к. т. н., доцент

*Должность:* доцент Военно-космической академии им. А. Ф. Можайского

*Область научных интересов:* цифровая обработка информации

*E-mail:* eish@bk.ru

**Якубчик Петр Петрович**

к. т. н., профессор

*Должность:* профессор кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

*Область научных интересов:* насосно-инженерное оборудование, модульно-рейтинговая система обучения, организация учебного процесса в вузе

*E-mail:* P.jakub@mail.ru



# The list of authors of articles published in the journal number 4 «Intellectual Technologies on Transport» for 2016

## **Andruk Alena Antonovna**

postgraduate student Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

*Academic interests:* cloud computing, queuing theory

*E-mail:* aaandruk@gmail.com

## **Andrusenko Artem Sergeevich**

*Appointment:* Engineer

*Academic interests:* digital data processing

*E-mail:* artyom.andrusenko@gmail.com

## **Bessolitsyn Aleksey Sergeevich**

Cand. Sci. (Eng.), senior lecturer

*Appointment:* associate professor of „Management of operational work“ Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

*Academic interests:* passenger logistics, organization of traffic volumes

*E-mail:* bessolitsyn@pgups.ru

## **Bestuzheva Alla Nikolaevna**

Cand. Sci. (Phys.-math.), associate professor

*Appointment:* associate professor of “Mathematics and Modeling” Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

*Academic interests:* analytical methods for solving problems in the field activities of small businesses, optimization of business objectives

*E-mail:* bes\_alla@inbox.ru

## **Dremova Elena Vladislavovna**

student of the Emperor Alexander I Petersburg state transport University

*Academic interests:* development on 1C and php languages, web development, database design

*E-mail:* helen\_dr@bk.ru

## **Dmitrieva Ekaterina Nikolaevna**

A student of the “Petersburg state transport University of Emperor Alexander I”

*Academic interests:* database, language SQL queries, modeling business processes, law, psychology

*E-mail:* zvolyk@mail.ru

## **Fedorova Natalia Borisovna**

*Appointment:* senior lecturer in „Management of operational work“ Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

*Academic interests:* passenger logistics, organization of traffic volumes

*E-mail:* uer@pgups.ru

## **Karpova Tatiana Sergeevna**

Cand. Sci. (Eng.), associate professor

*Appointment:* associate professor of the Department „Mathematics and modeling“ Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

*Academic interests:* database design, engineering and adaptation of information systems

*E-mail:* tkarpova@pgups.ru

## **Khalil Maad Moder**

postgraduate student

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

*Academic interests:* cloud computing, queuing theory

*E-mail:* maadalomar@gmail.com

## **Malysheva Svetlana Yurievna**

student of the Emperor Alexander I Petersburg state transport University

*Academic interests:* databases, database design, query language SQL, CASE tools, information system

*E-mail:* SvetlanaMalisheva315@yandex.ru

## **Markov Evgeny Petrovich**

Cand. Sci. (Eng.)

*Appointment:* director of the „Amethyst“ Ltd.

*Academic interests:* digital data processing

*E-mail:* e\_markov@mail.ru

## **Paramonov Ivan Yuryevich**

D. Sci. (Eng.)

*Appointment:* head of Department (research), Military space the academy of name A. F. Mozhayskij

*Academic interests:* efficiency of functioning of complex information systems, risk theory, information theory

*E-mail:* ivan\_paramonov@mail.ru

## **Platonov Vladimir Vladimirovich**

Cand. Sci. (Eng.), professor

*Appointment:* professor of the Department „Information security of computer systems“ in Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

*Academic interests:* information security, detection of network attacks, verification of information security

*E-mail:* plato@ibks.spbstu.ru

## **Semenov Pavel Olegovich**

*Appointment:* assistant of the Department „Information security of computer systems“ in Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

*Academic interests:* hacker attack detection, electronic document

*E-mail:* semenovpo@ibks.spbstu.ru

**Shabakov Evgeny Ivanovich**

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor

*Appointment:* Associate Professor of Military space academy name A. F. Mozhaiskij

*Academic interests:* digital data processing

*E-mail:* eish@bk.ru

**Smagin Vladimir Aleksandrovich**

D. Sci. (Eng.), professor

*Appointment:* professor of department of metrological support of Military space academy name A. F. Mozhaiskij

*Academic interests:* theory of reliability, theory of information, theory of accidental processes and indistinct sets

*E-mail:* va\_smagin@mail.ru

**Volkova Anna Valer'evna**

student of the Emperor Alexander I Petersburg state transport University

*Academic interests:* programming in PHP, information system

*E-mail:* crystal.freezing@gmail.com

**Yakubchik Pyotr Petrovich**

Cand. Sci. (Eng.), professor

*Appointment:* professor of department „Water supply, water disposal and hydraulics“ in Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

*Academic interests:* the pumping and engineering equipment, a modular and rating training system, the organization of educational process in higher education institution

*E-mail:* P.jakub@mail.ru