

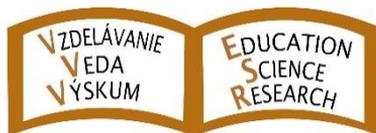
DC COMPONENT = 3.500E+02
HARMONIC FREQUENCY NO (Hz) 3.500E+02
3.500E+02
4.500E+02
TOTAL HARMONIC DISTORTION = 0.96 PERCENT
SIMPLE COMPONENT OF TRANSIENT RESPONSE
COMPONENT = 3.99983E+00
FREQUENCY HARMONIC NORMALIZED PHASE
1 3.500E+02 1.000E+00 4.15E+01
2 7.000E+02 1.597E-01 7.78E+01 1.275E+02 8.73E+01
3 1.050E+02 2.541E-01 7.803E-02 2.370E+01 1.04E+02
4 1.400E+02 3.753E-01 1.220E-02 9.590E+01 5.25E+01
5 1.750E+02 4.149E-01 1.120E-02 7.252E+01 1.12E+02
6 2.100E+02 1.097E-01 3.369E-02 6.777E+01 2.50E+02
7 2.450E+02 1.907E-02 1.513E-02 -1.106E+02 -1.005E+02
8 2.800E+02 1.312E+02 3.12E-02 -3.191E+01 3.24E+02
9 3.150E+02 1.175E-02 1.08E-02 -3.990E+02 -4.97E+02
HARMONIC DISTORTION = 2.50103E+02 PERCENT

Information technology Applications

APLIKÁCIE informačných technológií

2017





Občianske združenie VZDELÁVANIE–VEDA–VÝSKUM
Civil Association EDUCATION–SCIENCE–RESEARCH
Некоммерческая организация ОБРАЗОВАНИЕ-НАУКА-ИССЛЕДОВАНИЕ
Post address: Andrusovova 5, 851 01 Bratislava, Slovakia

www.e-s-r.org

Journal title: Information Technology Applications, number 2, volume VI. (2017)

This journal is published twice times a year. Contributions are received in English language or Russian language with English language abstract. Each contribution is reviewed by two reviewers. Authors are asked to design their document by given template file, provided at the journal webpage. The journal is listed in the database of the Russian Science Citation Index (RSCI). The database is added to the Web of Science Thomson Reuters.

Editor in chief:

prof. RNDr. Frank Schindler, PhD. Faculty of Informatics, Paneuropean University in Bratislava

Executive editor:

Ing. Juraj Štefanovič, PhD., Faculty of Informatics, Paneuropean University in Bratislava

Editorial Board

- prof. Mikhail A. Basarab, DSc., Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation
- Dr. Silvester Czanner, PhD., Mathematics and Digital Technology, Manchester Metropolitan University, United Kingdom
- Dr. prof. Buchaev Yakhua Gamidovich, Dagestan State Institute of National Economy, Russian Federation
- doc. Ing. Vladimír Galayev, PhD. Russian University of Cooperation, Russian Federation
- prof. RNDr. Jozef Kelemen, DrSc., Faculty of Philosophy and Science, Silesian University in Opava
- prof. V.I. Kolesnikov, Russian Academy of Science, Russian Federation
- prof. Ing. Václav Řepa, CSc., Faculty of Informatics and Statistics, University of Economics in Prague
- prof. Oleg Choporov, D.Sc., Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh Russian Federation
- prof. Ing. Jiří Voříšek, CSc., Faculty of Informatics and Statistics, University of Economics in Prague
- Ing. Martin Potančok, PhD., Faculty of Informatics and Statistics, University of Economics in Prague
- prof. Ing. Igor Lvovich, DrSc., Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russian Federation
- prof. Sergey Kirsanov, candidate of economic Sciences, Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russian Federation
- prof. Ing. Ladislav Andrášik, DrSc., Civil Association Education-Science-Research in Bratislava
- prof. Ing. Ivan Brezina, CSc., Faculty of Economic Informatics, The University of Economics in Bratislava
- doc. RNDr. Andrej Ferko, PhD., Faculty of Mathematics Physics and Informatics, Comenius University in Bratislava
- doc. Ing. Ladislav Hudec, CSc., Faculty of Informatics and Information Technologies, Slovak University of Technology in Bratislava
- Ing. Eva Mihaliková, PhD., Faculty of Public Administration, Pavol Jozef Šafárik University in Košice
- doc. RNDr. Eugen Ružický, PhD., Faculty of Informatics, Paneuropean University in Bratislava
- Ing. Branislav Mišota, PhD., Institute of Management, Slovak University of Technology in Bratislava
- doc. RNDr. Vladimír Krajčík, PhD., Faculty of Informatics, Paneuropean University in Bratislava
- RNDr. Ján Lacko, PhD., Faculty of Informatics, Paneuropean University in Bratislava

Information Technology Applications (International Scientific Journal)

Editorial office

Civil Association
EDUCATION-SCIENCE-RESEARCH
Andrusovova 5
851 01 Bratislava
Slovakia
vzv.esr@gmail.com

Subscription

Subscription orders must be sent to the Editorial office. The price is 20 EUR a year. It is possible to order older issues only until present supplies are exhausted (15 EUR an issue).

Published by

Pan-European University, Tomášiková 20, 821 02 Bratislava, Slovakia, IČO: 36077429
in collaboration with the Civil Association EDUCATION-SCIENCE-RESEARCH, Andrusovova 5,
851 01 Bratislava, Slovakia, IČO: 42255180

Print

Multigrafika s.r.o., Rajecká 13, 821 07 Bratislava

Number of prints: 50

ISSN: 2453-7497 (online)

ISSN: 1338-6468 (print version)

EAN 9771338646000 71

Registration No.: EV 4528/12

Electronic online version of Journal: www.e-s-r.org

Delivered to the press: January 2018



Contents

Editorial

Research papers / Исследовательские работы

- ▲ *A subsystem for analyzing data integrity in a computer system / Подсистема анализа целостности данных в компьютерной системе* 3
 O. Choporov, I. Lvovich, K. Razinkin
- ▲ *Performance evaluation and structure of the equipment of local computer networks / Оценка производительности и состава оборудования локальных компьютерных сетей* 18
 Y. Lvovich, O. Choporov, Y. Preobrazhenski
- ▲ *Virtual tour for smart house developed using Unity 3D engine and connected with microcontroller* 34
 E. Kučera, O. Haffner, Š. Kozák
- ▲ *Simulations of the effects of dual-frequency signal on the nonlinear element / Моделирование воздействия двухчастотного сигнала на нелинейный элемент* 49
 A. Plotnikov, D. Schetnicova, J. Štefanovič
- ▲ *Analysis of the characteristics of wave propagation by indoor wireless communication / Анализ характеристик распространения волн беспроводной связи в помещении* 61
 I. Lvovich, A. Preobrazhenski, O. Choporov
- ▲ *The simulation of wave propagation of communication systems in urban areas / Моделирование распространения волн систем связи в городской застройке* 69
 Y. Lvovich, K. Razinkin, J. Štefanovič
- ▲ *The usefulness of ICT/CI for advancing economic and social sciences* 84
 L. Andrášik
- ▲ *Information system of assessment rating tool of student's knowledge when learning a foreign language / Информационная система рейтинговой оценки знаний обучающихся при изучении иностранного языка* 106
 E. Choporova, A. Preobrazhenski, E. Alferenko

Information

- ▲ *International conference report: 2018 Cybernetics & Informatics* 118
- ▲ *List of reviewers / Состав рецензентов* 120

Editorial

.....

Dear reader,

this issue is dedicated to various current topics of theory and applied research in information technology. Current contributions are devoted to data, computer networks and virtual reality. The ubiquitous computing with many wireless devices needs to make research in the branch of electromagnetic waves for reliable data communication and some consequences of information technology are studied in economics, society and learning.

Some articles are written by research scientists of Pan-European University in Bratislava (Slovakia), in collaboration with scientists from Voronezh Institute of High Technologies (Russia).

Moreover, we have included basic information about the international conference which was hold in February in Slovakia, under the management of people from Slovak University of Technology in Bratislava, Slovakia.

To the future, we want to keep the main target of this journal in IT applied research, with more connection to the industry and keeping the contacts between West and East.

Juraj Štefanovič



A subsystem for analyzing data integrity in a computer system

Подсистема анализа целостности данных в компьютерной системе

Oleg Choporov, Igor Lvovich, Konstantin Razinkin

Олег Чопоров, Игорь Львович, Константин Разинкин

Abstract:

The paper is devoted to algorithm development and software tools to track changes in software and hardware of the computer. The analysis of modern approaches to the analysis of data integrity. Analyzed the advantages and disadvantages of these approaches. At the moment there are implemented the approaches related to the analysis of the integrity of the computer, but the approach we have developed an integrated manner with hardware and software integrity. To determine the degree of isolation of the computer can be used model speed control. First, check if there are any changes in the BIOS. Then, if everything is in order, it reads the boot sector of a disk or operating system drivers, which in turn also analysed for making unauthorized changes. And, finally, with the help of the operating system runs the driver call control program which ensures that the computer runs only trusted programs. Recommendations for the construction of algorithm for data integrity based on a combination of hardware and software approaches. The analysis of the configuration of the computer for all connected devices and software on the computer. Your computer configuration is copied to all connected devices at a given time to a text file, which is considered as the reference. To determine changes in the structure of the connected devices after some time repeats the sequence of actions to test devices, information is stored in text file comparisons. Consider a reference file and a file compare, conclude whether it has changed the device during the past time interval. Displays a message about adding a new device (or multiple devices) or a message indicating that the system state has not changed. The description of the software product created on the basis of the checksum algorithm and validation

algorithm external devices, allowing to track changes in software and hardware of the computer. The advantage of a software product is that it comprehensively analyzes the software and hardware integrity of computer data.

Keywords:

Information protection, computer system, data integrity.

ACM Computing Classification System:

Input/output and data communications-Data Communications Devices

Input/output and data communications-Input/Output Devices

Input/output and data communications-Reliability, Testing, and Fault-Tolerance

Abstract:

Работа посвящена разработке алгоритма и программного средства, позволяющего отслеживать изменения в программной и аппаратной части компьютера. Проведен анализ современных подходов к анализу целостности данных. Проанализированы достоинства и недостатки этих подходов. На настоящий момент существуют реализованные подходы, связанные с анализом целостности компьютера, но в разрабатываемом нами подходе комплексным образом рассматривалась программная и аппаратная целостность. Для определения степени изолированности компьютера может использоваться модель ступенчатого контроля. Сначала проверяется, нет ли изменений в BIOS. Затем, если все соответствует норме, считывается загрузочный сектор диска или драйвера операционной системы, которые, в свою очередь, также анализируются на предмет внесения в них несанкционированных изменений. И, наконец, с помощью операционной системы запускается драйвер контроля вызовов программ, который следит за тем, чтобы в компьютере запускались только проверенные программы. Даны рекомендации по построению алгоритма целостности данных на основе комбинации аппаратного и программного подходов. Проводится анализ конфигурации компьютера по всем подключенным устройствам и программному обеспечению на данном компьютере. Из конфигурации компьютера копируется информация о всех подключенных устройствах на данный момент времени в текстовый файл, который рассматривается как эталонный. Для выяснения изменения структуры подключенных устройств по истечению некоторого времени повторяется последовательность действий по проверке устройств, информация сохраняется в текстовый файл сравнения. Рассматривают эталонный файл и файл сравнения, делают вывод, изменялись ли устройства за прошедший интервал времени. Выводится сообщение о добавлении нового устройства (или нескольких устройств) или сообщение о том, что состояние системы не изменилось. Дано описание программного продукта, созданного на основе алгоритма контрольной суммы и алгоритма проверки внешних устройств, позволяющего отслеживать изменения в программной и аппаратной части компьютера. Достоинством программного продукта является то, что в нем

комплексным образом проводится анализ программной и аппаратной целостности данных компьютера.

Keywords:

Защита информации, компьютерная система, целостность данных.

▀ **Введение**

Проблемы защиты информации связаны с ростом возможностей современной вычислительной техники. Развитие методик, подходов и способов проведения автоматизации обработки информации, массовость применения персональных компьютеров резко повышают уязвимость информации [1-3].

В качестве основных факторов, которые способствуют увеличению такой уязвимости можно отметить:

- заметный рост объемов информации, которая накапливается, хранится и передается при помощи компьютеров и разных средств автоматизации;
- хранение информации при помощи единых баз данных разного назначения и имеющих разную принадлежность;
- заметное увеличение числа пользователей, которые имеют непосредственный доступ к соответствующим ресурсам вычислительных систем и тем массивам данных, которые там находятся;
- проведение усложнения для режимов работы технических средств в вычислительных системах: активное использование мультипрограммных режимов, и режима разделения времени;
- проведение автоматизации межмашинного обмена информацией, это касается и сетей больших размеров;

В таких условиях возникают возможности для того, чтобы информация была несанкционированным образом использована или модифицирована (есть опасность утечек информации, относящейся к ограниченному пользованию).

Это вызывает особую озабоченность пользователей, в связи с чем защите информации от несанкционированного доступа (чтения) уделяется повышенное внимание.

Специфичная область компьютерных преступлений и то обстоятельство, что их совершают, как правило, люди с незапятнанной репутацией и хорошо владеющие тонкостями информационных технологий затрудняет раскрытие таких преступлений [4-6].

Защита информации неразрывным образом связана с разработкой и использованием информационных систем, это касается как администраторов, так и широкого круга пользователей. В последние годы, в связи с широким распространением и повсеместным применением вычислительной техники, массовостью внедрения компьютеров, резко повысилась уязвимость накапливаемой, хранимой и обрабатываемой в системах информации [7-9].

Приведенные факты показывают, что опасность несанкционированных злоумышленных действий в вычислительных средствах и системах является весьма реальной, и с дальнейшим развитием вычислительной техники угроза повреждения информации, несмотря на все усилия по ее защите, неизменно растет.

Все это обуславливает необходимость углубленного анализа опыта защиты информации и комплексной организации методов и механизмов защиты.

Цель работы: Разработка программного средства, с помощью которого можно отслеживать целостность данных среди программного обеспечения и отслеживать изменение аппаратной части компьютера.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить ряд задач:

1. Реализовать алгоритм расчета контрольной суммы (CRC32).
2. Разработать алгоритм отслеживания внешних устройств.
3. Разработать программное средство на основе изученных методов.

1 Анализ литературных источников

Задача защиты программного обеспечения от внедряемых программных закладок может рассматриваться в принципиально различных вариантах:

- не допустить внедрения программной закладки в компьютерную систему;
- выявить внедренную программную закладку;
- удалить внедренную программную закладку.

При рассмотрении этих вариантов решение задачи защиты от программных закладок сходно с решением проблемы защиты компьютерных систем от вирусов [10, 11]. Как и в случае борьбы с вирусами, задача решается с помощью средств контроля за целостностью запускаемых системных и прикладных программ, а также за целостностью информации, хранимой в компьютерной системе и за критическими для функционирования системы событиями. Однако данные средства действительны только тогда, когда сами они не подвержены влиянию программных закладок, которые могут:

- навязывать конечные результаты контрольных проверок;
- влиять на процесс считывания информации и запуск программ, за которыми осуществляется контроль;
- изменять алгоритмы функционирования средств контроля.

При этом чрезвычайно важно, чтобы включение средств контроля выполнялось до начала воздействия программной закладки либо когда контроль осуществляется только с использованием программ управления, находящихся в ПЗУ компьютерной системы [12-14].

1. Защита от внедрения программных закладок. Универсальным средством защиты от внедрения программных закладок является создание изолированного компьютера. Компьютер называется изолированным, если выполнены следующие условия:

- в нем установлена система BIOS, не содержащая программных закладок;
- операционная система проверена на наличие в ней закладок;
- достоверно установлена неизменность BIOS и операционной системы для данного сеанса;
- на компьютере не запускалось и не запускается никаких иных программ, кроме уже прошедших проверку на присутствие в них закладок;
- исключен запуск проверенных программ в каких-либо иных условиях, кроме перечисленных выше, т. е. вне изолированного компьютера.

Для определения степени изолированности компьютера может использоваться модель ступенчатого контроля. Сначала проверяется, нет ли изменений в BIOS. Затем, если все в порядке, считывается загрузочный сектор диска или драйвера операционной системы, которые, в свою очередь, также анализируются на предмет внесения в них несанкционированных изменений. И, наконец, с помощью операционной системы запускается драйвер контроля вызовов программ, который следит за тем, чтобы в компьютере запускались только проверенные программы [15, 16].

Интересный метод борьбы с внедрением программных закладок может быть использован в информационной банковской системе, в которой циркулируют исключительно файлы – документы. Чтобы не допустить проникновения программной закладки через каналы связи, в этой системе не допускается прием никакого исполняемого кода. Для распознавания событий типа «ПОЛУЧЕН ИСПОЛНЯЕМЫЙ КОД» и «ПОЛУЧЕН ФАЙЛ-ДОКУМЕНТ» применяется контроль за наличием в файле запрещенных символов: файл признается содержащим исполняемый код, если в нем присутствуют символы, которые никогда не встречаются в файлах-документах.

2. Выявление внедренной программной закладки. Выявление внедренного кода программной закладки заключается в обнаружении признаков его отсутствия в компьютерной системе. Эти признаки можно разделить на следующие два класса:

- качественные и визуальные;
- обнаруживаемые средствами тестирования и диагностики.

К качественным и визуальным признакам относятся ощущения и наблюдения пользователя компьютерной системы, который отмечает определенные отклонения в ее работе (изменяется состав и длины файлов, старые файлы куда-то пропадают, а вместо них появляются новые, программы начинают работать медленнее, или заканчивают свою работу слишком быстро, или вообще перестают запускаться). Несмотря на то, что суждение о наличии признаков этого класса кажется слишком субъективным, тем не менее, они часто свидетельствуют о наличии неполадок в компьютерной системе и, в частности, о необходимости проведения дополнительных проверок присутствия программных закладок.

Признаки, выявляемые с помощью средства тестирования и диагностики, характерны как для программных закладок, так и для компьютерных вирусов. Например, загрузочные закладки успешно обнаруживаются антивирусными программами, которые сигнализируют о наличии подозрительного кода в загрузочном секторе диска. С инициированием статической ошибки на дисках хорошо справляются средства работы с дисковыми накопителями, входящие в Windows. А средства проверки целостности данных на диске, входящие в состав современных антивирусных средств, позволяют успешно выявлять изменения, вносимые в файлы программными закладками. Кроме того, эффективен поиск фрагментов кода программных закладок по характерным для них последовательностям нулей и единиц (сигнатурам), а также разрешение выполнения только программ с известными сигнатурами.

3. Удаление внедренной программной закладки. Конкретный способ удаления внедренной программной закладки зависит от метода ее внедрения в компьютерную систему. Если это программно-аппаратная закладка, то следует перепрограммировать ПЗУ компьютера. Если это загрузочная, драйверная, прикладная, замаскированная закладка или закладка – имитатор, то можно заменить их на соответствующую загрузочную запись, драйвер, утилиту или служебную программу, полученную от источника, заслуживающего доверия. Наконец, если это исполняемый программный модуль, то можно попытаться добыть его исходный текст, убрать из него имеющиеся закладки или подозрительные фрагменты, а затем заново откомпилировать.

В разрабатываемом программном продукте комплексным образом проводится анализ программной и аппаратной целостности данных компьютера.

2 Алгоритм проверки целостности данных компьютера

Рассмотрим общую схему алгоритма проверки целостности данных компьютера. Она приведена на рисунке 1.

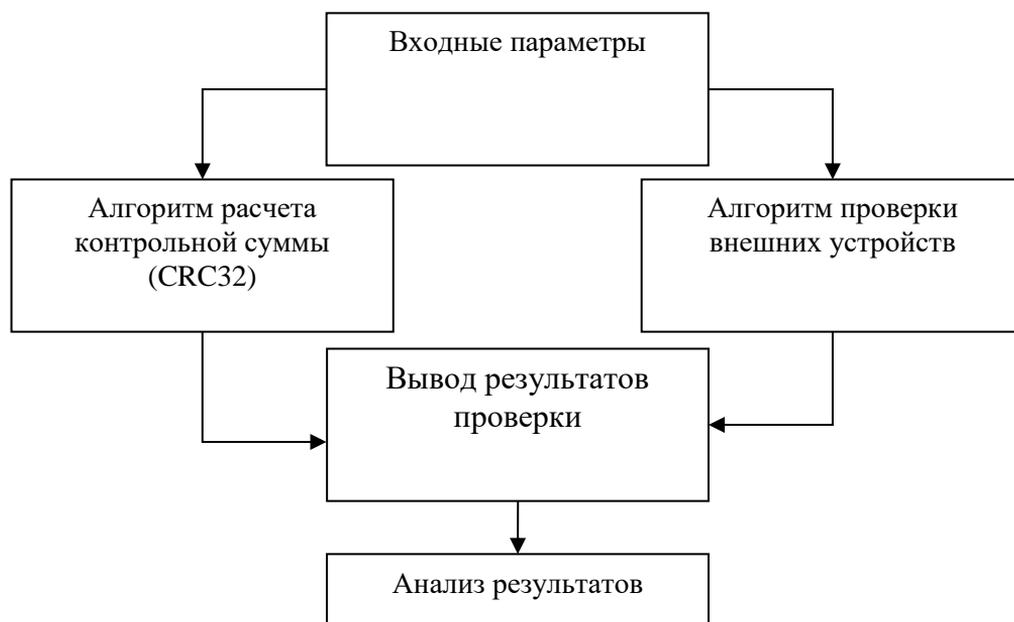


Рисунок 1. Общая схема алгоритма проверки целостности данных

Общая схема, позволяет представить комплексный подход к определению целостности данных в программной и аппаратной части компьютера.

Рассмотрим эту схему поблочно:

1. Входные данные. Здесь под входными данными понимается как любой файл, хранящийся на жестком диске, так и внешние устройства подключенные к компьютеру.

2. Алгоритм расчета CRC32. Данный алгоритм позволяет отследить целостность данных в программной части персонального компьютера, а также производить их проверку через интервалы времени выбираемые пользователем.

3. Алгоритм проверки внешних устройств. Данный алгоритм позволяет отследить изменения в аппаратной части персонального компьютера, а также производить проверку устройств через интервалы времени выбираемые пользователем.

4. Вывод результатов проверки. Выводится сообщение об изменении или не изменении файлов и устройств персонального компьютера на основе чего оператор принимает решение о целостности данных системы.

5. Анализ результатов. В данном блоке пользователь принимает решение на основе выданного сообщения.

Поясним подробнее алгоритм проверки внешних устройств. Схема его приведена на рисунке 2.

Поясним вышеуказанную схему алгоритма. В ней можно отметить следующие основные операции.

1. Проверка подключенных устройств. Проводится анализ конфигурации компьютера по всем подключенным устройствам и программному обеспечению на данном компьютере.

2. Создание эталонного файла. Из конфигурации компьютера копируется информация о всех подключенных устройствах на данный момент времени в текстовый файл именуемый «Эталонным».

3. Создание файла сравнения. Для выяснения изменения структуры подключенных устройств по истечению некоторого времени повторяется последовательность действий описанных в пункте 2. За исключением того, что информация сохраняется в текстовый файл «Файл сравнения».

4. Сравнение двух файлов: Эталонного и Файла сравнения. В этом блоке происходит сравнение двух текстовых файлов для определения, изменялись ли устройства за прошедший интервал времени.

5. Выдача сообщения о добавлении нового устройства (или нескольких устройств) или сообщения о том, что состояние системы не изменилось.

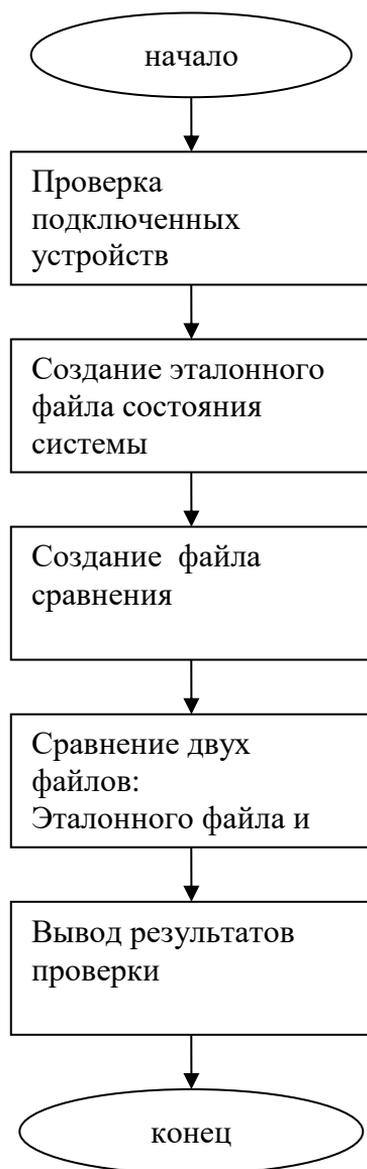


Рисунок 2. Алгоритм проверки подключенных устройств

■ Описание программного продукта

На основе алгоритма расчета контрольной суммы и алгоритма проверки внешних устройств разработан комплексный алгоритм защиты целостности данных компьютера. С использованием рассмотренного алгоритма построена программа. Вся программа разделена на две части: устройства и контрольные суммы. Переход между окнами осуществляется при помощи аналогичных вкладок. На рисунке 3 изображена программа для расчета контрольной суммы.

На рисунке 4 изображено окно программы проверки внешних устройств.

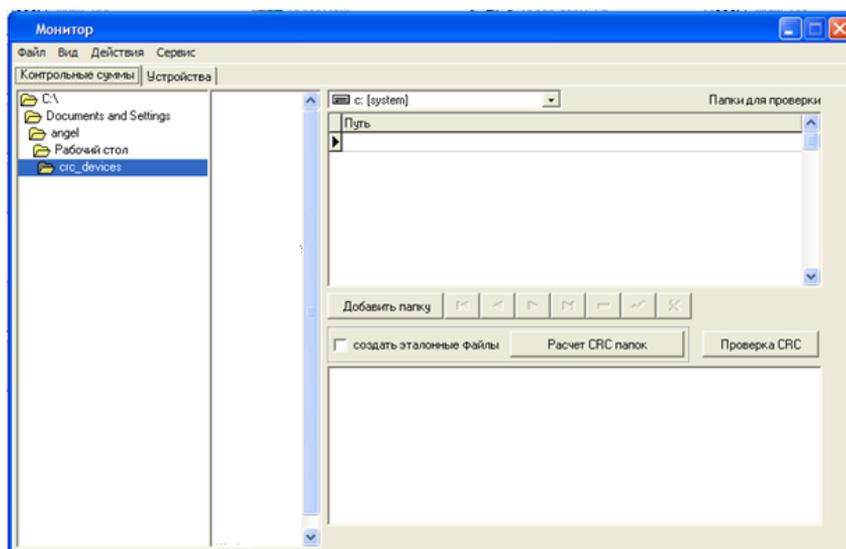


Рисунок 3. Окно расчета контрольной суммы

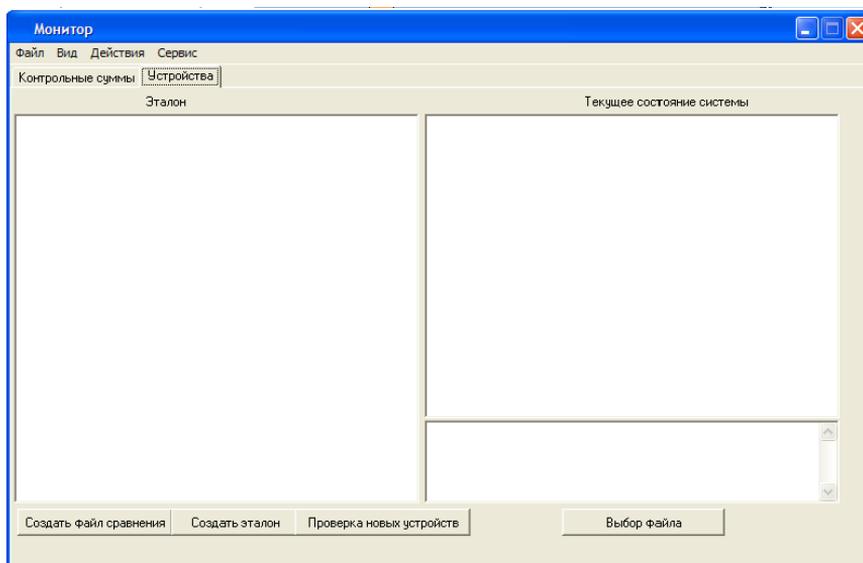


Рисунок 4. Окно проверки внешних устройств

В окне программы контрольные суммы можно проводить расчет контрольной суммы, как файла, так и всех файлов в папке. Расчет контрольной суммы файла происходит после двойного клика мыши на файл в указанной директории (рис. 5).

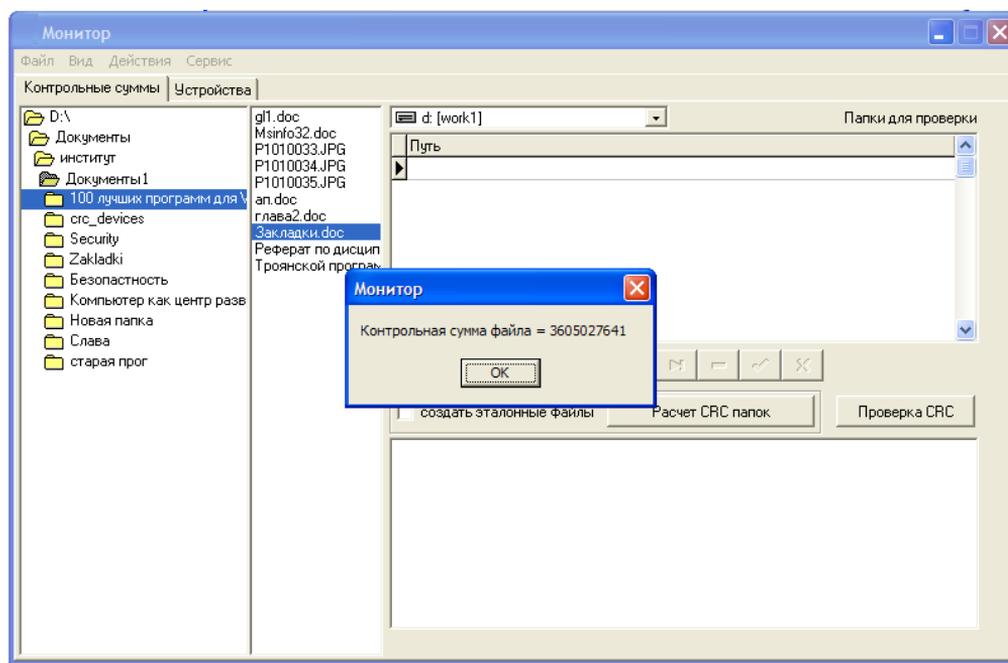


Рисунок 5. Окно расчета контрольной суммы файла

Так же в этом окне можно рассчитать контрольную сумму всех файлов в папке и занести папку в меню программы “Папки для проверки” для дальнейшей проверки целостности данных хранящихся в этой папке. Для проверки целостности данных хранящихся в папке необходимо:

1. Выбрать нужную папку в директории.
2. Нажать кнопку “Добавить папку”.
3. Поставить галочку “Создать эталонные файлы”.
4. Нажать кнопку “Расчет CRC папки”.

После чего будет произведен расчет контрольной суммы всех файлов в папке и это значение будет запомнено программой. Это позволит произвести проверку всех файлов в папке через некоторый интервал времени, выбираемый пользователем. Для проверки контрольной суммы всех файлов в папке необходимо нажать кнопку “Проверка CRC” и программа выдаст сообщение о совпадении или не совпадении контрольной суммы папки. Пример работы программы приведен на рисунке 6.

Удаление или изменение хотя бы одного файла приведет к изменению контрольной суммы и программа при следующей проверке выведет предупреждающее сообщение рисунке 7.

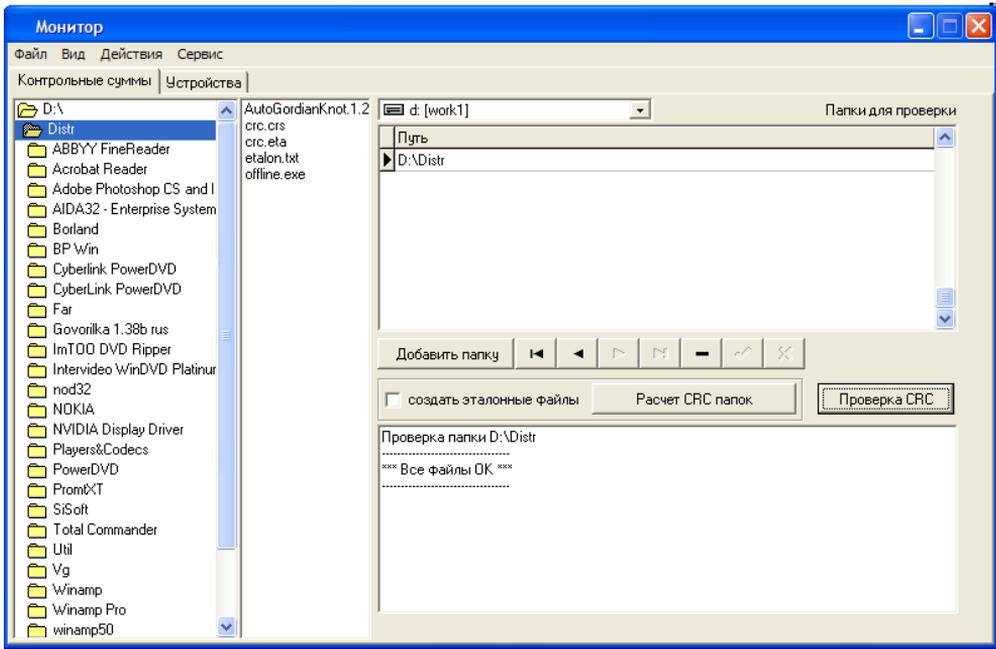


Рисунок 6. Пример расчета CRC всех файлов в папке

Для проверки внешних устройств необходимо перейти к вкладке “Устройства”. После чего создать эталонный файл с состоянием системы для этого необходимо произвести последовательность действий:

1. Нажать кнопку “Создать эталон”.
2. Прodelать действия по подсказкам программы.
3. Аналогично создать файл сравнения.
4. Нажать кнопку “Выбор файла” и выбрать файл с именем ETALON.txt. Повторить нажатие кнопки “Выбор файла” и выбрать файл FILESRAVNENIA.txt
5. Нажать кнопку “Проверка новых устройств”.

После таких действий будет выдано сообщение (см. рис. 8).

Для проверки через любой интервал времени требуется пересоздать FILESRAVNENIA.txt и осуществить действия 4,5 описанные выше. Если в аппаратной части ПЭВМ произошли изменения, программа выдаст сообщение (рис. 9).

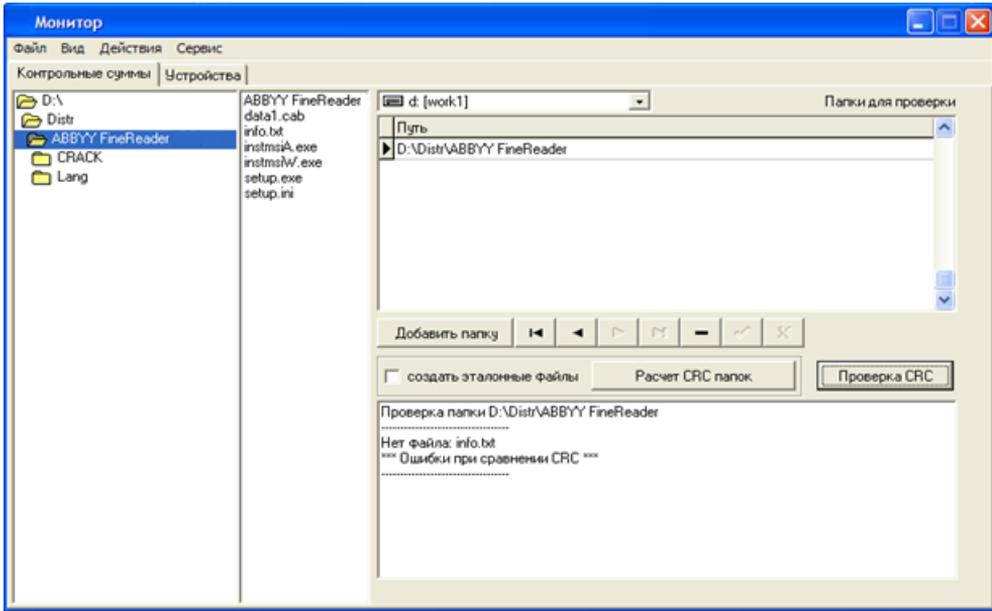


Рисунок 7. Пример работы программы при ошибке в файле

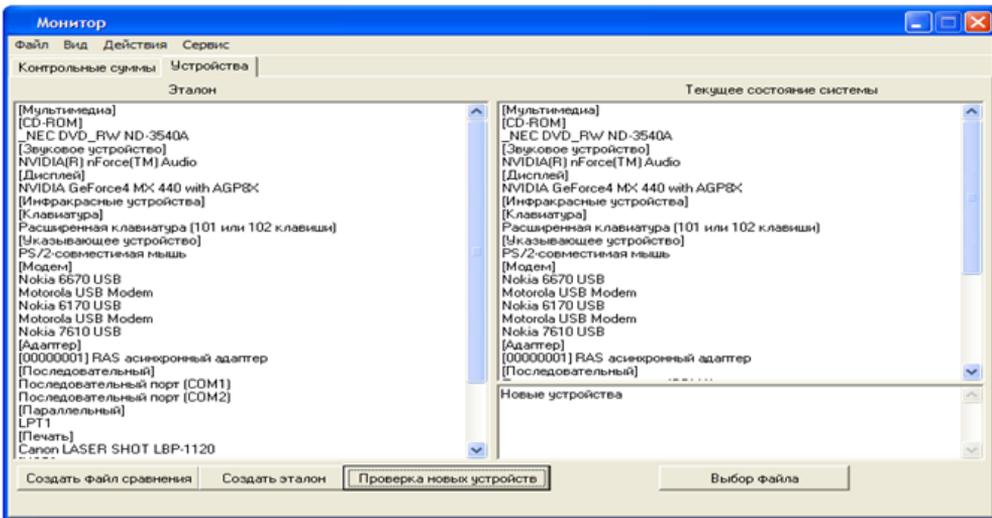


Рисунок 8. Пример работы программы

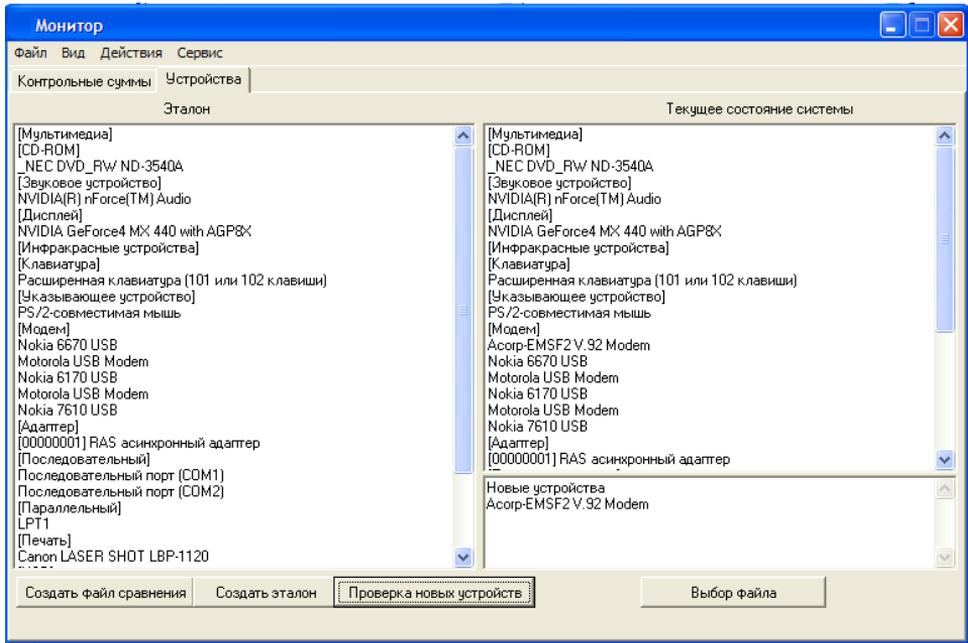


Рисунок 9. Пример работы программы при добавлении нового устройства

Выводы

Работа посвящена разработке алгоритма и программного средства, позволяющего отслеживать изменения в программной и аппаратной части компьютера. Проведен анализ современных подходов к анализу целостности данных. Проанализированы достоинства и недостатки этих подходов. Даны рекомендации по построению алгоритма целостности данных на основе комбинации аппаратного и программного подходов. Дано описание программного продукта, созданного на основе алгоритма контрольной суммы и алгоритма проверки внешних устройств, позволяющего отслеживать изменения в программной и аппаратной части компьютера. Достоинством программного продукта является то, что в нем комплексным образом проводится анализ программной и аппаратной целостности данных компьютера.

Литература

- [1] Преображенский Ю. П. Некоторые аспекты информатизации образовательных учреждений и развития медиакомпетентности преподавателей и руководителей / Ю. П. Преображенский, Н. С. Преображенская, И. Я. Львович // Вестник Воронежского государственного технического университета. –2013. – Т. 9. – № 5-2. – С. 134-136.

- [2] Воронов А. А. Обеспечение системы управления рисками при возникновении угроз информационной безопасности А. А. Воронов, И. Я. Львович, Ю. П. Преображенский, В. А. Воронов // *Информация и безопасность*. – 2006. – Т. 9. – № 2. – С. 8-11.
- [3] Душкин А. В. Декомпозиционная модель угроз безопасности информационно-телекоммуникационным системам / А. В. Душкин, О. Н. Чопоров. // *Информация и безопасность*. – 2007. – Т. 10. – № 1. – С. 141-146.
- [4] Сергеев А. В. Проблемы обнаружения и исправления ошибок в линиях связи / А. В. Сергеев, Х. И. Бешер, В. В. Кузнецов // *Вестник Воронежского института высоких технологий*. – 2016. – № 4 (19). – С. 22-24.
- [5] Лобзин П. В. Особенности анализа целостности данных / П. В. Лобзин // *Вестник Воронежского института высоких технологий*. – 2016. – № 4 (19). – С. 96-98.
- [6] Ермолова В. В. Методика построения семантической объектной модели / В. В. Ермолова, Ю. П. Преображенский // *Вестник Воронежского института высоких технологий*. – 2012. – № 9. – С. 87-90.
- [7] Преображенский Ю. П. Алгоритм нахождения оптимальной стационарной стратегии для марковских процессов принятия решений / Ю. П. Преображенский // *Вестник Воронежского института высоких технологий*. – 2010. – № 6. – С. 81-82.
- [8] Фомина Ю. А. Принципы индексации информации в поисковых системах / Ю. А. Фомина, Ю. П. Преображенский // *Вестник Воронежского института высоких технологий*. – 2010. – № 7. – С. 98-100.
- [9] Ермилов Е. В. Риск-анализ распределенных систем на основе параметров рисков их компонентов / Е. В. Ермилов, Е. А. Попов, М. М. Жуков, О. Н. Чопоров // *Информация и безопасность*. – 2013. – Т. 16. – № 1. – С. 123-126.
- [10] Глотова Т. В. Анализ подходов, обеспечивающих защищенность современных компьютерных систем / Т. В. Глотова, Х. И. Бешер // *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. – 2016. – № 3 (14). – С. 17.
- [11] Преображенский Ю. П. Оценка эффективности применения системы интеллектуальной поддержки принятия решений / Ю. П. Преображенский // *Вестник Воронежского института высоких технологий*. – 2009. – № 5. – С. 116-119.
- [12] Зяблов Е. Л., Преображенский Ю. П. Построение объектно-семантической модели системы управления Е. Л. Зяблов, Ю. П. Преображенский // *Вестник Воронежского института высоких технологий*. – 2008. – № 3. – С. 029-030.
- [13] Преображенский Ю. П. Разработка методов формализации задач на основе семантической модели предметной области / Ю. П. Преображенский // *Вестник Воронежского института высоких технологий*. – 2008. – № 3. – С. 075-077.
- [14] Пахомова А. С. Целенаправленные угрозы компьютерного шпионажа: признаки, принципы и технологии реализации / А. С. Пахомова, О. Н. Чопоров, К. А. Разинкин // *Информация и безопасность*. – 2013. – Т. 16. – № 2. – С. 211-214.

- [15] Пахомова А. С. Атаки на информационно-технологическую инфраструктуру критически важных объектов: оценка и регулирование рисков: монография / А. С. Пахомова, О. Н. Чопоров, К. А. Разинкин; под ред. чл.-корр. РАН Д. А. Новикова. – Воронеж, Издательство: ООО «Издательство «Научная книга», 2013. – 159 с.
- [16] Мэн Ц. Анализ методов классификации информации в интернете при решении задач информационного поиска / Ц. Мэн // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 2 (13). – С. 19.
-

Prof. Oleg Choporov

Doctor of Sciences (Engineering), Professor,
Voronezh Institute of High Technologies
E-mail: choporov_oleg@mail.ru

Prof. Igor Lvovich

Doctor of Sciences (Engineering), Professor,
Voronezh Institute of High Technologies
E-mail: i_lvovich@mail.ru

Konstantin Razinkin

Doctor of Sciences (Engineering), Associate Professor,
Voronezh Institute of High Technologies
E-mail: kostyr@mail.ru



Performance evaluation and structure of the equipment of local computer networks

Оценка производительности и состава оборудования локальных компьютерных сетей

Yakov Lvovich, Oleg Choporov, Yury Preobrazhenski

Яков Львович, Олег Чопоров, Юрий Преображенский

Abstract:

Computer networks are currently used in the transmission of information of various types. As the complexity used in network applications, there is an increase in bandwidth, reliability and network protection, the possibility of its effective management, and where possible, reduce the cost of operation. In the paper the consideration is being given to improve the performance of computer networks, both from the point of view of their cost, so the transfer of information. The paper presents an information system unit valuation a local area network. The database stores information about which types of local area networks, cables, network cards, switches, routers, bridges. To calculate the value of the local computer network use has been used the correlation approach. As input parameters were used: the type of traffic, the number of offices that host computers, number of computers in each classroom, the number of servers, the presence of floors. The output result is the equipment included in the designed local area network. For the vector of correlation coefficients using the standard procedure are the largest numbers that meet the required telecommunications facilities in accordance with the input parameters. The analysis methods used in the analysis of the characteristics of computer networks. The objective of the assessment for the computer network flow in the communication line between the neighboring routers, depending on the number of subscribers connected to each node, and the traffic intensity. Restrictions are the maximum value of the bandwidth of a certain area, and the performance of the node in the network. To estimate the maximum value of the traffic that is transmitted in a computer network, used simplex method that allows us to consider the performance of the switching

nodes. A mathematical model is developed for assessing the capacity of communication channels given the amount of traffic transmitted in the switching nodes and the bandwidth of the switching nodes. The algorithm is implemented in the software product. On the basis of the obtained results it is possible to perform optimization under the given requirements, as the cost of computer networks, and traffic and bandwidth of its elements.

Keywords:

Computer network, simulation, design, information security, performance.

ACM Computing Classification System:

*Computer-communication networks-Network Architecture and Design
Computer-communication networks-Distributed Systems
Computer-communication networks-Local and Wide-Area Networks*

Abstract:

Компьютерные сети в настоящее время используются при передаче информации различных типов. По мере усложнения применяемых в сети приложений происходит увеличение требований к пропускной способности, надежности и защите сети, возможности ее эффективного управления, и, по возможности, снижению стоимости эксплуатации. В работе рассматриваются возможности улучшения характеристик компьютерных сетей, как с точки зрения передачи информации, так и их стоимости. Проведен анализ методов, используемых при анализе характеристик компьютерных сетей. Сформулирована задача проведения оценки для компьютерной сети потока в линии связи между соседними маршрутизаторами в зависимости от числа абонентов, подключенных к каждому узлу, а также интенсивности трафика. Ограничениями являются максимальное значение по пропускной способности определенного участка, а также производительность узла в сети. Для оценки максимального значения величины трафика, который передается в компьютерной сети, использовался симплекс-метод. Разработана математическая модель оценки пропускной способности каналов связи с учетом объема трафика передаваемого в узлах коммутации и пропускной способности узлов коммутации. Алгоритм реализован в программном продукте. На основе полученных результатов можно проводить оптимизацию при заданных требованиях, как на стоимость компьютерной сети, так и трафика и пропускной способности ее элементов.

Проведена оценка стоимости локальной вычислительной сети. База данных хранит информацию об используемых типах локальных вычислительных сетей, кабелях, сетевых картах, коммутаторах, маршрутизаторах, мостах. Для расчета стоимости локальной вычислительной сети использовался корреляционный подход. В качестве входных параметров использовались: тип трафика, число кабинетов, в которых размещаются компьютеры, число компьютеров в каждом кабинете, число серверов, наличие этажей.

Выходным результатом является состав оборудования входящих в проектируемую локальную вычислительную сеть. Для вектора коэффициентов корреляции с помощью стандартной процедуры находятся максимальные элементы, номера которых соответствуют требуемым телекоммуникационным средствам, в соответствии с входными параметрами.

Keywords:

Компьютерная сеть, моделирование, проектирование, защита информации, производительность.

▀ **Введение**

В настоящее время наблюдается ежегодный рост информационных потоков, и уже довольно трудно представить четкое взаимодействие банковских структур, промышленных предприятий, а также различных учреждений без современной вычислительной техники и компьютерных сетей [1].

Происходит развитие сетевой инфраструктуры, которая лежит в основе деятельности современных предприятий. При этом по мере усложнения применяемых в сети приложений происходит увеличение требований к пропускной способности, надежности и защите сети, возможности ее эффективного управления, и, по возможности, снижению стоимости эксплуатации.

При оптимизации структуры и параметров оборудования компьютерных сетей во многих случаях предпочтительным оказывается использование математического моделирования.

Целью работы является рассмотрение подходов, связанных с улучшением параметров сети при заданных ограничениях по пропускной способности ее элементов и по стоимости.

В соответствии с целью работы необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ средств и топологий построения локальных вычислительных сетей;
- рассмотреть алгоритм оценки загрузки каналов связи с учетом производительности узлов и пропускной способности каналов;
- разработать алгоритм для оценки стоимости ЛВС.

▀ **1 Моделирование и исследование алгоритмов маршрутизации в компьютерных сетях**

1.1 Методы моделирования локальных вычислительных сетей

Применение математических методов обусловлено потребностью разработки моделей ЛВС с использованием соответствующих математических подходов [2, 3].

Имитационное моделирование позволяет рассматривать значительно большее число ситуаций в реальных компьютерных сетях, может быть оценено влияние различных параметров на характеристики систем [4, 5].

В ряде случаев имеется возможность измерения характеристик компьютерной сети. С этой целью применяются соответствующие аппаратно-программные средства [6].

При измерениях используются сетевые анализаторы, анализаторы протоколов, а также другие решения, которые позволяют смотреть и анализировать сетевой трафик на основе выбора и преобразования сетевых пакетов.

1.2 Математическое обеспечение подсистемы моделирования сетей

1.2.1 Постановка задачи

Необходимо разработать алгоритм позволяющий проводить оценку распределения клиентской нагрузки на сервер.

На рисунке 1 приведен пример структурной схемы компьютерной сети. В ее состав может входить сервер, который направлен на предоставление определенных видов услуг, маршрутизаторы, соединяющие узлы компьютерной сети, а также подсети, которые подключаются к маршрутизаторам, из этих подсетей идут запросы на сервер. Мы рассматриваем пример, но те подходы, которые мы используем, являются универсальными.



Рисунок 1. Пример структурной схемы сети

Ставится задача проведения оценки для компьютерной сети потока в линии связи между соседними маршрутизаторами в зависимости от числа абонентов, подключенных к каждому узлу, а также интенсивности трафика.

1.2.2 Параметры, влияющие на качество передачи информации

Когда рассматривается задача определения характеристик скорости некоторого сегмента или аппаратного устройства, не происходит разделение по видам трафика, в зависимости от участника передачи или типа передаваемой информации, а анализируется общий объем передаваемых данных. С другой стороны, представляет практически важный интерес детализация информации в сети, что может быть использовано для разработки соответствующих подходов управления компьютерной сетью [7, 8].

Пропускная способность дает описание максимально возможной скорости обработки трафика, которая задается стандартом технологии построения сети. С другой стороны, пропускная способность показывает максимально возможный объем данных, который может быть передан через сеть или какую-то ее часть в единицу времени.

Пропускная способность измеряется или в битах в секунду, или в пакетах в секунду.

Пропускная способность сети определяется тем, какая физическая среда передачи используется для решения задач. Среда передачи данных может включать в себя как кабельные, так и беспроводные технологии. С другой стороны, на пропускную способность оказывают влияние способы передачи данных (например, АТМ или FastEthernet). Пропускная способность может характеризовать то, какие технологии реализованы в сети.

В отличие от времени реакции или скорости передачи трафика пропускная способность не зависит от загруженности сети и имеет заданное значение, зависящее от применяемых в сети технологий.

Качество работы сети зависит от множества параметров: защищенность, совместимость, надежность, управляемость, производительность, расширяемость, а также масштабируемость. Можно выделить главные из параметров, связанных с передачей трафика – величину максимальной задержки передачи и вариацию задержки. Следует отметить, что в ряде случаев может существовать слабая зависимость передаваемых данных от задержек при передаче.

Например, это может быть при отправке электронной почты, отправке задания на печать документа.

Но в ряде случаев задержки ведут к заметным снижениям качества информации (аудио- или видеоданные).

Как показывает анализ, в технологии Ethernet, для различных стандартов физического уровня, отмечают понятие домена коллизий. Им является каждый сегмент сети. Мост является разграничителем между различными коллизионными доменами.

1.3 Математическое описание алгоритма оценки устойчивости узлов коммутации

Мы будем опираться на такую модель сети передачи данных, которая содержит в себе N узлов, а также $(N-1)$ линий коммуникации. Предполагается, что:

- все линии коммуникации абсолютно надежны;
- все линии коммуникации помехоустойчивы;

- узлы имеют бесконечную память;
- время обработки в узлах весьма мало, им можно пренебречь;
- трафик в сети может быть представлен в виде потока сообщений, которые с одинаковым приоритетом, этот поток имеет пуассоновское распределение со средним значением γ_i (сообщений/сек) для сообщений, которые передаются по каналу связи.

Исходя из сказанного, в качестве целевой функции мы будем считать пропускную способность участка сети, который состоит из N отдельных участков, приведен пример, когда рассматривается число участков N=6 (рис. 2, рис. 3), измеряемую в байтах/сек (1).

$$\sum_{i=1}^N x_i \rightarrow \max \tag{1}$$

где x_i [байт/сек] – определяет пропускную способность i -го участка сети.

Ограничениями являются максимальное значение по пропускной способности участка (2), а также производительность узла в сети (3).

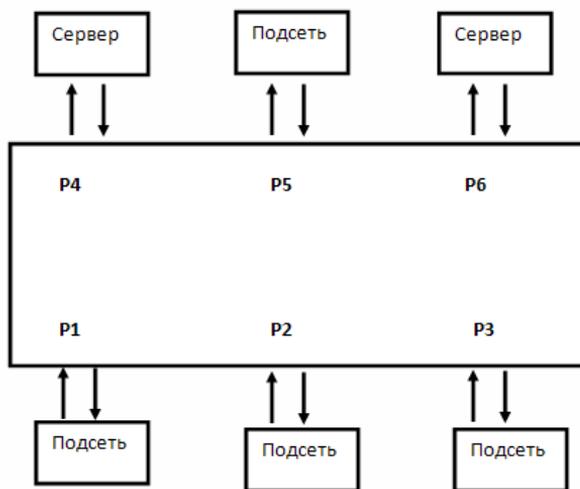


Рисунок 2. Распределение трафика в сети, построенной на коммутаторе

	1	2	3	4	5	6
1	0	p_{12}	p_{13}	p_{14}	p_{15}	p_{16}
2	p_{21}	0	p_{23}	p_{24}	p_{25}	p_{26}
3	p_{31}	p_{32}	0	p_{34}	p_{35}	p_{36}
4	p_{41}	p_{42}	p_{43}	0	p_{45}	p_{46}
5	p_{51}	p_{52}	p_{53}	p_{54}	0	p_{56}
6	p_{61}	p_{62}	p_{63}	p_{64}	p_{65}	0

Рисунок 3. Матрица средних значений интенсивностей трафика

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1 \cdot \sum_{j=1}^M N_j \cdot \gamma_j < d_1 \\ x_2 \cdot \sum_{j=1}^M N_j \cdot \gamma_j < d_2 \\ \dots \\ x_N \cdot \sum_{j=1}^M N_j \cdot \gamma_j < d_N \end{array} \right. \quad (2)$$

где N_j – количество пользователей в узле коммутации j , γ_j – [сообщений/сек] поступающих в узел коммутации j от пользователей, d_i – ограничение по трафику для i -го участка сети.

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1 \cdot \sum_{j=1}^M N_j \cdot p_{ij} < B_1 \\ x_2 \cdot \sum_{j=1}^M N_j \cdot p_{ij} < B_2 \\ \dots \\ x_N \cdot \sum_{j=1}^M N_j \cdot p_{ij} < B_N \end{array} \right. \quad (3)$$

где p_{ij} – интенсивность трафика j -го пользователя на i -м участке сети, B_i – производительность узла коммутации на i -м участке сети.

Для оценки максимально значения величины трафика, который передается в компьютерной сети, можно воспользоваться симплекс-методом.

Симплекс метод представляет собой универсальный метод для решения линейной системы уравнений или неравенств и линейного функционала [9, 10].

2 Оценка стоимости компьютерной сети

2.1 Общая структура разрабатываемой подсистемы

На рисунке 4 приведена информационная модель системы оценки стоимости локальной вычислительной сети (ЛВС).

«Главное окно» предназначено для организации взаимодействия пользователя программного средства с ЭВМ, в котором содержатся основные функции управления.

«Пользователь» – осуществляет ввод информации и формирование запросов к базе данных (БД), в случае если требуется просмотреть существующую информацию в БД, или к блоку расчета, который осуществляет расчет стоимости проектируемой ЛВС, в соответствии с параметрами заданными пользователем.

«База данных» – хранит в себе всю необходимую информацию, структура БД и состав будет представлено ниже. В БД также возможно внести информацию об используемом оборудовании.

На основе запросов пользователя формируются различные отчеты, которые отображаются в браузере.

В состав базы данных, которая обеспечивает хранение информации в информационной системе расчета стоимости локальной вычислительной сети, входит 6 таблиц (рис. 5):

1. «ЛВС»; 2. «Кабели»; 3. «Сетевые карты»; 4. «Коммутаторы»; 5. «Маршрутизаторы»; 6. «Мосты».

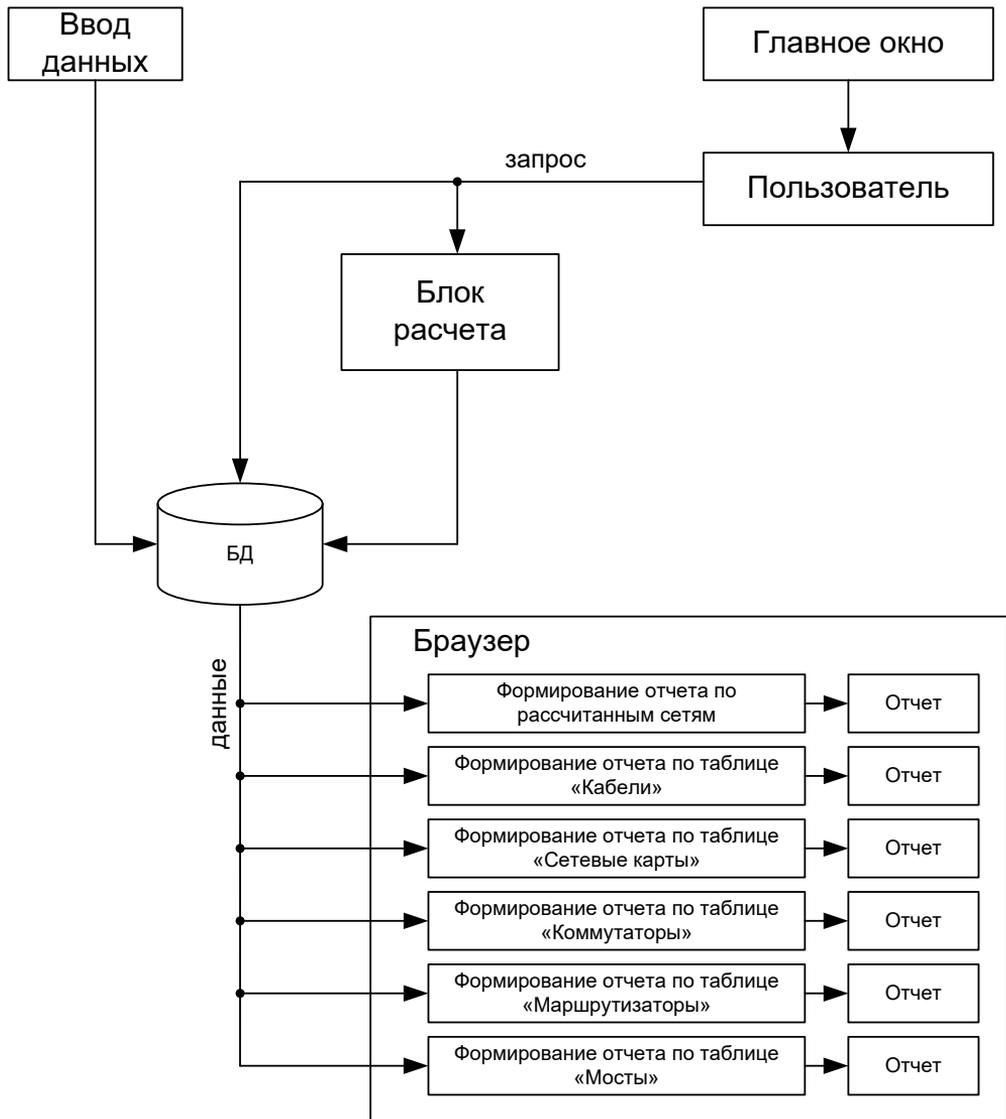


Рисунок 4. Информационная модель системы оценки стоимости ЛВС

Таблица «ЛВС» считается основной, поскольку она предназначена для хранения информации о рассчитанных сетях, включает в себя следующие поля (табл. 1):

- «Номер проекта» – уникальное значение, которое определяет разработанный проект сети;
- «Дата» – определяет дату разработки;
- «Организация» – содержит информацию о наименовании организации-заказчика проекта;
- «Стоимость» – используется для хранения стоимости разработанного проекта;
- «Тип кабеля» – используются для хранения информации типе используемого кабеля;
- «Количество» – количество кабеля используемого при проектировании сети;
- «Тип сетевой карты» – используются для хранения информации типе используемых сетевых карт;
- «Количество» – количество сетевых карт используемых при проектировании сети;
- «Тип коммутатора» – содержит информацию о типе используемого коммутатора;
- «Количество» – количество коммутаторов используемых при проектировании сети;
- «Тип маршрутизатора» – используются для хранения информации типе используемых маршрутизаторов;
- «Количество» – количество маршрутизаторов используемых при проектировании сети;
- «Тип моста» – используются для хранения информации типе используемых мостов;
- «Количество» – количество мостов используемых при проектировании сети.

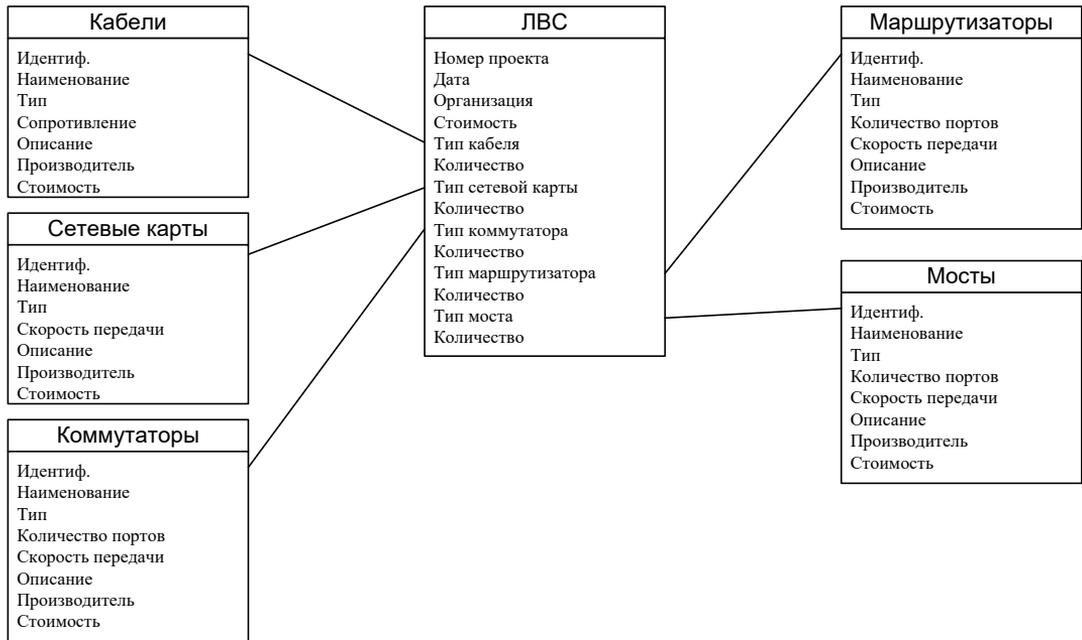


Рисунок 5. Структура базы данных

Таблица 1. Таблица «ЛВС»

Наименование поля	Тип данных
Номер проекта	Текстовый
Дата	Дата/Время
Организация	Текстовый
Стоимость	Денежный
Тип кабеля	Текстовый
Количество	Числовой
Тип сетевой карты	Текстовый
Количество	Числовой
Тип коммутатора	Текстовый
Количество	Числовой
Тип маршрутизатора	Текстовый
Количество	Числовой
Тип моста	Текстовый
Количество	Числовой

Для хранения информации о видах кабеля, которые возможно использовать при проектировании используется таблица «Кабели», которая включает в себя следующие поля (табл. 2):

- «Идентиф.» – уникальное значение, которое определяет позицию в БД;
- «Наименование» – название кабеля;
- «Тип» – содержит информацию о соответствующем кабеле;
- «Сопротивление» – определяет характеристику (волновое сопротивление) кабеля;
- «Описание» – содержит краткое описание используемого кабеля, с указанием основных его параметров;
- «Производитель» – содержит информацию о производителе кабеля;
- «Стоимость» – определяет стоимость кабеля.

Таблица 2. Таблица «Кабели»

Наименование поля	Тип данных
Идентиф. (уник)	Текстовый
Наименование	Текстовый
Тип	Текстовый
Сопротивление	Числовой
Описание	Текстовый
Производитель	Текстовый
Стоимость	Числовой

Для хранения информации о сетевых картах, которые возможно использовать при проектировании используется таблица «Сетевые карты», которая включает в себя следующие поля (табл. 3):

- «Идентиф.» – уникальное значение, которое определяет позицию в БД;
- «Наименование» – название сетевой карты;
- «Тип» – содержит информацию о соответствующей сетевой карте;
- «Скорость передачи» – определяет скорость, на которой передавать данные;
- «Описание» – содержит краткое описание используемой сетевой карты, с указанием основных параметров;
- «Производитель» – содержит информацию о производителе сетевой карты;
- «Стоимость» – определяет стоимость сетевой карты.

Таблица 3 – Таблица «Сетевые карты»

Наименование поля	Тип данных
Идентиф. (уник)	Текстовый
Наименование	Текстовый
Тип	Текстовый
Скорость передачи	Числовой
Описание	Текстовый
Производитель	Текстовый
Стоимость	Числовой

Для хранения информации о коммутаторах, которые возможно использовать при проектировании используется таблица «Коммутаторы», которая включает в себя следующие поля (табл. 4):

- «Идентиф.» – уникальное значение, которое определяет позицию в БД;
- «Наименование» – коммутатора;
- «Тип» – содержит информацию о соответствующем коммутаторе;
- «Количество портов» – хранит информацию о количестве портов для подключения ЭВМ;
- «Скорость передачи» – определяет скорость, на которой могут передаваться данные;
- «Описание» – содержит краткое описание используемого коммутатора, с указанием основных параметров;
- «Производитель» – содержит информацию о производителе коммутатора;
- «Стоимость» – определяет стоимость коммутатора.

Таблица 4. Таблица «Коммутаторы»

Наименование поля	Тип данных
Идентиф. (уник)	Текстовый
Наименование	Текстовый
Тип	Текстовый
Количество портов	Числовой
Скорость передачи	Числовой
Описание	Текстовый
Производитель	Текстовый
Стоимость	Числовой

Для хранения информации о маршрутизаторах, которые возможно использовать при проектировании используется таблица «Маршрутизаторы», которая включает в себя следующие поля (табл. 5):

- «Идентиф.» – уникальное значение, которое определяет позицию в БД;
- «Наименование» – название маршрутизатора;
- «Тип» – содержит информацию о соответствующем маршрутизаторе;
- «Количество портов» – хранит информацию о количестве портов для подключения ЭВМ;
- «Скорость передачи» – определяет скорость, на которой могут передаваться данные;
- «Описание» – содержит краткое описание используемого маршрутизатора, с указанием основных параметров;
- «Производитель» – содержит информацию о производителе маршрутизатора;
- «Стоимость» – определяет стоимость маршрутизатора.

Таблица 5 – Таблица «Маршрутизаторы»

Наименование поля	Тип данных
Идентиф. (уник)	Текстовый
Наименование	Текстовый
Тип	Текстовый
Количество портов	Числовой
Скорость передачи	Числовой
Описание	Текстовый
Производитель	Текстовый
Стоимость	Числовой

Для хранения информации о мостах, которые возможно использовать при проектировании используется соответствующая таблица, которая включает в себя следующие поля (табл. 6):

- «Идентиф.» – уникальное значение, которое определяет позицию в БД;
- «Наименование» – название моста;
- «Тип» – содержит информацию о соответствующем мосте;
- «Количество портов» – хранит информацию о количестве портов;
- «Скорость передачи» – определяет скорость, на которой могут передаваться данные;
- «Описание» – содержит краткое описание используемого моста, с указанием основных параметров;
- «Производитель» – содержит информацию о производителе моста;
- «Стоимость» – определяет стоимость моста.

Таблица 6 – Таблица «Мосты»

Наименование поля	Тип данных
Идентиф. (уник)	Текстовый
Наименование	Текстовый
Тип	Текстовый
Количество портов	Числовой
Скорость передачи	Числовой
Описание	Текстовый
Производитель	Текстовый
Стоимость	Числовой

2.2. Алгоритм расчета параметров и поиска требуемого оборудования

Для расчета стоимости локальной вычислительной сети воспользуемся коэффициентами корреляции. В качестве входных параметров выделим следующие:

1. Тип трафика (мультимедиа, обмен сообщениями, и т.п.) (η_1) [11, 12]. 2. Количество кабинетов, в которых будут ЭВМ (η_2). 3. Количество компьютеров в каждом кабинете (η_3). 4. Количество серверов (η_4). 5. Наличие этажей (η_5).

Блок-схема расчета стоимости ЛВС приведена на рис. 6. Используются следующие обозначения: $\vec{\alpha}_\Pi$ – вектор, каждый из элементов которого являются соответствующие входные параметры; $\vec{\alpha}_{B\Pi}$ – вектор, содержащий зависимости между параметрами $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4, \eta_5$ для их различных комбинаций и значений в БД; k – коэффициент корреляции [13, 14].

Выходным результатом является состав оборудования входящих в проектируемую ЛВС, дающих максимальное значение коэффициента корреляции. Рассмотрим алгоритм расчета состава оборудования:

1. Ввод входных параметров.
2. Рассчитываются коэффициенты корреляции для каждого типа оборудования;
3. На основе принципа максимума коэффициента корреляции выбирается наиболее подходящий вид оборудования.
4. Вывод результата.

На первом шаге задаются входные параметры, которые впоследствии используются для расчёта состава оборудования.

Процесс нахождения необходимого оборудования, сводится к выполнению следующей процедуры отыскания максимума коэффициента корреляции.

$$k_{\text{Max}} = \frac{\int_{S_1 S_2 \dots S_L} \vec{\alpha}_\Pi(\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_L) \vec{\alpha}_{B\Pi}(\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_L) d\eta_1 d\eta_2 \dots d\eta_L}{\sqrt{\int_{S_1 S_2 \dots S_L} \vec{\alpha}_\Pi(\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_L)^2 d\eta_1 d\eta_2 \dots d\eta_L \times \int_{S_1 S_2 \dots S_L} \vec{\alpha}_{B\Pi}(\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_L)^2 d\eta_1 d\eta_2 \dots d\eta_L}}, \quad (4)$$

где S_1, S_2, \dots, S_L – области изменения параметров (например, диапазон изменения полезного трафика, число рабочих мест в организации, число маршрутизаторов и т. д.) ($\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_L$), $L=5$.

То есть, требуется провести перебор различных возможных вариантов для ($\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_L$), $L=5$, которыми мы располагаем, и выбрать из них тот вариант, который соответствует максимуму коэффициента корреляции.

▲ Выводы

Разработана информационная модель системы расчета стоимости оборудования. Обоснована структура базы данных, для хранения информации о типах используемого оборудования. Разработан алгоритм расчета состава оборудования ЛВС на основе корреляционного анализа. Разработана математическая модель оценки пропускной способности каналов связи с учетом объема трафика передаваемого в узлах коммутации и пропускной способности узлов коммутации. Алгоритм реализован в программном продукте.

На основе полученных результатов можно проводить оптимизацию при заданных требованиях, как на трафик и пропускную способность ее элементов, так и на стоимость компьютерной сети.

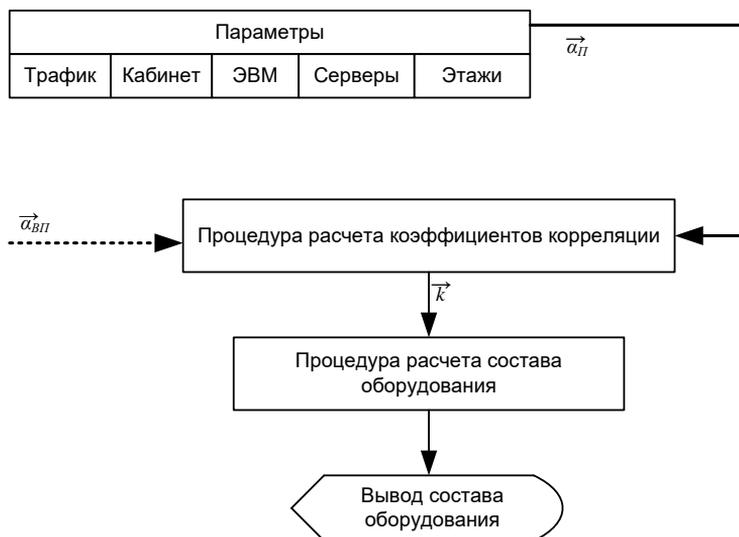


Рисунок 6. Блок-схема расчета состава оборудования

Литература

- [1] Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы // В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб.: Питер, 2010. – 943 с.
- [2] Ермолова В. В. Архитектура системы обмена сообщений в немаршрутизируемой сети / В. В. Ермолова, Ю. П. Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2010. – № 7. – С. 79-81.
- [3] Воронов А. А. Обеспечение системы управления рисками при возникновении угроз информационной безопасности / А. А. Воронов, И. Я. Львович, Ю. П. Преображенский, В. А. Воронов // Информация и безопасность. – 2006. – Т. 9. – № 2. – С. 8-11.
- [4] Зяблов Е. Л. Разработка лингвистических средств интеллектуальной поддержки на основе имитационно-семантического моделирования / Е. Л. Зяблов, Ю. П. Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2009. – № 5. – С. 024-026.
- [5] Львович И. Я. Основы информатики. Учебное пособие / И. Я. Львович, Ю. П. Преображенский, В. В. Ермолова. – Воронеж, Воронежский институт высоких технологий, 2014. – 339 с.

- [6] Пахомова А. С. Целенаправленные угрозы компьютерного шпионажа: признаки, принципы и технологии реализации / А. С. Пахомова, О. Н. Чопоров, К. А. Разинкин // Информация и безопасность. – 2013. – Т. 16. – № 2. – С. 211-214.
- [7] Атаки на информационно-технологическую инфраструктуру критически важных объектов: оценка и регулирование рисков: монография / А. О. Калашников [и др.]; под ред. чл.-корр. РАН Д.А. Новикова. – Воронеж, ООО «Научная книга» (Воронеж), 2013. – 159 с.
- [8] Ашманов С. А. Линейное программирование / С. А. Ашманов. – М.: Наука, 1981.
- [9] Гасс С. Линейное программирование / С. Гасс. М.: Физматгиз, 1961.
- [10] Гольштейн Е. Г. Линейное программирование: Теория, методы и приложения / Е. Г. Гольштейн, Д. Б. Юдин. – М.: Наука, 1969.
- [11] Preobrazhenski A. P. The models of information transmission in computer networks / A. P. Preobrazhenski // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2016. – № 2 (17). – С. 91-93.
- [12] Заборовский В. С. Сети ЭВМ и Телекоммуникации. Анализ трафика в сетях коммутации пакетов. Учеб. пособие / В. С. Заборовский, В. А. Мулюха, А. Г. Новопащенко // СПб: Изд-во СПбГПУ, 2010. – 87 с.
- [13] Кремер Н. Ш. Исследование операций в экономике: Учеб. пособие для вузов / Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко, И. М. Тришин, М. Н. Фридман; Под ред. проф. Н. Ш. Кремера. – М: ЮНИТИ, 2002. – 407 с.
- [14] Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов / В. Е. Гмурман. – Москва: Высшая школа, 2004. 479 с.

.....

Prof. Yakov Lvovich

Doctor of Sciences (Engineering), Professor,
Voronezh Institute of High Technologies
E-mail: ya-e-lvovich@vibt.ru

Prof. Oleg Choporov

Doctor of Sciences (Engineering), Professor,
Voronezh Institute of High Technologies
E-mail: choporov_oleg@mail.ru

Yury Preobrazhenski

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Voronezh Institute of High Technologies
E-mail: yup@vibt.ru



Virtual tour for smart house developed using Unity 3D engine and connected with microcontroller

Erik Kučera, Oto Haffner, Štefan Kozák

Abstract:

Nowadays, virtual tours are very popular and a lot of people want to see a virtual house before the buying of the real one. The article demonstrates a creation of a virtual tour for smart house developed in Unity engine. This virtual tour is connected with microcontroller Arduino which has attached several sensors and actuators. These devices react to the events in the virtual tour and vice versa.

Keywords:

virtual tour, Arduino, Unity engine, microcontroller, smart house

ACM Computing Classification System:

Embedded software, Virtual reality, Mixed / augmented reality

Introduction

Modern forms of visualisation are now realized on the basis of the development of new ICT technologies (e.g. interactive applications made in 3D engine [1], virtual reality or augmented/mixed reality). Visualisation of process modelling, identification and control of complex mechatronic systems, elements and drives using virtual and augmented/mixed reality allows students to get a much quicker and better understanding of the studied subject compared to conventional education methods.

Nowadays, there is a trend of using 3D interactive applications and virtual/mixed reality in virtual tours for houses, cars, apartments and other products. Also, many modern interactive 3D applications for education are being developed.

Automotive company Toyota offers modern 3D virtual showroom [2] for their customers. This 3D showroom was developed in Unreal Engine.

There are also more interactive applications from Animech Technologies. Animech Technologies offers a lot of education modules like Virtual Car, Virtual Truck or Virtual Gearbox [3]. Using these interactive applications students can understand the functionality of mentioned devices and they can look into their interior and detach their individual components in detail.

Very interesting project is a virtual clinic [4]. This virtual clinic is supported by the University of Miami or Charles R. Drew University of Medicine and Science in Los Angeles, United States. This interactive application offers an insight into the functioning of a larger clinic, and students can also try to diagnose patients. They are thus trained through a real experience with the health system, but this complex system is modelled and simulated in virtual reality.

An absolute novelty is Microsoft HoloLens [5], the arrival of which has led to the emergence of a completely new segment of mixed reality (formerly Microsoft Holographic Platform). Mixed reality has unquestionable advantages over virtual reality, as the user perceives a real world and also a virtual world in the same time. The use of this feature is in practice undisputed and it is assumed that mixed reality is going to become a new standard in many areas such as marketing, modeling of complex mechatronic systems, education, etc.



Figure 1. Microsoft HoloLens - mixed reality application - Volvo (source: [6])

For Microsoft HoloLens there are many education and virtual tour applications. Interesting application HoloTour [7] provides 360-degree spatial video of historical places like Rome or Peru. The application complements 3D models of important landmarks that have not been retained or supplementary holographic information about elements in the scene.

1 Main aspects of proposed application

This paper describes an interactive 3D application that simulates virtual tour of the smart home and its exterior. The application is implemented in Unity 3D engine. As it is the interactive application that responds to the perceptions and changes from the environment, it is necessary to connect it with external hardware which captures the signals from the environment and sends the data to the application. As the best candidate to solve this problem, Arduino-family microcontroller has been chosen. Microcontroller will be connected to the computer via the USB port and connection will be established through the serial port. Through this port, the data from sensors will be sent to the application. It is important to note that communication will not run in only one direction (from microcontroller to the computer) but also from the computer to microcontroller. So it is possible to control actuators connected to microcontroller.

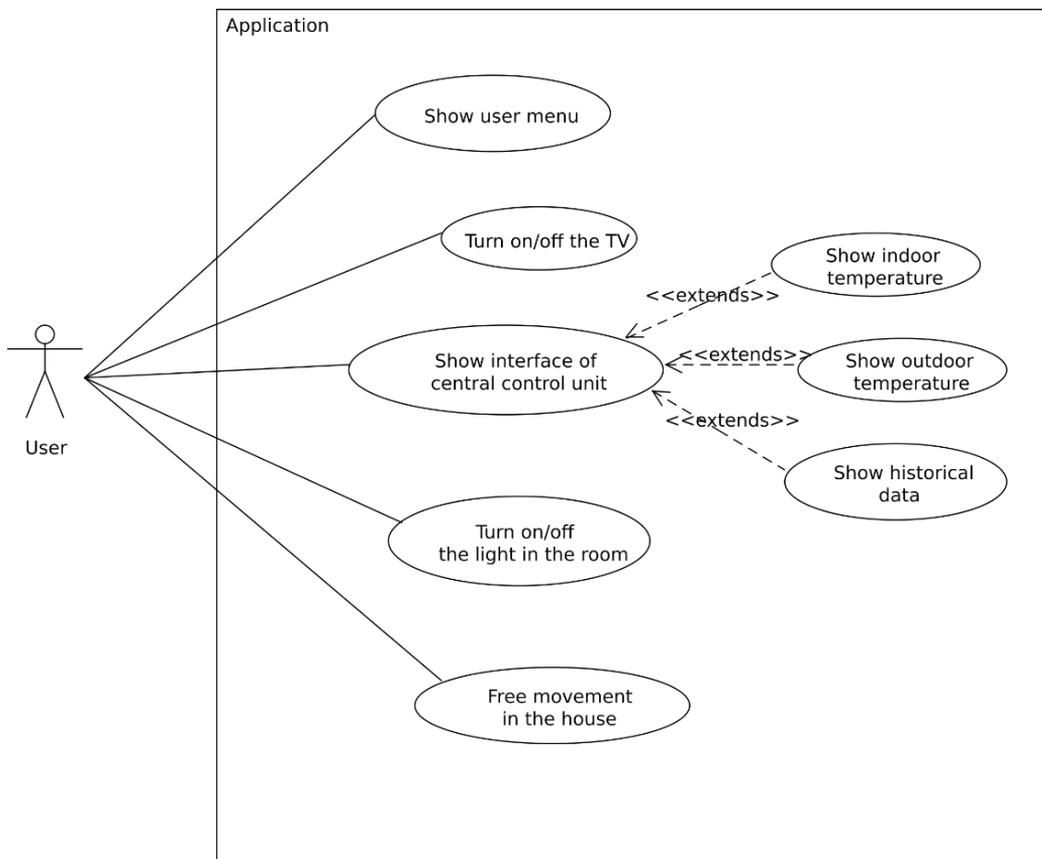


Figure 2. Use-case diagram

The described application has its own data storage. This storage can be used for statistical evaluations or retrieval of historical data. The database was created using cloud Microsoft Azure [8].

The application must meet these requirements:

- option to move in the house and in outdoor areas.
- ability to view the current temperature
- user menu and ability to set COM port for Arduino microcontroller
- ability to turn on/off light in rooms by loud sounds like clapping
- fan rotation on room ceilings when temperature is higher than a certain value
- triggering of fire alarm when detecting the presence of fire in a real environment
- stretching the curtains in the living room in low light conditions and vice versa
- option turn on/off a TV using IR controller when the user is at a sufficient distance from the TV
- option to view historical data about indoor and outdoor temperature
- alerting the user of the unexpected (unfavourable) state of the application

A use-case diagram is in Figure 2.

2 Sensors and actuators

The proposed application is based on necessary sensors and actuators connected to the Arduino microcontroller:

- sound sensor
- light sensor
- temperature sensor
- IR receiver

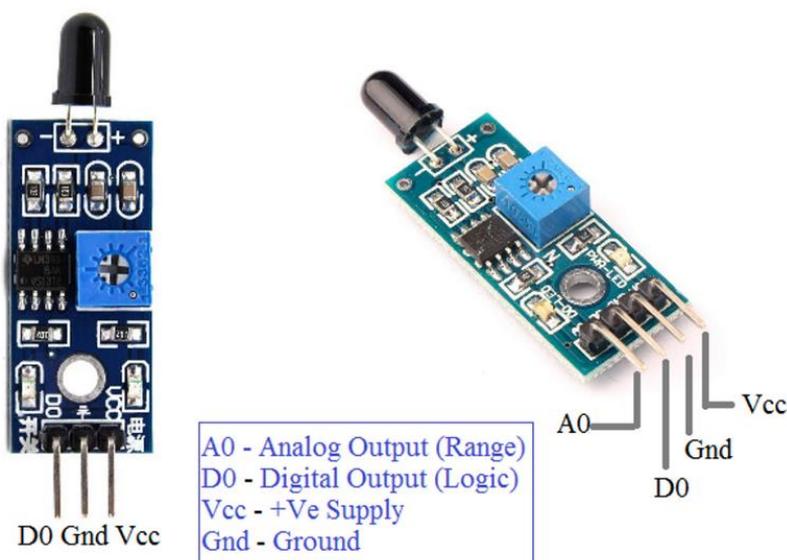


Figure 3. Fire sensor

These sensors will be mapped in the application for a certain functionality. Also, these actuators will be used:

- LED diode
- buzzer



Figure 4. Sound sensor



Figure 5. Light sensor

2.1 Fire sensor

One of the basic sensors of the described system is a fire sensor (Figure 3) that detects the presence of a flame. In principle, it is a detection of infrared (IR) light with a wavelength in the range of 760 to 1100 nm. Its core parts include an infrared sensor, a potentiometer, an operational circuit amplifier and a light-emitting diode (LED). There are different types of these sensors, but two most well-known are three-pin and four-pin sensors. Four-pin sensors have one pin for the analog connection.

2.2 Sound sensor

The sound sensor (Figure 4) is a small board with a microphone that enables detecting of sound from the environment. By connecting to the analog pin, it is possible to detect the intensity of the incoming sound.

2.3 Light sensor

Light sensor (Figure 5) is also called a photoelectric sensor - it converts light energy into electrical signals. The more light it gets on the surface of the light-sensitive part, the resistance decreases. Normal values are from 8 to 20k Ω .



Figure 6. Temperature sensor

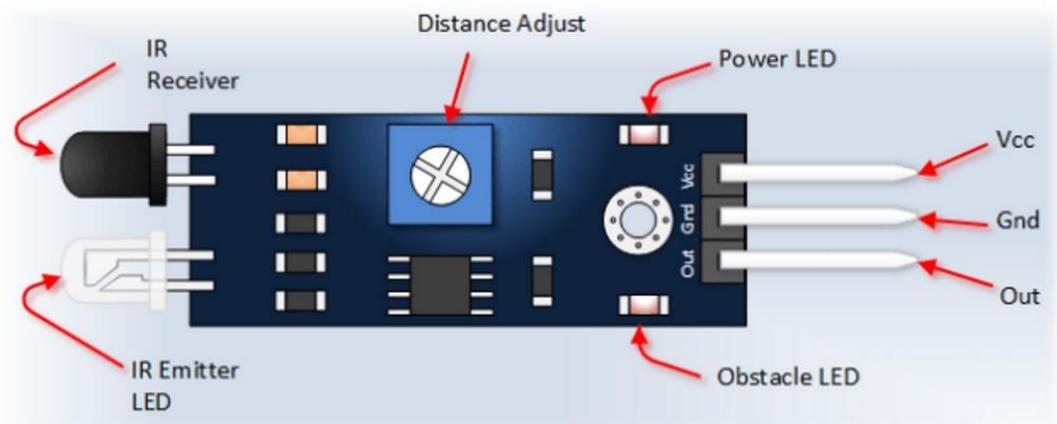


Figure 7. IR receiver

2.3 Temperature sensor

Temperature sensor (Figure 6) TMP36 is used. It is a low-voltage thermal sensor that provides a voltage output that is proportional to the sensed temperature. This device is also easy to use and does not require external calibration. The temperature range from -40°C to $+125^{\circ}\text{C}$ is a very decent result for such a small and simple device, although the accuracy of the measured values may have a deviation of up to 2°C .

2.4 IR receiver

The last important sensor in proposed project is the infrared receiver (Figure 7). It has also a build-in infrared transmitter but it is not used in the proposed project. As the infrared transmitter, a modern smartphone can be used.

Table 1. Identifiers and possible values for sensors

Type of sensor	Identifier	Measured value
Light sensor	light	from 0 to 1024
Temperature sensor	temperature	from -40 to 120
Sound sensor	sound	from 0 to 2014
Fire sensor	flame	fire / calm
IR receiver	ir	signal

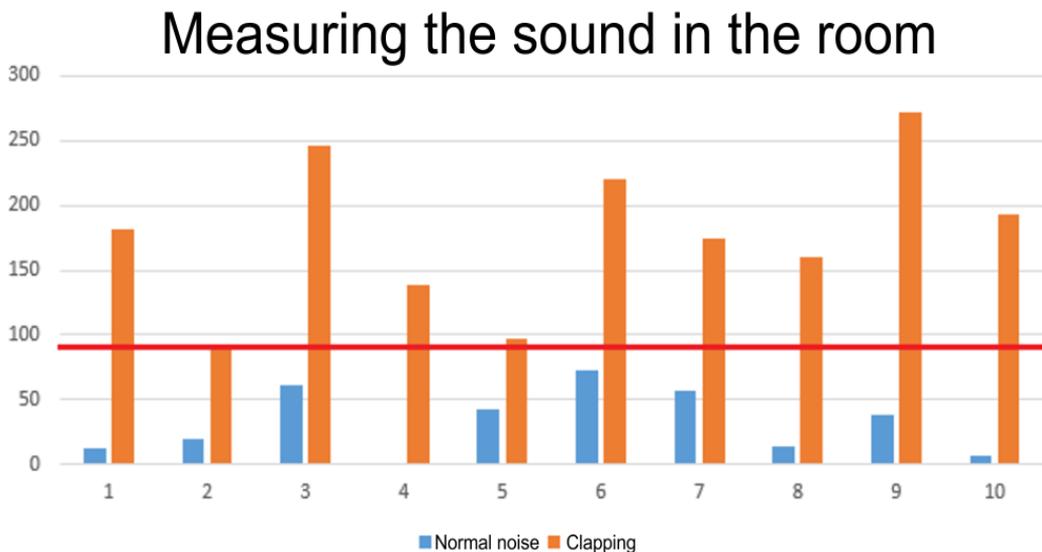


Figure 8. Measuring the sound in the room

3 Implementation of the application

The implementation of the proposed application is described.

3.1 Processing data from sensors

As it was mentioned, the data from sensors will come from Arduino microcontroller in a continuous stream. It is, therefore, important to determine the data format so that we can easily recognize the sensor and what value the sensor has captured. On the microcontroller side, an infinitely uninterrupted cycle will take place, and on the Unity side, the C# programming language will provide parsing functions, which will process the information and perform the necessary functionality. The data format is:

```
{sensor}+"_" + {type_of_sensor}+"_" + {measured_value}
```

The first part is a characteristic string that will let you know that there is some data from the sensors. It is important to start with a particular string because if you also have other data from other sources in the application that you would like to send through our application, it might happen that you are simply mixing the data. This is a situation we are, of course, trying to avoid. The second part will be a unique identifier for individual sensors connected to Arduino microcontroller. The last part will be the measured value we get from the connected sensors. The details are in Table I.

An important part is the definition of boundary values captured from sensors when a system will perform a certain function corresponding to the measured values. One of these values is the volume for the sound sensor which will allow the system to turn on or off the lights in the room. It is important to set this value sufficiently sensitive to clapping near the sensor but at the same time high enough to filter out any ambient noise. Few tests were made (Figure 8) and it was found that good boundary value would be 90.

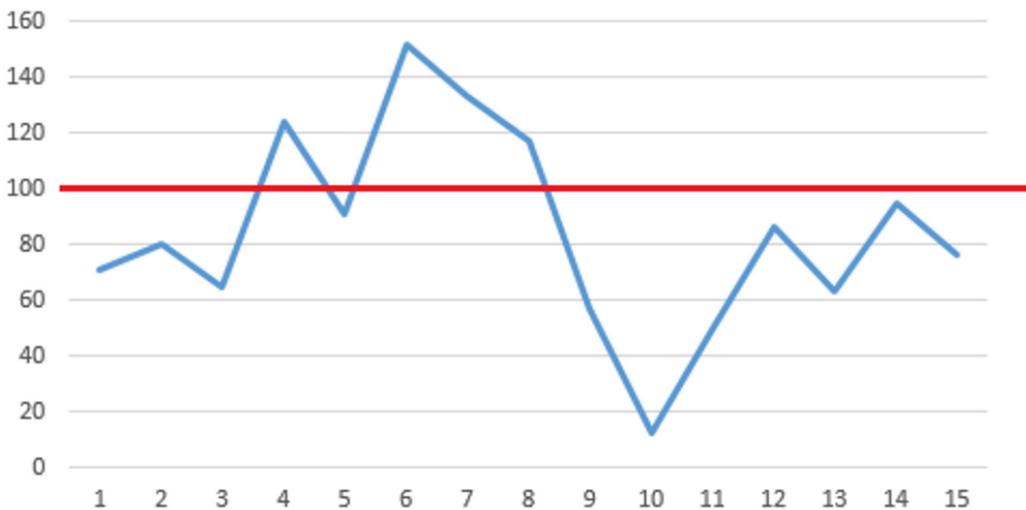


Figure 9. Measuring the light value

Another boundary value in the proposed system is the value of light in the room. If we capture values of light under the certain value (boundary value) the curtains on the ground floor will spread out. To determine the boundary value, it was necessary to make several measurements (Figure 9) in different light conditions. The chosen boundary value is 100.

The last boundary value is the temperature that was set to 27°C.

Table 2. Proposed API for MySQL database

URI	HTTP method	Response data type	Description
<code>uri_of_server/all</code>	GET	JSON	all records
<code>uri_of_server/{id}</code>	GET	JSON	One record with id
<code>uri_of_server/add</code>	POST	boolean	Positive/negative answer according to the success of the operation

3.2 Classes and data

Class diagram is in Figure 10.

Used MySQL database is closely associated to the API that provides the interface between the database and the application. Our API carries the RESTful service characteristics but we cannot fully say that this endpoint meets all REST properties like all CRUD operations but it has the proper use of HTTP methods. For our needs, it is not necessary to use all CRUD operations. We have defined three unique URIs through which it is possible to access database data (Table 2).

3.3 Menu and interface

The interface of the application should be simple and understandable. For the proposed application, it is best to use the first person view as it offers the most realistic experience for user. It is possible to rotate with the mouse and use arrows for basic movement. For future purposes, such control is easy to map in virtual reality. That is why it was decided to use a point at the center of the screen instead of a mouse control. Using Escape button, the user turn on/off the main menu (Figure 11). Another important menu is GUI (Figure 12) for temperature inspecting. This menu shows when the user is close to the central control panel in the virtual smart home.

The exterior of the house was designed to match the overall home visualisation to create the atmosphere of a luxury smart home with all the equipment from the collection of cars, a swimming pool and trees.

In the interior, there are many interactive points that interact with the user in a certain way. These are televisions, lighting, fans, or curtains.

In Figure 13, there is a living room of the presented smart home. It is possible to see many interactive elements. The first one is a television that can be turned on and off by an external controller. The second one is the curtains that pull and stretch automatically depending on the intensity of the light in the home (i.e. light sensor connected to Arduino

microcontroller) and the third one is the ceiling fans that are spinning at an excessive interior temperature.

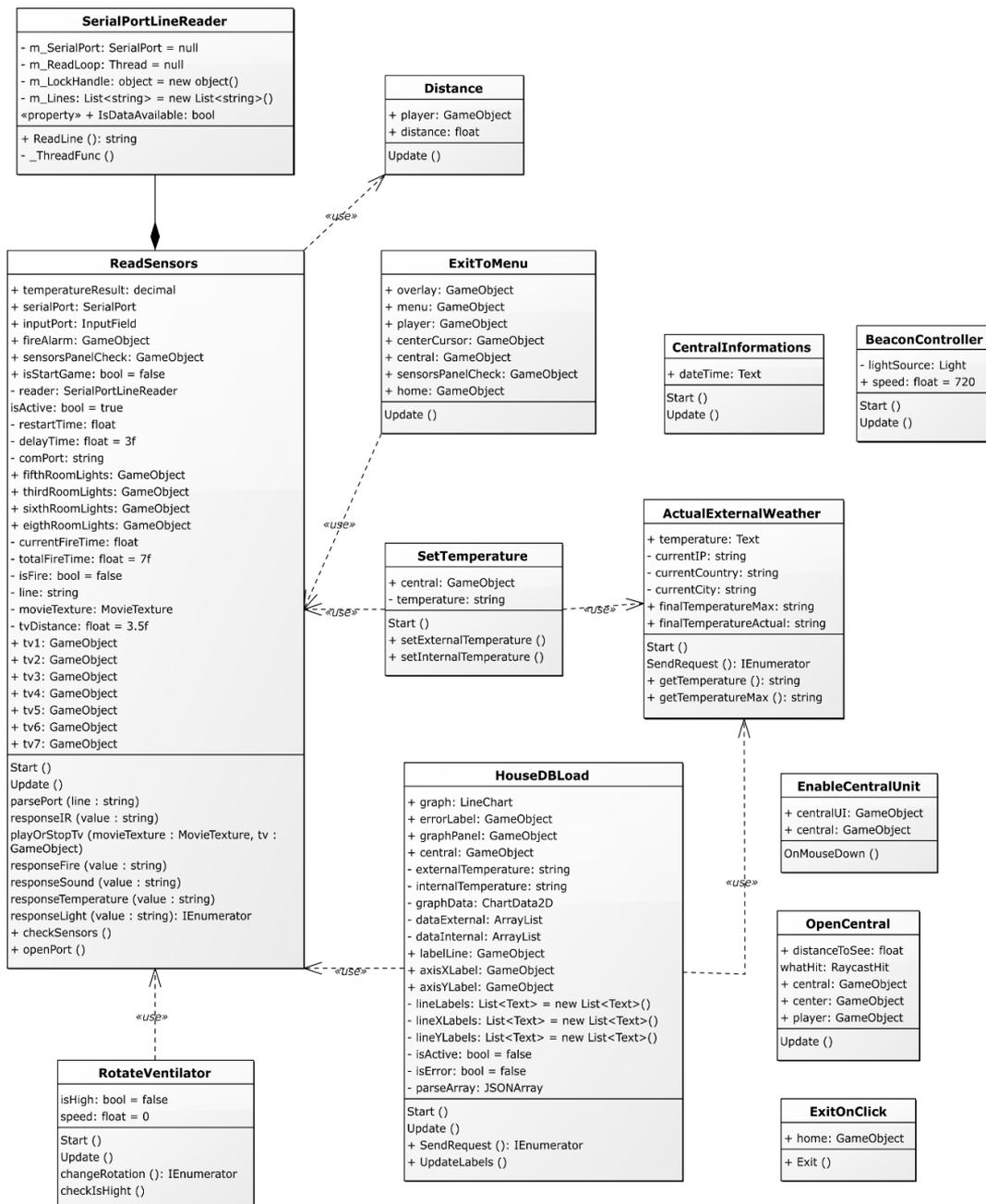


Figure 10. Class diagram

Figure 14 shows the light in the house that can be controlled by clapping. If the user is close to the light and the user claps, the light turns on or off. For this functionality, the sound sensor is used as it was stated.

On each floor, there is a control unit on the wall (Figure 15). When the user focuses and clicks on it, the menu (Figure 12) of the central unit appears.

In Figure 16, there is the exterior of the smart home,

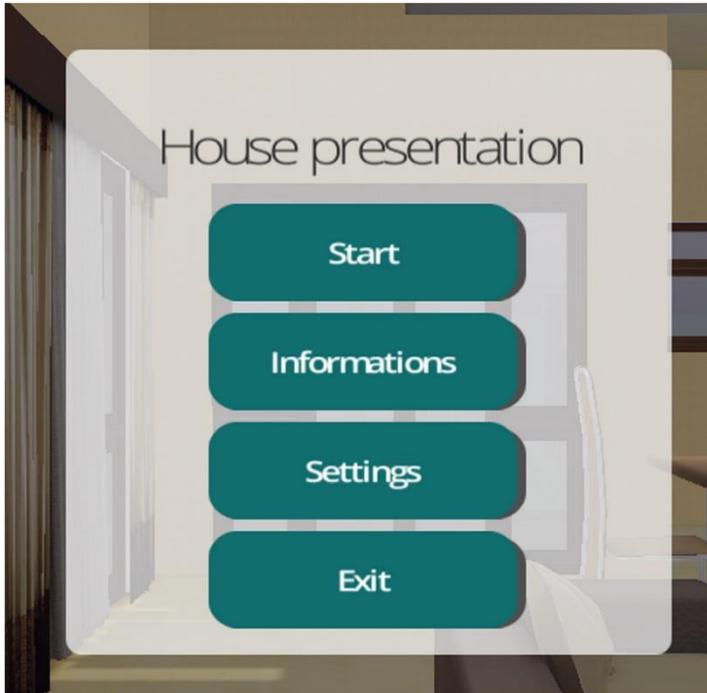


Figure 11. Main menu

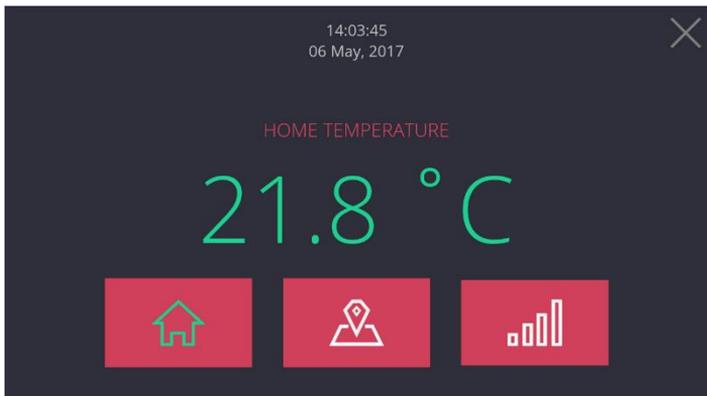


Figure 12. Temperature menu



Figure 13. Interior of the living room



Figure 14. Lights in the bedroom



Figure 15. Central control unit



Figure 16. Exterior

Conclusion

Nowadays, there is a trend of using interactive 3D applications and virtual reality applications in virtual tours for houses, cars, furniture and other products. This paper describes an interactive 3D application that simulates virtual tour of the smart home and its exterior. The application is implemented in Unity 3D engine. As it is the interactive application that responds to the perceptions and changes from the environment, it is necessary to connect it with external hardware which captures the signals from the environment and sends the data to the application. In future research, it would be interesting to use this experience and develop the application for mixed/augmented reality (e.g. Microsoft HoloLens) that will communicate with real sensors and actuators. In this way, it will be possible to control a real smart house using a mixed/augmented reality application.

Acknowledgement

This work has been supported by the Cultural and Educational Grant Agency of the Ministry of Education, Science, Research and Sport of the Slovak Republic, KEGA 030STU-4/2017, and by the Scientific Grant Agency of the Ministry of Education, Science, Research and Sport of the Slovak Republic under the grant VEGA 1/0819/17.

References

- [1] Triseum. (2017) Variant: Limits. [Online]. Available: <https://triseum.com/calculus/variant/>
- [2] K. Sloan. (2016) Rotor brings toyota showroom 360 to life with unreal engine. [Online]. Available: <https://www.unrealengine.com/showcase/rotor-brings-toyota-showroom-360-to-life-with-unreal-engine>
- [3] Animech Technologies. (2014) Virtual gearbox. [Online]. Available: <http://www.animechtechnologies.com/showcase/virtual-gearbox/>
- [4] D. Parvati, W. L. Heinrichs, and Y. Patricia, "Clinispace: a multiperson 3d online immersive training environment accessible through a browser," *Medicine Meets Virtual Reality 18: NextMed*, vol. 163, p. 173, 2011
- [5] P. A. Rauschnabel, A. Brem, and Y. Ro, "Augmented reality smart glasses: definition, conceptual insights, and managerial importance," Working paper, The University of Michigan-Dearborn, Tech. Rep., 2015
- [6] E. Uhlemann, "Connected-vehicles applications are emerging [connected vehicles]," *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 11, no. 1, pp. 25–96, 2016
- [7] Microsoft Corporation. (2017) Holotour. [Online]. Available: <https://www.microsoft.com/en-us/hololens/apps/holotour>
- [8] M. Copeland, J. Soh, A. Puca, M. Manning, and D. Gollob, "Microsoft azure and cloud computing," in *Microsoft Azure*. Springer, 2015, pp. 3–26

.....

Ing. Erik Kučera, PhD.

Faculty of Electrical Engineering and Information Technology, Slovak University
of Technology in Bratislava, Bratislava, Slovakia

Ing. Oto Haffner, PhD.

Faculty of Electrical Engineering and Information Technology, Slovak University
of Technology in Bratislava, Bratislava, Slovakia

Prof. Ing. Štefan Kozák, PhD.

Faculty of Informatics, Pan-European university, Bratislava, Slovakia



Simulations of the effects of dual-frequency signal on the nonlinear element

Моделирование воздействия двухчастотного сигнала на нелинейный элемент

Alexander Plotnikov, Daria Schetnicova, Juraj Štefanovič

Александр Плотников, Дарья Щетникова, Juraj Štefanovič

Abstract:

Due to the significant increase in the number of wireless devices in the conduct of development of modern telecommunication systems there are strict requirements on what should be the spectrum of the transmitted signal. This is because when there is a formation and amplification of the useful signal due to nonlinear characteristics of the transmission path there are different out-of-band radiation. Out-of-band components falling in the frequency region of the transmission channel, such as harmonics of the operating frequency, simply suppressed by the output filter. Intermodulation products of odd order, on the contrary, lie near the operating frequency and directly pass to the output of the transmitting device. The power amplifier is an important part of wireless data transmission, increase the power of the radio signal to the required level before it is broadcast. Currently, amplifiers are widely used transistors and integrated circuits. Nonlinear distortions occur due to the nonlinearity of current voltage characteristics of the amplifying elements (e.g., transistors) and are manifested in the distortion of the amplified signal. Transistor amplifier is a nonlinear element, and the methodology is considered, it can be used for other nonlinear elements used in transmitting and receiving devices. In the analysis of nonlinear circuits usually do not consider the processes occurring within the components of the circuit, and confined to their external characteristics. Usually this dependence of output current versus applied input voltage. Known solution to a model problem in which the coefficients of Berg in the case of single-frequency in

fluence on the nonlinear element. Uses piecewise-linear approximation of current-voltage characteristics of the nonlinear element, i.e. during the analysis of the nonlinear element real feature is replaced by segments of straight lines with different slopes. In this work the developed methodology and the results of calculations of the coefficients of the Berg for dual-frequency input. The results can be useful in determining the spectral components of the signal in wireless communication systems is to find a compromise between the linearity of the system and its energy efficiency.

Keywords:

Non-linear element, harmonic analysis, and the coefficients of the Berg.

ACM Computing Classification System:

Input/output and data communications-Data Communications Devices

Input/output and data communications-Input/Output Devices

Input/output and data communications- Interconnections (Subsystems)

Abstract:

В связи со значительным увеличением количества устройств беспроводной связи, при проведении разработок современных систем телекоммуникации существуют жесткие требования к тому, какой должен быть спектр передаваемого сигнала. Это определяется тем, что когда идет формирование и усиление полезного сигнала, вследствие нелинейной характеристики передающего тракта, появляются разные внеполосные излучения. Внеполосные составляющие, не попадающие в частотную область канала передачи, например гармоники рабочей частоты, достаточно просто подавляются выходным фильтром. Интермодуляционные составляющие нечётного порядка, наоборот, лежат вблизи рабочей частоты и непосредственно проходят на выход передающего устройства. Усилитель мощности является важной составной частью устройств беспроводной передачи данных, увеличивающий мощность радиосигнала до необходимого уровня прежде чем он будет передан в эфир. В настоящее время в усилителях широко применяют транзисторы и интегральные микросхемы. Нелинейные искажения возникают из-за нелинейности вольтамперных характеристик усилительных элементов (например, транзисторов) и проявляются в искажении формы усиливаемого сигнала. Транзисторный усилитель является нелинейным элементом, и методология, которая рассматривается нами, может быть использована и для других нелинейных элементов, применяемых в приемно-передающих устройствах. При анализе нелинейных цепей обычно не рассматривают процессы, происходящие внутри элементов, составляющих эту цепь, а ограничиваются лишь внешними их характеристиками. Обычно это зависимость выходного тока от приложенного входного напряжения. Известно решение модельной задачи, в которой получены коэффициенты Берга в случае одночастотного воздействия на нелинейный элемент. Используется кусочно-линейная аппроксимация вольтамперной характеристики нелинейного элемента, то есть при анализе работы нелинейного элемента реальная характеристика заменяется отрезками прямых линий с различными наклонами. В данной работе разработана методика и приведены результаты расчетов

коэффициентов Берга для двухчастотного входного воздействия. Результаты работы могут быть полезны при определении спектральных составляющих сигнала в беспроводных системах связи для поиска компромисса между линейностью системы и ее энергоэффективностью.

Keywords:

Нелинейный элемент, гармонический анализ, коэффициенты Берга..

▀ **Введение**

При построении современных беспроводных систем связи разработчикам приходится сталкиваться с множеством проблем. Среди них необходимо решать большое число задач, которые связаны с обеспечением электромагнитной совместимости (ЭМС) технических средств, что относится к возможностям таких средств одновременным образом работать для реальных условий эксплуатации при требуемом качестве, когда идет воздействие на них непреднамеренных электромагнитных помех, при этом не должны создаваться недопустимые электромагнитные помехи для других технических средств [1, 2].

Любая из спектральных составляющих сигнала в беспроводной сети от передающего устройства по пути к приемному устройству проходит по фидерному тракту и антенне приемника, внешнему пространству между антеннами приемника и передатчика, антенну и фидерный тракт приемника. Должны обеспечиваться избирательные свойства трактов приемника и передатчиков.

Хотя, полностью транзисторные усилители для современного этапа развития радиоэлектроники используют довольно редко, но определенные каскады, например входные или выходные, которые строятся с применением транзисторов, можно встретить довольно часто [3-5].

Транзисторный усилитель является нелинейным элементом, и методология, которая рассматривается нами, может быть использована и для других нелинейных элементов, применяемых в приемно-передающих устройствах.

Целью данной работы является вывод новых выражений для коэффициентов Берга при двухчастотном воздействии на нелинейный элемент.

▀ **1 Анализ литературных источников по рассматриваемой проблеме**

При анализе нелинейных цепей, входящие в беспроводные системы связи, нельзя пользоваться принципом суперпозиции (наложения), так как параметры цепи при одном источнике отличаются от параметров при нескольких источниках. Нельзя также пользоваться и методами расчета цепей, основанными на принципе наложения: методом контурных токов, методом узловых потенциалов и др. По этой причине основным методом расчета нелинейных цепей является решение исходных нелинейных уравнений [6]. Главная сложность на этом пути - отсутствие универсальных способов решения таких уравнений. Отсюда оригинальность и часто неповторимость методов решения конкретных задач.

Все известные методы можно разделить на три группы: 1) графические, 2) графоаналитические, 3) численные.

Применение графоаналитических и численных методов предполагает два этапа. На первом этапе ВАХ, определенная экспериментальным путем и представленная в виде таблицы или графика, заменяется аналитической функцией. Такая замена называется аппроксимацией [7]. На практике пользуются сравнительно простыми аппроксимирующими функциями, удобными при аналитическом исследовании, хотя и неточно представляющими реальную характеристику. На втором этапе аналитическое выражение вольтамперной характеристики (ВАХ) используется совместно с исходным нелинейным уравнением для нахождения его решения.

2 Методика

Когда усилитель работает в, так называемом режиме А (рис. 1), то он функционирует без отсечки, то есть выходной ток не равен 0 для всего периода входного тока. Но такой режим характеризуется относительно небольшим (менее 50%) КПД.

На практике используют режимы АВ и В (рис. 2 и рис. 3), в которых транзистором усиливается только одна полуволна гармонического колебания и происходит переход в режим отсечки сигнала.

В таких режимах КПД может быть на несколько десятков процентов больше.

Далее мы проведем гармонический анализ при прохождении сигнала через нелинейный элемент (транзисторный усилитель) [8-10].

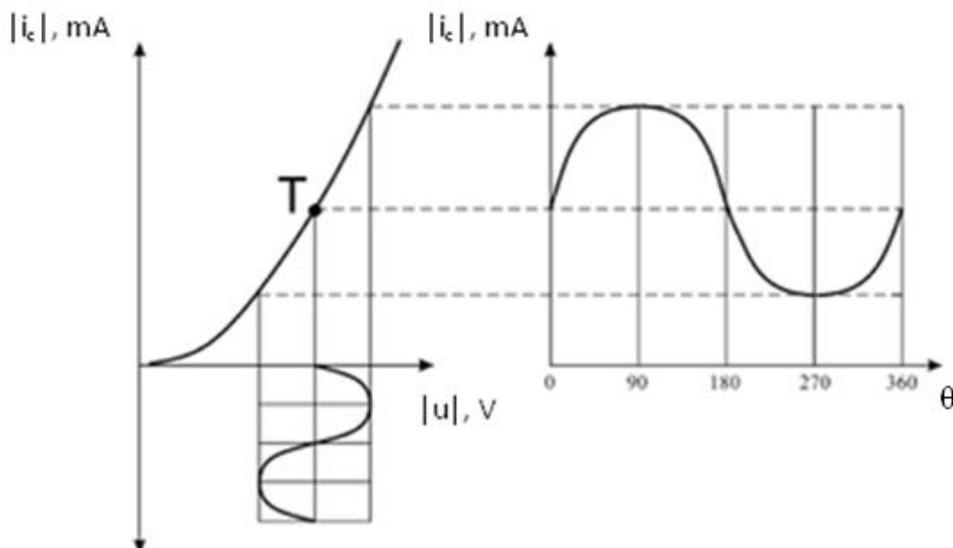


Рисунок 1. Работа усилителя в режиме А

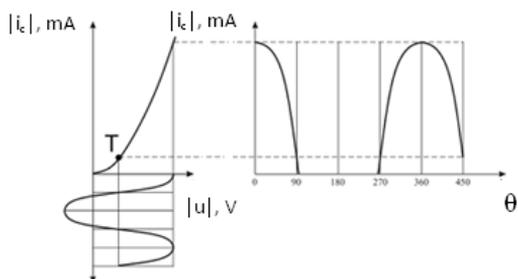


Рисунок 2. Работа усилителя в режиме АВ

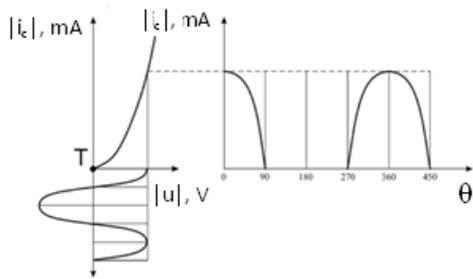


Рисунок 3. Работа усилителя в режиме В

Когда на нелинейный элемент воздействует сигнал, имеющий большую амплитуду и рабочая точка выбирается на нижнем изгибе ВАХ в ряде случаев применяют ее кусочно-линейную аппроксимацию (рис. 4). В таком случае для аналитического выражения ВАХ записывают:

$$i = \begin{cases} 0, u < U_1 \\ S(u - U_1), u > U_1 \end{cases} \quad (1)$$

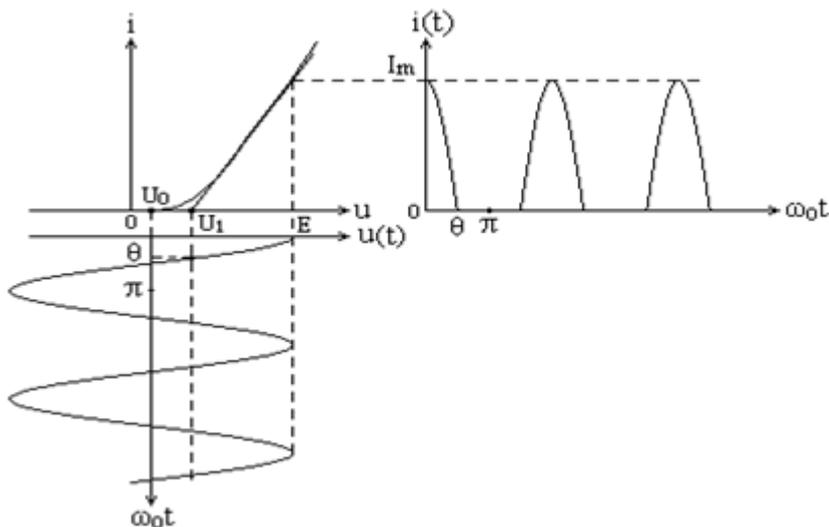


Рисунок 4. Кусочно-линейная аппроксимация ВАХ

Значение напряжения в рабочей точке равно U_0, U_1 – является напряжением отсечки.

В литературе в качестве модельной задачи рассматривают случай, когда на вход анализируемого элемента подают гармонический сигнал, который имеет следующий вид, $s(t) = E \cos(\omega_0 t)$.

Мы приведем основные соотношения, которые в дальнейшем будут использованы при выводе новых выражений коэффициентов Берга для двухчастотного воздействия.

Итак, при учете напряжения на рабочей точке для входного воздействия на нелинейный элемент мы имеем

$$u(t) = U_0 + E \cos(\omega_0 t) . \quad (2)$$

Угол отсечки θ , соответствует изменению тока от максимального значения до нуля.

Если использовать выражение для ВАХ в виде (1), то выходной ток рассчитывается следующим образом:

$$i(t) = S(U_0 + E \cos(\omega_0 t) - U_1), \text{ если } -\theta \leq \omega t \leq \theta . \quad (3)$$

Данное выражение можно переписать так:

$$i(t) = SE \left(\cos(\omega_0 t) - \frac{U_1 - U_0}{E} \right) = \frac{I_m}{1 - \cos\theta}, (\cos(\omega_0 t) - \cos\theta), \quad (4)$$

если $-\theta \leq \omega t \leq \theta$,

где амплитуда выходного тока $I_m = S(E - (U_1 - U_0)) = SE(1 - \cos\theta)$.

Выходной ток представляется в виде суммы гармоник, это можно сделать, используя разложение в ряд Фурье

$$i(t) = I_0 + \sum_{k=1}^{\infty} I_k \cos(k\omega_0 t). \quad (5)$$

Амплитуды гармонических составляющих рассчитываются так:

$$I_0 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} i(t) dt, I_k = \frac{2}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} i(t) \cos(k\omega_0 t) dt \quad (6)$$

Если выполнить замену переменной $t = \omega_0 t$, то после вычисления интегралов и математических преобразований мы получим для амплитуд гармонических составляющих:

$$I_0 = I_m \frac{\sin\theta - \theta \cos\theta}{\pi(1 - \cos\theta)}, I_1 = I_m \frac{\theta - \sin\theta \cos\theta}{\pi(1 - \cos\theta)}, I_m = I_m \frac{\sin k\theta \cos\theta - k \cos k\theta \sin\theta}{k\pi(k^2 - 1)(1 - \cos\theta)}. \quad (7)$$

Величины

$$\alpha_0(\theta) = \frac{I_0}{I_m} = \frac{\sin\theta - \theta \cos\theta}{\pi(1 - \cos\theta)}, \alpha_1(\theta) = \frac{I_1}{I_m} = \frac{\theta - \sin\theta \cos\theta}{\pi(1 - \cos\theta)}, \alpha_k(\theta) = \frac{I_k}{I_m} = \frac{\sin k\theta \cos\theta - k \cos k\theta \sin\theta}{k\pi(k^2 - 1)(1 - \cos\theta)}. \quad (8)$$

называют коэффициентами Берга [8-10]. Отметим, что в известной литературы они приведены только для одночастотного воздействия на нелинейный элемент.

Они показывают, какая зависимость амплитуды у k -й гармоники тока от угла отсечки при постоянном значении величины максимальной амплитуды импульсов тока $I_m = const$, при этом происходит изменение угла отсечки вследствие того, что меняется амплитуда входного сигнала E и смещение U_0 .

На рисунке 5 приведены графики $\alpha_k(\theta)$ для $k = 0, 1, 2, 3, 4$.

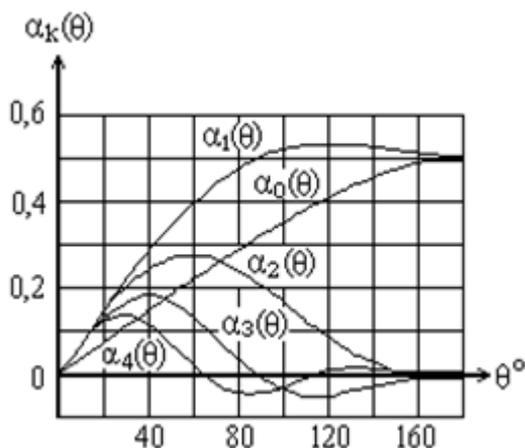


Рисунок 5. Угловые зависимости коэффициентов Берга

Далее, с использованием рассмотренного подхода мы выведем новые выражения для коэффициентов Берга при двухчастотном воздействии на нелинейный элемент.

Входное воздействие на нелинейный элемент мы запишем в следующем виде:

$$u(t) = U_0 + qE\cos(k\omega_0 t) + pE\cos(g\omega_0 t). \quad (9)$$

Напряжение отсечки:

$$U_1 = U_0 + qE\cos(k\theta) + pE\cos(g\theta). \quad (10)$$

Тогда

$$U_1 - U_0 = qE\cos(k\theta) + pE\cos(g\theta). \quad (11)$$

Выходной ток рассчитывается следующим образом:

$$\begin{aligned} i(t) &= S(u - U_1)U_0 + qE\cos(k\omega_0 t) + pE\cos(g\omega_0 t) - U_1 = \\ &= SE(q\cos(k\omega_0 t) + p\cos(g\omega_0 t) - \frac{U_1 - U_0}{E}) = \\ &= SE(q\cos(k\omega_0 t) + p\cos(g\omega_0 t) - \cos\theta), \text{ если } -\theta \leq \omega t \leq \theta. \end{aligned} \quad (12)$$

Амплитуда выходного тока

$$I_m = SE(q + p - \cos\theta). \quad (13)$$

Подставив в (12) значение SE , получим

$$i(t) = \frac{I_m}{q+p-\cos\theta} (q\cos(k\omega_0 t) + p\cos(g\omega_0 t) - \cos\theta). \quad (14)$$

Теперь определим гармоники выходного тока. Для этого воспользуемся рядом Фурье (5).

Амплитуды гармонических составляющих рассчитываются так(мы использовали таблицы интегралов [11]):

$$\begin{aligned}
 I_0 &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} i(t) dt = \\
 &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \frac{I_m}{q+p-\cos\theta} (q\cos(k\omega_0 t) + p\cos(g\omega_0 t) - \cos\theta) d\omega_0 t = \\
 &= \frac{I_m}{\pi(q+p-\cos\theta)} \int_0^{\theta} (q\cos(k\omega_0 t) + p\cos(g\omega_0 t) - \cos\theta) d\omega t = \\
 &= \frac{I_m}{\pi(q+p-\cos\theta)} \left(\frac{q}{k} \cos(k\theta) + \frac{p}{g} \cos(g\theta) - \theta \cos\theta \right), \quad (15) \\
 I_1 &= \frac{2}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} i(\omega_0 t) \cos(\omega_0 t) d\omega_0 t = \\
 &= \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} \frac{I_m}{q+p-\cos\theta} (q\cos(k\omega_0 t) + p\cos(g\omega_0 t) - \cos\theta) \cos(\omega_0 t) d\omega_0 t = \\
 &= \frac{2I_m}{\pi(q+p-\cos\theta)} \left(q \left(\frac{\sin(k-1)\theta}{2(k-1)} + \frac{\sin(k+1)\theta}{2(k+1)} \right) + \right. \\
 &\quad \left. + p \left(\frac{\sin(g-1)\theta}{2(g-1)} + \frac{\sin(g+1)\theta}{2(g+1)} \right) - \cos\theta(\cos\theta - 1) \right), \quad \text{при } k > 1, g > 1, \quad (16)
 \end{aligned}$$

Если, например, $k=1$, то применяя первый замечательный предел, $\frac{\sin x}{x} \rightarrow 1$, получаем выражение

$$\begin{aligned}
 I_1 &= \frac{2I_m}{\pi(q+p-\cos\theta)} \left(\frac{2q}{\theta} + \frac{q\sin(k+1)\theta}{2(k+1)} + \right. \\
 &\quad \left. + p \left(\frac{\sin(g-1)\theta}{2(g-1)} + \frac{\sin(g+1)\theta}{2(g+1)} \right) - \cos\theta(\cos\theta - 1) \right), \quad (16')
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_n &= \frac{2}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} i(t) \cos(n\omega_0 t) dt = \\
 &= \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} \frac{I_m}{q+p-\cos\theta} (\cos(k\omega_0 t) + p\cos(g\omega_0 t) - \cos\theta) \cos(n\omega_0 t) d\omega_0 t = \\
 &= \frac{2I_m}{\pi(q+p-\cos\theta)} \left(q \left(\frac{\sin(k-n)\theta}{2(k-n)} + \frac{\sin(k+n)\theta}{2(k+n)} \right) + \right. \\
 &\quad \left. + p \left(\frac{\sin(g-n)\theta}{2(g-n)} + \frac{\sin(g+n)\theta}{2(g+n)} \right) - \frac{\cos\theta}{n} \sin\theta \right), \quad \text{при } k \neq n, g \neq n, \quad (17)
 \end{aligned}$$

Если, например, $k=n$, то применяя первый замечательный предел, $\frac{\sin x}{x} \rightarrow 1$, получаем выражение

$$I_n = \frac{2I_m}{\pi(1+p-\cos\theta)} \left(\frac{2q}{\theta} + \frac{q\sin(k+n)\theta}{2(k+n)} + p \left(\frac{\sin(g-n)\theta}{2(g-n)} + \frac{\sin(g+n)\theta}{2(g+n)} \right) - \frac{\cos\theta}{n} \sin\theta \right). \quad (17')$$

В итоге для коэффициентов Берга для двухчастотного сигнала мы имеем:

$$\alpha_0(\theta) = \frac{I_0}{I_m} = \frac{1}{\pi(q+p-\cos\theta)} \left(\frac{q}{k} \cos(k\theta) + \frac{p}{g} \cos(g\theta) - \theta \cos\theta \right), \quad (18)$$

$$\alpha_1(\theta) = \frac{I_1}{I_m} = \frac{2}{\pi(q+p-\cos\theta)} \left(q \left(\frac{\sin(k-1)\theta}{2(k-1)} + \frac{\sin(k+1)\theta}{2(k+1)} \right) + p \left(\frac{\sin(g-1)\theta}{2(g-1)} + \frac{\sin(g+1)\theta}{2(g+1)} \right) - \cos\theta(\cos\theta - 1) \right), \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \alpha_n(\theta) &= \frac{I_n}{I_m} \\ &= \frac{2}{\pi(q+p-\cos\theta)} \left(q \left(\frac{\sin(k-n)\theta}{2(k-n)} + \frac{\sin(k+n)\theta}{2(k+n)} \right) + p \left(\frac{\sin(g-n)\theta}{2(g-n)} + \frac{\sin(g+n)\theta}{2(g+n)} \right) - \frac{\cos\theta}{n} \sin\theta \right). \end{aligned} \quad (20)$$

Формулы (18), (19), (20), которые мы вывели, являются новыми.

Далее приведем пример расчета коэффициентов Берга.

Пусть входной сигнал имеет следующие параметры: $k=1$, $g=5$, $q=1$, $p=2$, $U_0=2$. График сигнала (временная зависимость) приведен на рисунке 6.

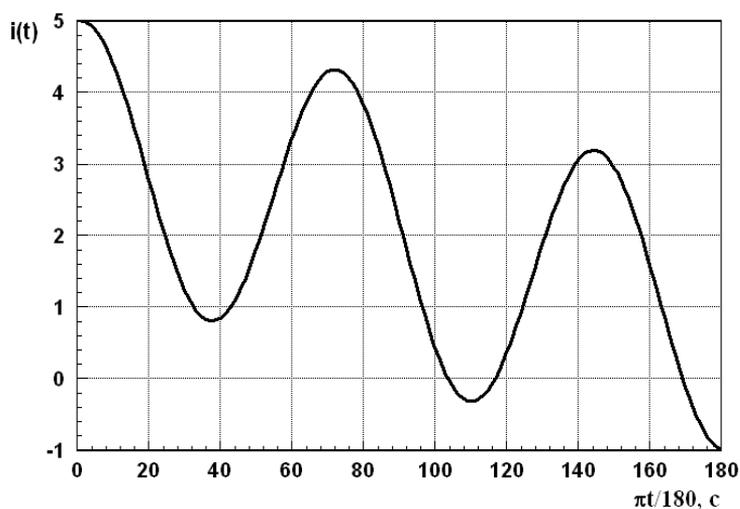
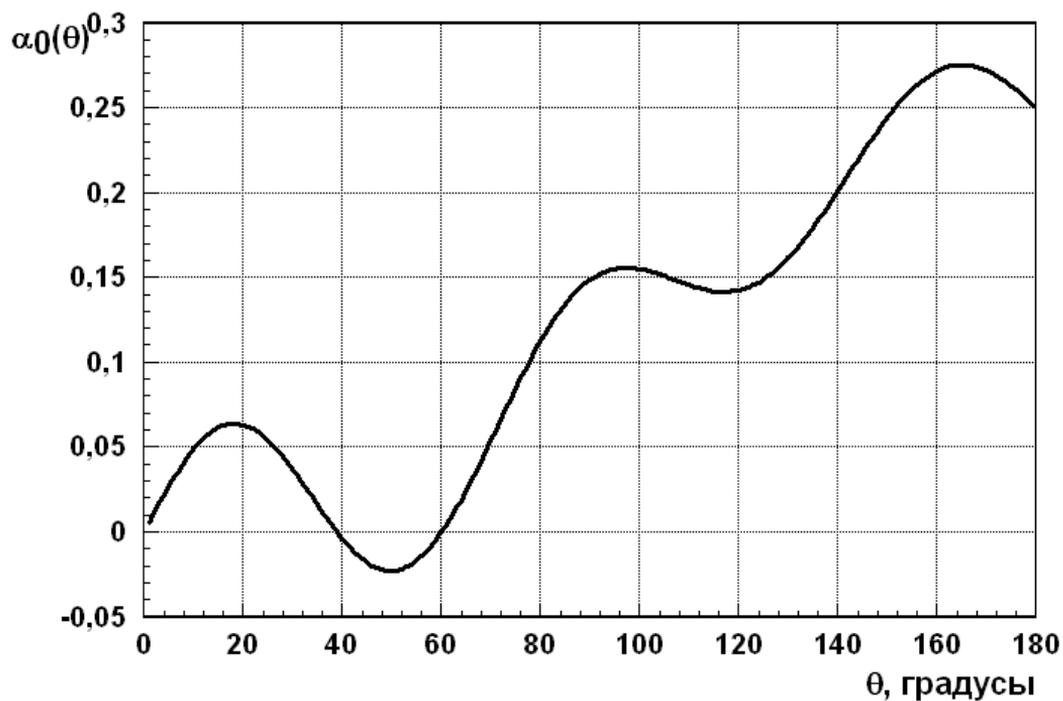
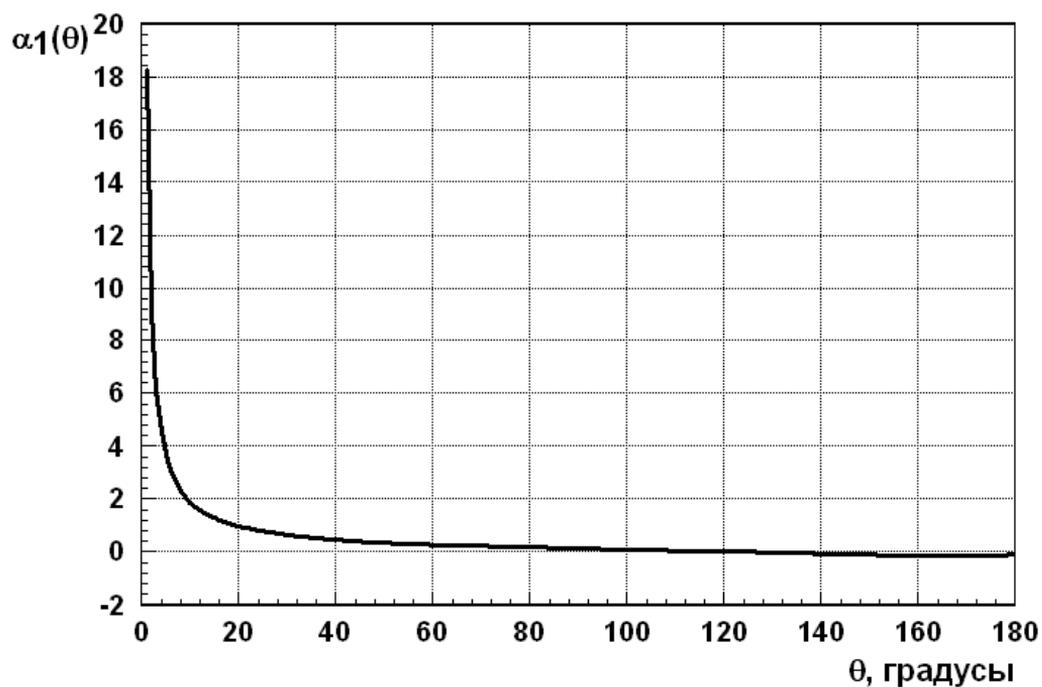


Рисунок 6. Зависимость от времени входного сигнала

На рисунках 7-9 приведены вычисленные нами коэффициенты Берга $\alpha_0(\theta)$, $\alpha_1(\theta)$, $\alpha_2(\theta)$, соответственно.

Рисунок 7. Рассчитанная угловая зависимость коэффициента Берга $\alpha_0(\theta)$ Рисунок 8. Рассчитанная угловая зависимость коэффициента Берга $\alpha_1(\theta)$

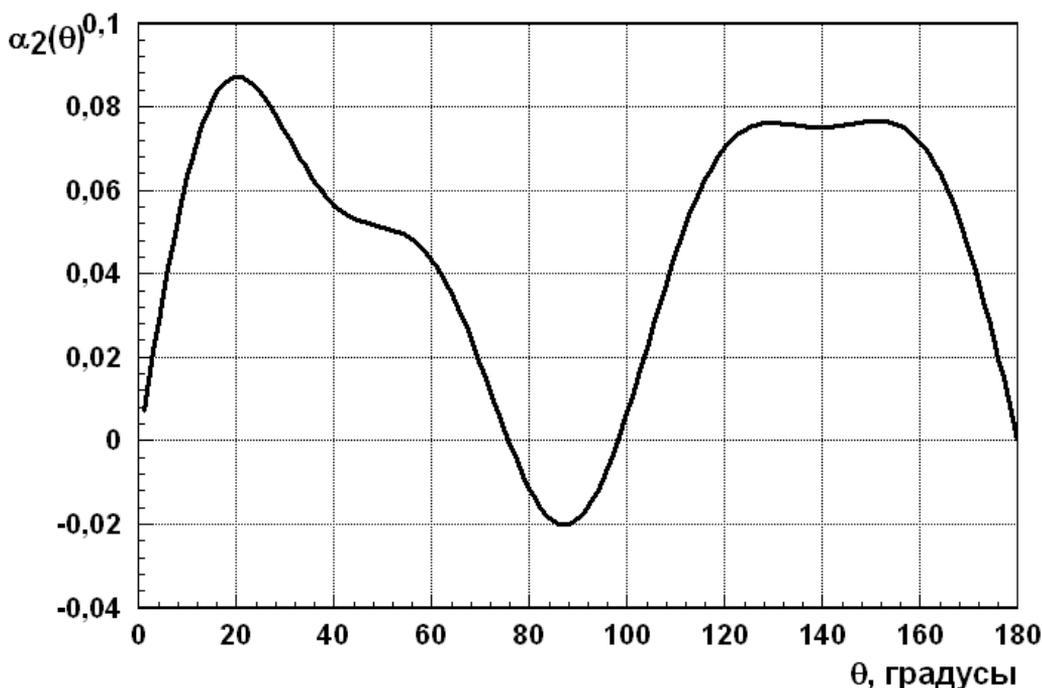


Рисунок 9. Рассчитанная угловая зависимость коэффициента Берга $\alpha_2(\theta)$

▲ Выводы

В работе на основе методов гармонического анализа построена методика расчета коэффициентов Берга нелинейного элемента для случая входного воздействия в виде двух гармонических сигналов. Результаты работы могут быть полезны при определении спектральных составляющих сигнала в беспроводных системах связи для поиска компромисса между линейностью системы и ее энергоэффективностью.

▲ Литература

- [1] ГОСТ Р 50397-2011 (МЭК 60050-161:1990). Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения.
- [2] Пудовкин А. П. Электромагнитная совместимость и помехозащищенность РЭС: учебное пособие / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк, Т. И. Чернышова. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 92 с. (<http://www.tstu.ru/book/elib2/pdf/2013/pudovkin3.pdf>).
- [3] Кулешов В. Н. Генерирование колебаний и формирование радиосигналов / В. Н. Кулешов, Н. Н. Удалов, В. М. Богачев. – М.: МЭИ, 2008. – 416 с.
- [4] Преображенский А. П. Алгоритмизация и оптимизация технологических процессов создания изделий интегральной электроники / А. П. Преображенский, О. Н. Чопоров // Информационные технологии моделирования и управления. – 2017. – Т. 104. – № 2. – С. 84-93.

- [5] Lvovich I.Ya., Lvovich Ya.E., Preobrazhenskiy A.P., Choporov O.N., Saleev D.V. The influence of uncontrolled parameters // Труды XIII международной научно-технической конференции актуальные проблемы электронного приборостроения, Proceedings: in 12 volumes. – 2016. – С. 71-74.
- [6] Стеценко О. А. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для студ. вузов / О. А. Стеценко. – М.: Высшая школа, 2007. – 432 с.
- [7] Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для студ. вузов / И. С. Гоноровский, М. П. Демин. – М.: Радио и связь, 1994. – 480с.
- [8] Радиопередающие устройства: Учебник для вузов / Под ред. В. В. Шахгильдяна. – М.: Радио и связь, 2003. - 560 с..
- [9] Дахнович А. А. Радиотехнические цепи и сигналы: учебное пособие / Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 176 с. (http://www.tstu.ru/book/elib/pdf/2009/Dachnoc_c.pdf, пункт 7.1.2.).
- [10] Конспект лекций по курсу «Радиотехнические цепи и сигналы» / Сост. В. Г. Патюков Е. В. Патюков В. Б. Кашкин. – Красноярск. СФУ, 2007. 200 с. http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/58/u_lectures.pdf (стр. 140-141).
- [11] Двайт Г. Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы / Г. Б. Двайт. – М.: Наука, Гос. изд. физ-мат. лит., 1966. – 228 с.

.....

Alexander Plotnikov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Voronezh Institute of High Technologies
E-mail: aa-plotnikov@vvt.ru

Daria Schetnicova

student,
Voronezh Institute of High Technologies
E-mail: shetnikova_dasha@mail.ru

Juraj Štefanovič

Doctor of Sciences (Engineering),
Pan-European University, Bratislava, Slovakia
e-mail: juraj.stefanovic@paneurouni.com



Analysis of the characteristics of wave propagation by indoor wireless communication

Анализ характеристик распространения волн беспроводной связи в помещении

Igor Lvovich, Andrey Preobrazhenski, Oleg Choporov

Игорь Львович, Олег Чопоров, Андрей Преображенский

Abstract:

In this paper the analysis of features of propagation of waves in wireless communication systems in the internal area of the premises. In the experiment, was considered the process of propagation of electromagnetic waves through a concrete and brick barriers (ceilings and floors). This recommendations for the approximation of the obtained data based on the method of least squares. The degree of the polynomial was chosen not more than 10, with an error of no more than 10 %. Was conducted changing the settings, signal levels and transmission speeds when I change the power of the broadcast data against the 100 %, 50 %, 25 % of the power transmission device, the transmission speed has not changed. For conditions, when radio waves propagate over barriers in the internal area of the premises in the course of the experiment were carried out considering these options: access point and laptop are separated by a plaster wall, the access point and laptop are separated by a plaster wall and wooden wardrobe, access point and laptop are separated by two brick and one plaster wall, and wooden wardrobe. On the basis of the relevant wave propagation through obstacles at varying values of the variables involving optimization techniques were determined the values of the indexes of refraction of the materials. The offered structure of subsystem of information processing in the study of radio wave propagation in the room. As input sizes are internal areas of the premises, the values of dielectric and magnetic materials fields. The results can be useful in the design of wireless communication systems, determining the areas within the premises, which achieves a high signal value.

Keywords:

Wireless communications, wave propagation, experimental data.

ACM Computing Classification System:

Computer-communication networks- Distributed Systems

Computer-communication networks- Local and Wide-Area Networks

Information systems applications- Communications Applications

Abstract:

В данной работе проводится анализ особенностей распространения волн в системах беспроводной связи во внутренней области помещений. В проведенном эксперименте, рассматривались процессы распространения электромагнитных волн через бетонные и кирпичные преграды (потолки и полы). Даны рекомендации для проведения аппроксимации полученных данных на основе метода наименьших квадратов. Степень полинома была выбрана не более, чем 10, с погрешностью не более 10 %. Проводилось изменение параметров уровней сигнала и скоростей передачи когда изменялась мощность трансляции данных по отношению к 100 %, 50 %, 25 % от мощности передающего устройства, при этом скорость передачи не изменилась. Для условий, когда распространяются радиоволны через преграды во внутренней области помещений, в ходе эксперимента проводилось рассмотрение следующих вариантов: точка доступа и ноутбук разделены гипсовой стеной, точка доступа и ноутбук разделены гипсовой стеной и деревянным шкафом, точка доступа и ноутбук разделены двумя кирпичными и одной гипсовой стеной, а так же деревянным шкафом. На основе соответствующих моделей распространения радиоволн через препятствия, при варьировании значений переменных с привлечением методов оптимизации определялись значения коэффициентов преломления материалов. Предложена функциональная структура подсистемы обработки информации при исследовании распространения радиоволн в помещении. В качестве входных данных используются размеры внутренних областей помещений, значения диэлектрических и магнитных областей материалов. Результаты работы могут быть полезны при проектировании беспроводных систем связи, определения областей внутри помещений, в которых достигается высокое значение сигнала.

Keywords:

Беспроводная связь, распространение радиоволн, экспериментальные данные.

▼ Введение

При проведении работ, связанных с организацией беспроводных сетей связи, важно учитывать условия, при которых осуществляется процесс распространения радиоволн. На качество связи могут оказывать влияние разные параметры, среди которых количество стен, препятствий на пути радиоволн, помехи разной природы [1]. Существует зависимость расстояния, на которое распространяются радиоволны от вида материалов объектов, а также от вида радиочастотных шумов. Когда стремятся размещать точки доступа, то обеспечивают максимальный охват

пространства. При планировании мероприятий, направленных на защиту беспроводных сетей, стремятся к: применению парольного доступа при управлении точками доступа Wi-Fi, проведению трансляций ID сетей, использование фильтраций для MAC адресов, применению протоколов шифрования данных, уменьшению расстояния, на котором сеть можно обнаружить вне компании.

▲ 1 Анализ литературных источников

Исследования распространения радиоволн в помещениях могут быть на основе расчетных и экспериментальных подходов [2-6]. Расчетные способы не всегда могут быть использованы на практике вследствие сложности геометрии помещений, а также разнообразия материалов. Эксперимент дает возможности детальным образом учесть форму помещения и автоматическим образом измеряется уровень сигнала для различных поглощающих материалов.

Экспериментальные методы определения характеристик вторичного излучения подразделяются на методы: натуральных измерений; масштабного электродинамического моделирования; масштабного акустического моделирования.

Целью данной работы является разработка подсистемы для проведения анализа характеристик распространения радиоволн беспроводной системы связи в помещении.

▲ 2 Методика

Данные, используемые при анализе, были взяты из эксперимента, когда передавались блоки информации во внутренней области помещений при различных условиях и мощностях трансляции точек доступа.

Для проведения эксперимента использовалось следующее оборудование:

- беспроводная точка доступа при поддержке режима маршрутизатора D-link DAP 1150;

- ноутбук Samsung NP-N100 с зарядным устройством;
- витая пара с длиной 10 метров, имеющую RJ-45 интерфейсы;
- рулетка 300 см;
- сетевой коммутатор D-link;
- сетевой фильтр.

В эксперименте требовалось несколько железобетонных преград, при условиях, что нет экранов между ними, нет возникновения дополнительных помех при передаче информации.

Проведя анализ, мы располагали точку доступа на 3 этаже. Железобетонные преграды – это потолки, которые представляют собой железобетонные плиты, они находятся друг от друга на одинаковом расстоянии [7].

Схема эксперимента по получению результатов измерений при распространении волн беспроводной связи в помещении приведена на рисунке 1.

На четвертом этаже ноутбук располагаем над точкой доступа, ориентируясь на координаты, по которым она стоит на 3 этаже. Поскольку в этом положении приемник будет по одной вертикали с точкой доступа, то уровень сигнала и скорость передачи будут максимальными. Получив результаты измерений уровня сигнала и скорости передачи, необходимо сделать сдвиг в следующую точку со сдвигом в 1 метр, таким образом, чтобы продолжать оставаться в одной плоскости

с точкой доступа на 3 этаже, и далее делать измерения до сдвига в 10 метров, расстояния между контрольными точками равно 1 метру. Процедура проведения измерений на 4 этаже, повторяется на 5 и 6 этаже.

При анализе кирпичных преград мы рассматриваем несколько кирпичных стен [7]. Схема эксперимента дана на рисунке 2.

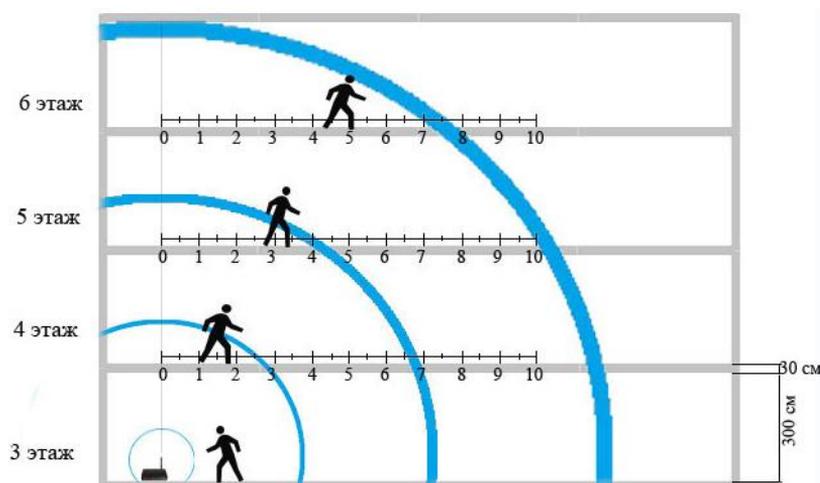


Рисунок 1. Схема эксперимента по измерениям результатов прохождения радиоволн через железобетон

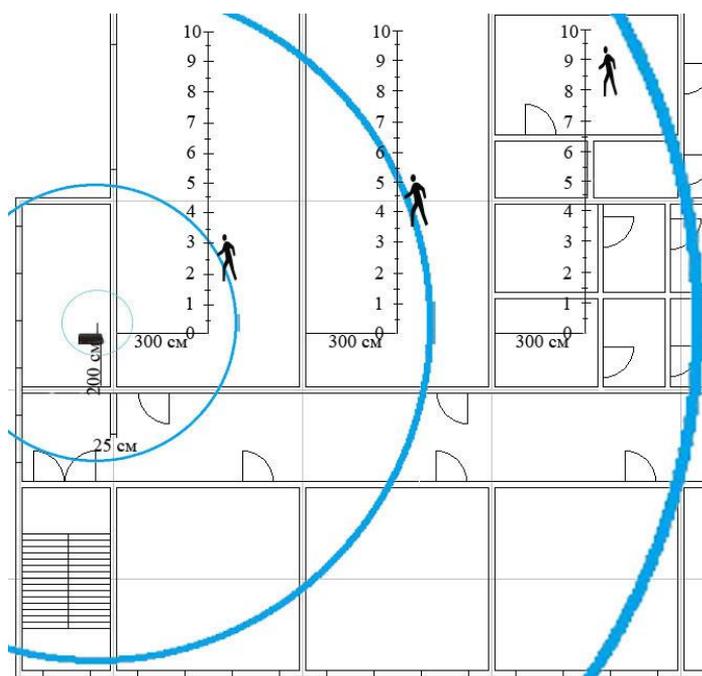


Рисунок 2. Схема с кирпичными стенами

Аналогично, как и с железобетоном проводятся измерения уровня сигнала и скорости передачи данных. Для этого снимаем измерения с контрольных точек с 0 по 10 в трех местах отмеченных на схеме.

Полученные результаты измерений были аппроксимированы на основе метода наименьших квадратов, использовалась степень полинома не превышающая 10, при этом ошибка, не превышала 10 %. Проводилось изменение параметров уровней сигнала и скоростей передачи когда изменялась мощность трансляции данных по отношению к 100 %, 50 %, 25 % от мощности передающего устройства.

На основе применения соответствующих моделей, описывающих распространение радиоволн через объекты [8-10], при варьировании значений переменных на основе способов оптимизации проводилось определение значений коэффициентов преломления материалов.

Исходя из данных аппроксимации есть возможность определения уровня сигнала для произвольной точки во внутренней области помещений.

Для условий, когда распространяются радиоволны через преграды во внутренней области помещений в ходе эксперимента проводилось рассмотрение таких вариантов [11]:

- точка доступа и ноутбук разделены гипсовой стеной;
- точка доступа и ноутбук разделены гипсовой стеной и деревянным шкафом;
- точка доступа и ноутбук разделены двумя кирпичными и одной гипсовой стеной, а так же деревянным шкафом.

На основе соответствующих моделей распространения радиоволн через препятствия [8-10], при варьировании значений переменных с привлечением методов оптимизации определялись значения коэффициентов преломления материалов.

В таблице 1 продемонстрированы примеры экспериментальных данных.

Таблица 1. Примеры данных эксперимента

Тип преград	Угол падения	Уровень сигнала
1 гипсовая стена	0°	99%
1 гипсовая стена	45°	≅86-88%
1 гипсовая стена	30°	90%
1 гипсовая стена + деревянный шкаф	0°	85%
2 гипсовые стены + 1 кирпичная стена	60°	60%
2 гипсовая стена + 1 кирпичные стены	0°	55%

Результаты эксперимента сравнивались с теоретическими данными, которые были получены на основе модели модели COST 231 [12]. Для потерь при распространении радиоволн внутри помещений, выраженных в дБ, мы имеем:

$$L = 37 + 20 \lg(d) + \sum_{i=1}^N D_i + 18.3q \left(\frac{q+2}{q+1} - 0.46 \right)$$

где: d – расстояние между приемником и передатчиком, выраженное в метрах;

N – количество пересекаемых стен типа i ;

D_i – потеря на стене типа i ;

q – количество пересекаемых межэтажных перекрытий.

Разница в теоретических и экспериментальных данных не превышала 1 дБ.

На рисунке 3 приведена функциональная структура предлагаемой подсистемы, связанной с обработкой информации, при исследовании процессов распространения радиоволн во внутренней области помещений.



Рисунок 3. Функциональная структура подсистемы по обработке данных при исследовании распространения радиоволн во внутренней области помещения

Выводы

В данной работе проведены исследования закономерностей распространения волн беспроводной связи во внутренней области внутри помещений. Результаты эксперимента по распространению через разные преграды сравнивались с теоретическими данными, которые были получены на основе модели модели COST 231. На основе применения соответствующих моделей, описывающих распространение радиоволн через объекты, при варьировании значений переменных на основе способов оптимизации проводилось определение значений коэффициентов преломления материалов. Предложена функциональная структура подсистемы по обработке данных при исследовании распространения радиоволн во внутренней области помещения.

▲ Литература

- [1] Пролетарский А. В. Беспроводные сети Wi-Fi / А. В. Пролетарский, И. В. Баскаков, Д. Н. Чирков / Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ; Лаборатория знаний, 2007 – 217 с.
- [2] Мишин Я. А. О системах автоматизированного проектирования в беспроводных сетях / Я. А. Мишин // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2013. – № 10. – С. 153-156.
Болучевская О. А. Свойства методов оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн / О. А. Болучевская, О. Н. Горбенко //
- [3] Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 4.
- [4] Ерасов С. В. Оптимизационные процессы в электродинамических задачах / С. В. Ерасов // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2013. – № 10. – С. 20-26.
- [5] Преображенский А. П. Оптимизация характеристик сигналов, рассеянных сложным объектом, на основе комбинированного алгоритма / А. П. Преображенский, О. Н. Чопоров // International Journal of Advanced Studies. – 2017. – Т. 7. – № 1-2. – С. 55-59.
- [6] Преображенский А. П. Ускорение вычислений электродинамических характеристик составного объекта / А. П. Преображенский, О. Н. Чопоров // International Journal of Advanced Studies. – 2017. – Т. 7. – № 1-2. – С. 65-69.
- [7] Информационные технологии: приоритетные направления развития: монография / А. Б. Андросик [и др.]; под общей ред. С. С. Чернова. – Новосибирск, Издательство Сибпринт, 2012. – Том 8. – 227 с.
- [8] Ослабление сверхширокополосных хаотических сигналов диапазона 3-5 ГГц при прохождении через стены зданий / А. И. Рыжов [и др.] // Журнал радиоэлектроники. – № 5. – 2012.
- [9] Сверхширокополосная беспроводная связь и сенсорные сети / А. С. Дмитриев [и др.] // Радиотехника и электроника. – 2008. – Т. 58. – № 10. – С. 1278-1289.
- [10] Кочин В. П. Методика быстрой оценки мощности WI-FI-сигнала при прохождении препятствий в пределах здания / В. П. Кочин, Ю. И. Воротницкий, Д. А. Стрикелев // (http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/22199/1/Кочин_В_П.pdf).
- [11] Чопоров О. Н. Анализ затухания радиоволн беспроводной связи внутри зданий на основе сравнения теоретических и экспериментальных данных / Чопоров О. Н. , А. П. Преображенский, А. А. Хромых // Информация и безопасность. 2013. Т. 16. № 4. С. 584-587.
- [12] Ли У. Техника подвижных систем связи / У. Ли; пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1985. – 392 с.

.....

Prof. Igor Lvovich

Doctor of Sciences (Engineering), Professor,
Voronezh Institute of High Technologies
E-mail: i_lvovich@mail.ru

Anrey Preobrazhensky

Doctor of Sciences (Engineering), Associate Professor,
Voronezh Institute of High Technologies
E-mail: app@vivt.ru

Prof. Oleg Choporov

Doctor of Sciences (Engineering), Professor,
Voronezh Institute of High Technologies
E-mail: choporov_oleg@mail.ru Prof. Igor Lvovich



The simulation of wave propagation of communication systems in urban areas

Моделирование распространения волн систем связи в городской застройке

Yakov Lvovich, Konstantin Razinkin, Juraj Štefanovič

Яков Львович, Константин Разинкин, Juraj Štefanovič

Abstract:

The paper considers the problem of calculating the level of electromagnetic fields wireless communication in urban environments to determine the areas with high signal strength. The analysis of the possible approaches – statistical and deterministic. To solve the problem is proposed to use the radial method. This method is based on decomposition of the electromagnetic field on the rays and finding the rays that connect the transmitting and receiving device, taking into account the diversity of the city. Depending on the algorithm, consideration is taken of the rays, which when reaching the receiver are reflected specularly or diffusely from the walls of buildings and giragira on corners of buildings. In the framework of the algorithm was restricted. The first limitation is that the rays get to the right of the intersection along the main street, the second limitation is due to the fact that the rays go on a minor street. The result of the calculation is represented by the first limiting plane (limitations of the terrain), how overlap of the bounding plane to the plane of the rays. In appearance the bounding planes can be noticed that changing the bounding plane depends only on the number of reflections along the main street. When interpolation is used the method of least squares. The results of calculations based on the developed algorithm and the experimental data taken from literature. The block diagram module calculation of the number of rays. The operation of the calculation module the number of rays is carried out in three stages: using the correlation coefficients, the polynomial is calculated based on the amount of rays, the distance from the transmitter to the receiver, using the correlation coefficients, the polynomial is calculated according to the total power of the power contributed by each beam, based on

the polynomial calculated the number of rays given the specified margin of error. The proposed approach using correlation coefficients and approximation based on the least squares method allows to reduce the number of iterations in the calculations of the signal level using the method of ray tracing in several times in comparison with the conventional ray-tracing.

Keywords:

Telecommunication system, electromagnetic wave, urban area.

ACM Computing Classification System:

*Computer-communication networks-Distributed Systems
Computer-communication networks-Local and Wide-Area Networks
Information systems applications-Communications Applications*

Abstract:

В статье рассматривается задача расчета уровня электромагнитных полей беспроводной связи в городских условиях для определения зон с высоким уровнем сигнала. Проводится анализ возможных подходов – статистических и детерминированных. Для решения задачи предлагается использовать лучевой метод. Данный метод основан на разложении электромагнитного поля на лучи и поиске лучей, которые соединяют передающее и приемное устройство, с учетом разнородности городской застройки. В зависимости от используемого алгоритма, в рассмотрение берутся лучи, которые при достижении приемника отражаются зеркально или диффузно от стен зданий и дифрагируют на углах зданий. В рамках алгоритма были наложены ограничения. Первое ограничение заключается в том, что лучи доходят до нужного перекрестка вдоль главной улицы, второе ограничение связано с тем, что лучи заходят на второстепенную улицу. В результате расчетов представлена первая ограничивающая плоскость (ограничения рельефа местности), также каким образом накладываются ограничивающие плоскости на плоскость лучей. По внешнему виду ограничивающих плоскостей можно заметить, что изменение ограничивающей плоскости зависит только от количества отражений вдоль главной улицы. При интерполяции использован метод наименьших квадратов. Приведены результаты расчетов на основе разработанного алгоритма и экспериментальных данных, взятых из литературы. Приведена структурная схема модуля расчета количества лучей. Функционирование модуля расчета количества лучей осуществляется в три этапа: с использованием коэффициентов корреляции, рассчитывается полином зависимости количества лучей от расстояния от передатчика к приемнику, с использованием коэффициентов корреляции, рассчитывается полином зависимости суммарной мощности от мощности, вносимой каждым лучом, на основе найденного полинома рассчитывается количество лучей с учетом заданной погрешности. Предложенный подход с использованием

коэффициентов корреляции и аппроксимации на основе метода наименьших квадратов позволяет сократить количество итераций при расчетах уровня сигнала с использованием метода трассировки лучей в несколько раз по сравнению с обычным методом трассировки лучей.

Keywords:

Распространение радиоволн, городская застройка, беспроводная связь.

■ **Введение**

В настоящее время наблюдается бурное развитие сотовых систем связи в городах и пригородных зонах. В связи с этим особенно актуальным является создание специализированных программных средств используемых в САПР [1], позволяющих на основе электронных карт местности оценить характер распространения электромагнитных волн, а также определить зону покрытия от базовой станции.

Построение систем беспроводного доступа включает в себя ряд этапов, начиная от написания техзадания с указанием областей, в которых система будет использоваться, заканчивая вводом в эксплуатацию.

Моделирование является важным шагом, который включает в себя основные параметры систем беспроводного доступа, такие как зоны обслуживания, качество сигнала и т. д. Это связано с тем, что процесс проектирования является трудоемким и дорогим, поэтому использование разных видов моделирования исключает ошибки, которые могут возникнуть во время эксплуатации систем беспроводного доступа, а также оптимального расположения точек доступа.

■ **1 Анализ существующих подходов для оценки характеристик беспроводной связи**

Для оценки применяется множество методов основанные на статистическом и детерминированном анализе характера распространения сигнала.

Среди статистических моделей анализа беспроводных сетей можно выделить следующие:

- 1) модель Окамуры [2];
- 2) модель Хата [3];
- 3) модель Juul-Nyholm [4];
- 4) модели Бардина-Дымовича и Трифонова [5];
- 5) модель Олсбрука – Парсонса [6];
- 6) модель Уолша-Икегами [7].

Если рассматривать с точки зрения истории, то первыми были эмпирические графические зависимости, которые получил Окамура и они давали возможности определения медианного значения сигналов для условий статистически однородного города, и позволяли проводить учет в какой-то мере тех или иных особенностей по определенному городу или по отдельным городским районам.

Наиболее точным является лучевой метод, который и рассмотрен в данной работе.

Целью данной работы является анализ процессов распространения электромагнитных волн в системах связи в условиях городской застройки.

2 Методика расчета

При распространении электромагнитных волн в городской застройке необходимо учитывать их затухание. С использованием математических соотношений нами был построен алгоритм оценки степени затухания радиоволн в городской застройке. Для расчета уровня поля в заданном секторе углов использовались следующие соотношения [8]:

$$L[dB] = 40 + 35\lg(R[km]), \quad (1)$$

$$L[dB] = 65 + 40\lg(R[km]) + 40\lg(f[MHz]) - 4G[dB] \quad (2)$$

где R – расстояние от базы до абонента, G – коэффициент усиления антенн, f – частота.

Блок-схема алгоритма приведена на рисунке 1.

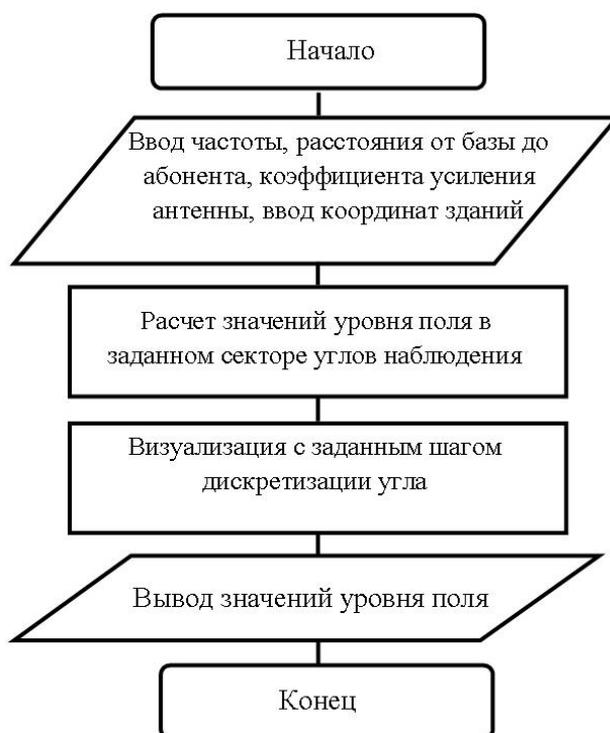


Рисунок 1. Алгоритм расчета затухания радиоволн в пределах городской застройки

В рамках этого алгоритма возможен учет нескольких базовых станций. В этом случае в результате интерференции радиоволн будет формироваться довольно

сложная картина распределения мощности распространяющихся электромагнитных волн. Алгоритм предназначен для учета явлений распространения электромагнитных волн именно в городских условиях, поскольку наблюдается большое число препятствий, обуславливающих затухание полезного сигнала. С увеличением частоты передаваемого сигнала затухание распространяющейся электромагнитной волны будет увеличиваться.

При распространении часть энергии радиоволн будет расходоваться на отражение. Большая часть лучей при этом пойдет мимо абонента, так как он находится в ограниченной области [9].

Точность позиционирования абонента с целью получения максимальной мощности, поступающей от базовой станции, определяется шагом дискретизации угла.

Рассмотренный алгоритм не учитывает естественных помех, возникающих при распространении электромагнитных волн (в том числе широкополосных).

Приведенный алгоритм является универсальным, в нем автоматически учитывается широкий диапазон возможных входных параметров.

Достоинством нашего подхода является то, что он позволяет проводить оценку («машинный эксперимент») характеристик в беспроводных системах связи без проведения реального «натурного» эксперимента.

Вообще говоря, алгоритм может быть уточнен с привлечением моделей распространения электромагнитных волн – дифракция краевых волн, ползущих волн, диффузное отражение, отражение от земной поверхности [10, 11]. Кроме того, могут быть уточнены многократные переотражения волн внутри здания, однако, по-видимому, их вклад в распространяющееся основное поле как минимум на 10 дБ меньше, чем волны имеющее однократное отражение. Все эти дополнительные уточнения в дальнейшем могут быть представлены как дополнительные модули с соответствующими характеристиками затухания электромагнитных волн.

Для моделирования передачи данных по беспроводным системам связи примем за $H(f, r)$ функцию распространения сигнала в канале, где f – частота, и r – длина пути. Тогда полной функцией среды распространения будет являться [12]:

$$H_t = H_{RR} + H_{RDR}, \quad (3)$$

где H_{RR} и H_{RDR} – полные функции распространения R-R и R-D-R групп лучей соответственно. Далее определим выражения для расчета функций распространения каждой группы.

Функция распространения состоящей из лучей R-R между передающей и приемной антеннами может быть вычислена

$$H_{V,H} = \left(\frac{\lambda}{4 \cdot \pi} \right) \cdot \sum_{i=(m,S,n,u,g)} \left[f_B(\theta_i, \varphi_i) \cdot f_M(\Theta_i, \Phi_i) \cdot \left(\mathfrak{R}_{V,H}^i \right)^g \times \right. \\ \left. \times \left(R_{H,V}^{in} \right)^n \cdot \left(R_{H,V}^{im} \right)^m \cdot \frac{e^{-j \cdot k \cdot r_i}}{r_i} \right], \quad (4)$$

где i -й луч представлен рядом пяти целых чисел (m, S, n, u, g) , m и n – количество отражений от стен вдоль главной и второстепенной улиц, соответственно, $g=0,1$ для отражения от земли, λ – длина волны, k – волновое число,

$\mathfrak{R}_{V,H}^i$, $R_{H,V}^{im}$ и $R_{H,V}^{in}$ – известные коэффициенты отражения Френеля от земли и стен на главной и второстепенной улицах, соответственно, с вертикальной и горизонтальной поляризации, соответственно. В соответствии с описанным выше алгоритмом, найдем все возможные значения отражений, при распространении вдоль главной и второстепенной улиц (рис. 2).

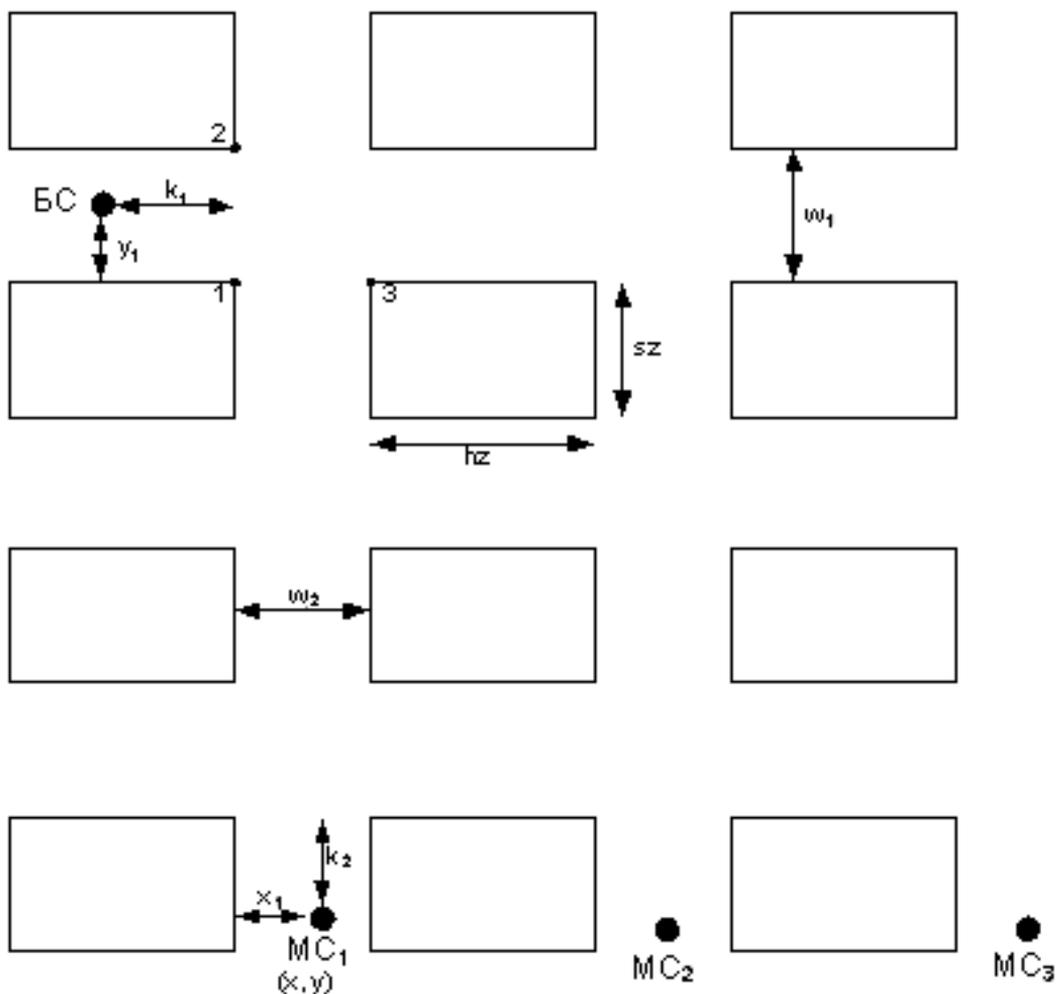


Рисунок 2. Городская уличная застройка

По рисунку 3 можно определить все возможные лучи, которые соединяют базовую (BC) и мобильную (MC) станции. На представленном рисунке по осям X и Y откладываются количество отражений луча при распространении вдоль главной и второстепенной улиц. По оси Z откладывается угол наклона луча [13].

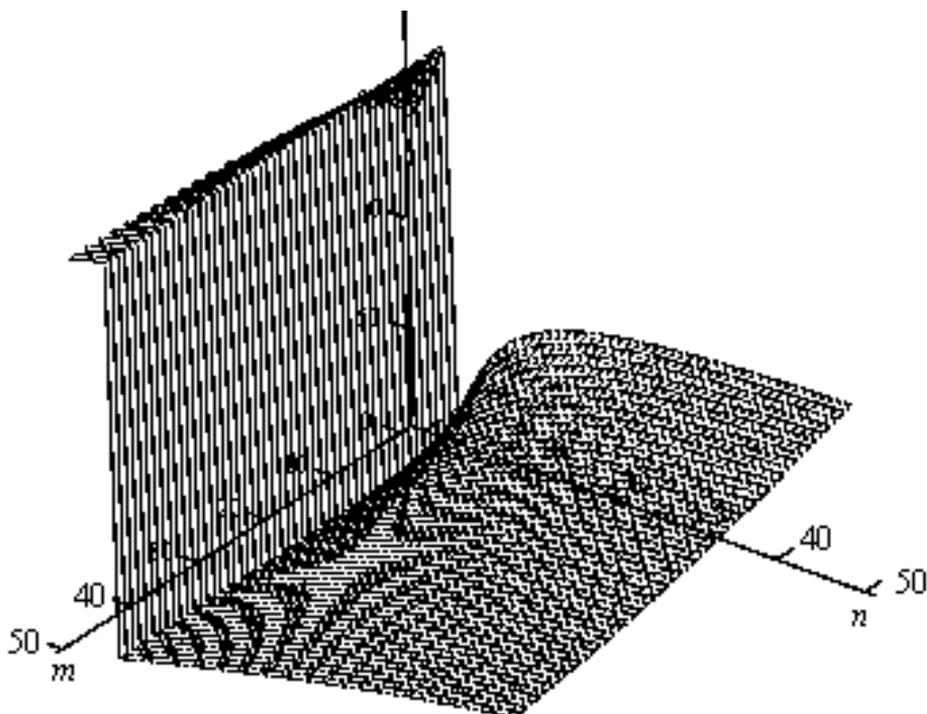


Рисунок 3. Плоскость распределения лучей

Результаты. В соответствии с указанным выше алгоритмом для нахождения лучей, которые соединяют БС и МС, необходимо наложить ограничения. При этом первое ограничение заключается в том, что лучи доходят до нужного перекрестка вдоль главной улицы, второе ограничение – лучи заходят на второстепенную улицу.

На рисунке 4 представлена первая ограничивающая плоскость (ограничения рельефа местности).

На рисунке 5 представлено наложение ограничивающих плоскостей на плоскость лучей. На рисунке 5 видны ограничивающие плоскости. По данному графику можно определить все возможные лучи, которые будут соединять БС и МС.

По внешнему виду ограничивающих плоскостей можно заметить, что изменение ограничивающей плоскости зависит только от одного значения (количества отражений вдоль главной улицы, рис. 2). Поэтому интерполяцию мы проводили в двумерной плоскости.

При интерполяции мы использовали метод наименьших квадратов (МНК). Порядок полинома равен 6, при этом погрешность аппроксимации ограничивающей плоскости равна 2 %.

Уровень сигнала в данной точке, при расчете с использованием данного подхода, определяется суммой лучей. При этом количество лучей и вносимый уровень сигнала каждым лучом может меняться в зависимости от положения МС, ширины улиц и т. п.

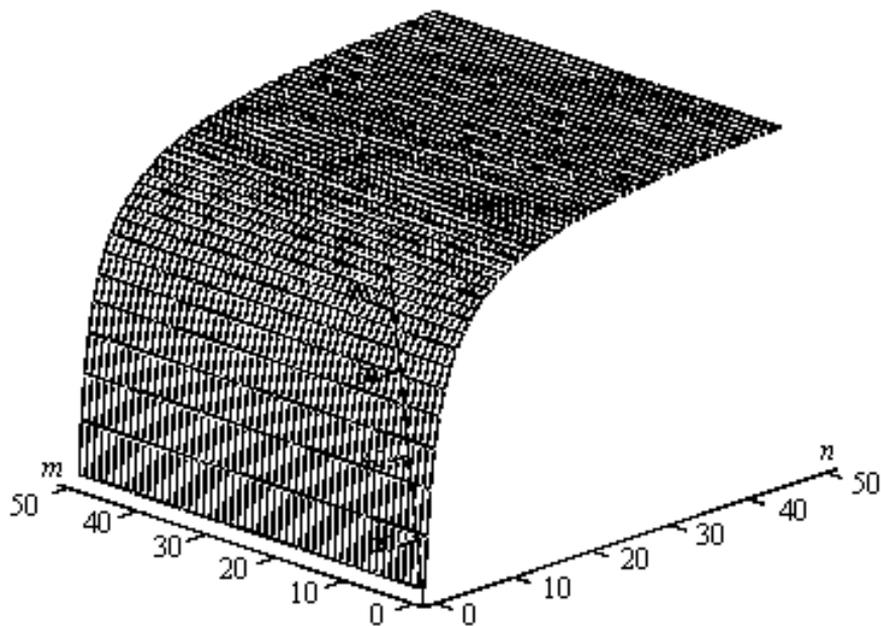


Рисунок 4. Ограничивающая плоскость

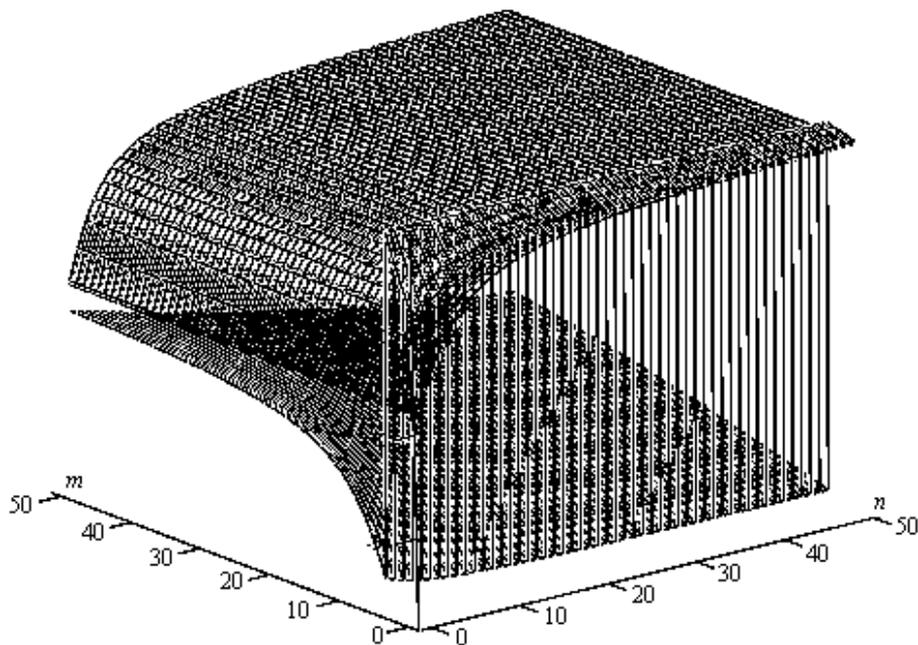


Рисунок 5. Наложение ограничивающих плоскостей

На основе результатов экспериментов для городской застройки, приведенной на рисунке 2, проведем оценку адекватности приведенной модели, причем в качестве подвижного объекта возьмем МС.

Результаты сравнения с источником приведены в таблице 1, среднее значение ошибки $\Delta = 0,8$ дБ.

Таблица 1. Сравнение результатов расчета и эксперимента [7]

координата МС	затухание, дБ		Δ
	расчетное	измеренное	
300	94,532	95	0,468
395	98,593	99	0,407
495	100,938	102	1,062
560	100,727	102	1,273

Результаты сравнения с источником [12] приведено в таблице 2, среднее значение ошибки $\Delta = 0,47$ дБ.

В результате проведенного сравнения с результатами эксперимента, можно видеть, что среднее значение погрешности не превышает значения в 1 дБ.

Таблица 2. Сравнение результатов расчета и эксперимента

координата МС	затухание, дБ		Δ
	расчетное	измеренное	
200	95,567	96	0,433
250	95,757	96,3	0,543
300	96,038	96,5	0,462
340	96,586	97	0,414
390	96,958	97,5	0,542

Проведем исследование предложенной модели, для разных положений мобильной станции (МС₁, МС₂, МС₃, рис. 2) будем измерять суммарную мощность, состоящую из суммы мощностей вносимой каждым лучом в зависимости от удаления БС от первого перекрестка (параметр k_1 , рис. 2).

Результаты исследования приведены на рисунках 6-8, для МС₁, МС₂, МС₃, соответственно.

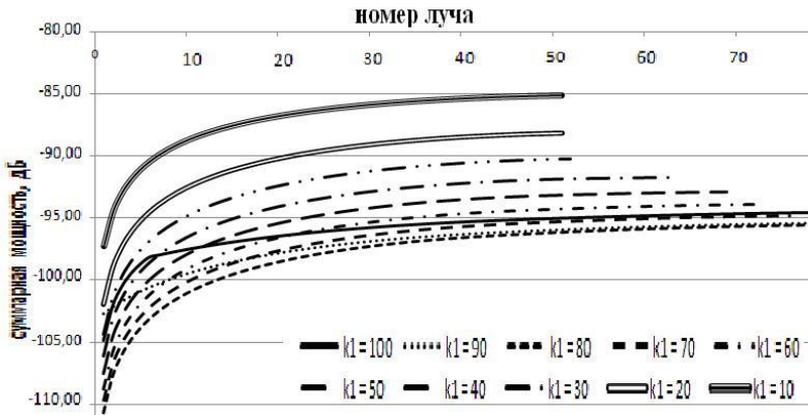


Рисунок 6. Результаты для MS_1

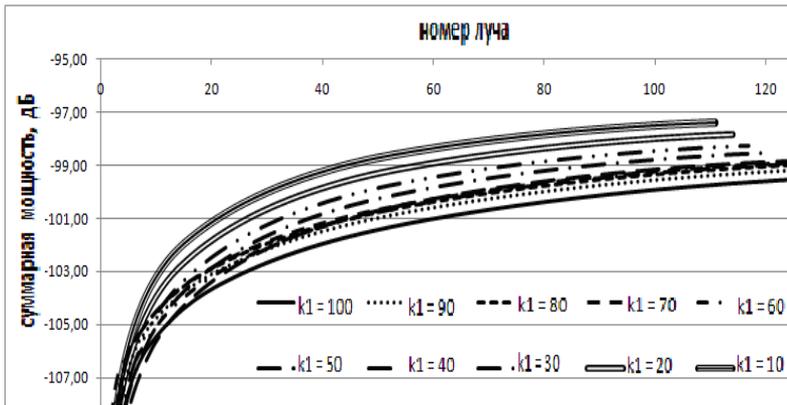


Рисунок 7. Результаты для MS_2

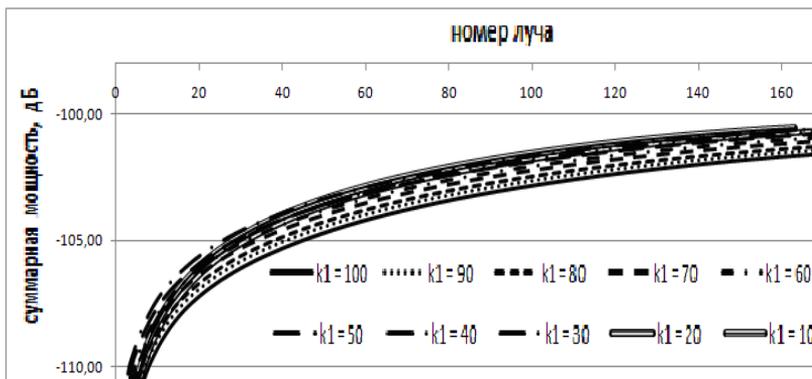


Рисунок 8. Результаты для MS_3

Если в приведенной модели учитывать лучи с наибольшим вносимым уровнем сигнала, то можно сократить количество итераций при расчетах. Модуль, приведенный на рисунке 9, реализует указанный подход, при этом необходимо найти количество лучей, при заданной погрешности Δ относительно максимального уровня сигнала в данной точке.

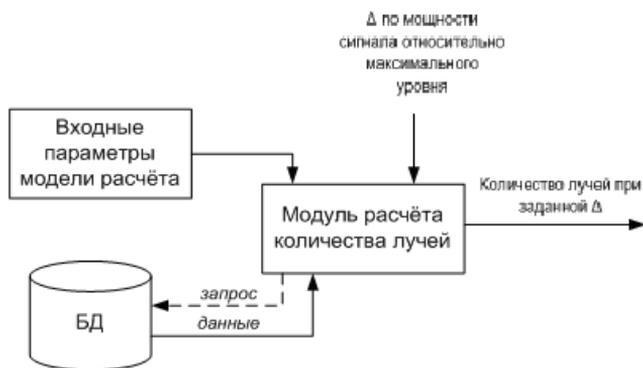


Рисунок 9. Структурная схема модуля расчета количества лучей

В качестве входных параметров модели расчета примем:

- положение БС на главной улице;
- ширина главной и второстепенной улиц;
- координаты углов перекрестка главной и второстепенной улиц;
- координаты МС;
- расстояние от БС до МС.

БД содержит результаты исследования модели в различных входных параметрах модели. Для уменьшения размерности БД распределение мощности по лучам приводится в виде полинома порядка N .

В качестве дополнительного входного параметра для модуля расчета количества лучей принимается Δ по мощности сигнала относительно максимального уровня.

Функционирование модуля расчета количества лучей осуществляется в три этапа [14-16]:

- с использованием коэффициентов корреляции, рассчитывается полином зависимости количества лучей от расстояния от БС до МС;
- с использованием коэффициентов корреляции, рассчитывается полином зависимости суммарной мощности от мощности, вносимой каждым лучом.
- на основе найденного полинома рассчитывается количество лучей с учетом заданной погрешности.

Предложенный подход позволяет сократить количество итераций при расчетах уровня сигнала с использованием метода трассировки лучей. При $\Delta=2$ дБ, количество итераций было сокращено в 2-3 раза (в зависимости от отдаленности МС).

Применительно к поставленной задаче применение методов оптимизации обусловлено тем, что для нахождения лучей, которые соединяют БС и МС, требуется

выполнение большого количества монотонных операций. Так, например, для расчета плоскости, представленной на рисунке 2, которая показывает зависимость количества отражений вдоль главной и второстепенной улиц от «угла», понадобится выполнить порядка 2500 операций, при условии, что максимальное количество отражений вдоль главной и второстепенной улиц равно 50, соответственно.

После выполнения всех расчетов общее количество итераций будет более 10000, и это только при расчете только уровня сигнала в одной точке. При увеличении площади расчета, количество расчетов будет, соответственно, увеличиваться, и даже с применением современных средств вычислительной техники время расчета может несоизмеримо большим.

Таким образом, с применением методов оптимизации время расчета можно существенно сократить.

На основе приведенного описания поставленной задачи и анализа методов оптимизации [17], видно, что для нахождения экстремума зависимостей представленных на рис. 6-8, целесообразным будет использование нелинейных методов оптимизации с нелинейными ограничениями.

Для выбора конкретного метода решения задачи, необходимо изменить постановку задачи следующим образом – с учетом имеющихся ограничений (рис. 6-8), найти луч с минимальным расстоянием прохождения пути от БС до МС.

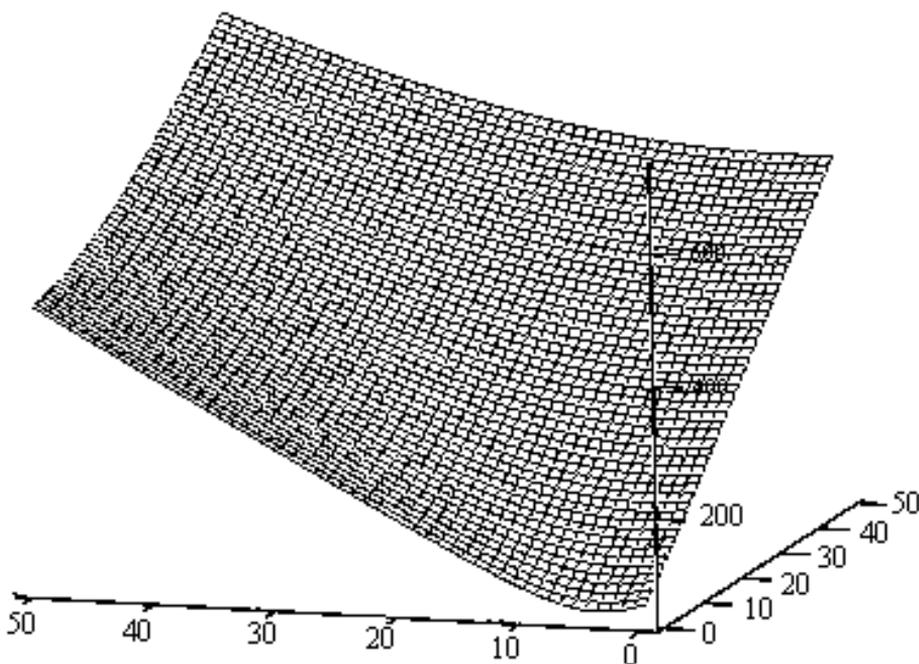


Рисунок 10. Зависимость длины луча от количества отражений вдоль главной и второстепенной улиц

Общая зависимость расстояния пройденного лучом от БС до МС (с учетом количества переотражений вдоль главной и второстепенной улиц), приведена на рисунке 10. На данном графике можно заметить, что имеется один глобальный минимум, следовательно, начальной точкой отсчета при использовании метода оптимизации будет точка $(0; 0)$, которой будет соответствовать минимальное расстояние хода луча от базовой станции до мобильной станции.

Среди различных методов приемлемых для использования в поставленной задаче наиболее подходящим будет метод штрафных функций.

Использование методов оптимизации (метод штрафных функций) для расчета уровня сигнала в условиях городской застройки методом трассировки лучей, показало, что для расчета одного луча требуется 70 мкс. Для примера, возьмем, что в точку приема сигнала приходит порядка 100 лучей, тогда для расчета полного уровня сигнала потребуется 7 мс.

В [18] приводится разработанная модель, и результаты по времени расчета в условиях реальной городской застройки. Так, с использованием этой модели, общее время расчета уровня сигнала на предложенной местности составило 5304 с. (88,4 мин.). Для сравнения при расчете той же местности время расчета, методом трассировки лучей с применением оптимизации, составило 3780 с. (63 мин.). Из приведенных результатов видно, что выигрыш по времени, предложенной модели в комбинации с методами оптимизации, составляет порядка 30 %.

■ Выводы

В статье рассматривается задача расчета уровня электромагнитных полей беспроводной связи в городских условиях для определения зон с высоким уровнем сигнала. Для решения задачи предлагается использовать лучевой метод. Данный метод основан на разложении электромагнитного поля на лучи и поиске лучей, которые соединяют передающее и приемное устройство, с учетом разнородности городской застройки. Приведены результаты расчетов на основе разработанного алгоритма и экспериментальных данных, взятых из литературы. Предложенный подход с использованием коэффициентов корреляции и аппроксимации на основе метода наименьших квадратов позволяет сократить количество итераций при расчетах уровня сигнала с использованием метода трассировки лучей в 2-3 раза по сравнению с обычным методом трассировки лучей.

▲ Литература

- [1] Гуреев А. В. Компьютерные инструменты для автоматизированного проектирования беспроводных сетей / А. В. Гуреев, А. Г. Соколов // CHIP NEWS. – 2003. – № 4. – (EDA EXPERT 2003 г. № 4) – С. 40-42.
- [2] Okumura Y. Field strength and its variability in VHF and UHF land mobile radio service / Y. Okumura, et all. // Rev. Inst. Elec. Eng. – 1968. – V. 16. – № 9, 10.
- [3] Hata M. Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services / M. Hata // IEEE Trans. Vehicular Technology. – 1980. - V. 29. – № 3.
- [4] Lempiäinen J. Radio Interface System Planning for GSM/GPRS/UMTS / J. Lempiäinen, M. Manninen. – 2002. – 293 с.
- [5] Гавриленко В. Г. Распространение радиоволн в современных системах мобильной связи / В. Г. Гавриленко, В. А. Яшнов // Нижний Новгород. – 2003. – 148 с.
- [6] Панченко В. Е. Сочетание статистических и детерминистских методов расчета радиополя в городских условиях / В. Е. Панченко, Т. А. Гайнутдинов, Г. А. Ерохин // Электросвязью – 1998. - № 4. – С. 31-33.
- [7] Бардин Н. И. Распространение УКВ-волн в условиях крупного города / Н. И. Бардин, Н. Д. Дымович // Электросвязь. – 1964. - № 7. - С. 15-18.
- [8] <http://telecomproject.tripod.com/mod.htm>
- [9] Ермолова В. В. Архитектура системы обмена сообщений в немаршрутизируемой сети / В. В. Ермолова, Ю. П. Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2010. – № 7. – С. 79-81.
- [10] Боровиков В. А. Геометрическая теория дифракции / В. А. Боровиков, Б. Е. Кинбер. – М.: Связь, 1978. – 248 с.
- [11] Уфимцев П. Я. Метод краевых волн физической теории дифракции / П. Я. Уфимцев. – М.: Сов. радио, 1962. – 243 с.
- [12] El-Sallabi H. M. and Vainikainen P. Radio wave propagation in perpendicular streets of urban street grid for microcellular communications / Progress In Electromagnetics Research, PIER 40, 229-254, 2003.
- [13] Анго А. Математика для электро- и радиоинженеров / А. Анго. – М., Наука, 1965.
- [14] Whitteker J. H. Measurements of Path Loss at 910 MHz for Proposed Microcell Urban Mobile Systems, IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 37, P. 125-129, Aug. 1988.
- [15] Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ / Т. Андерсон; Пер. с англ. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963. – 499 с.
- [16] Афифи А. Статистический анализ: подход с использованием ЭВМ / А. Афифи, С. Эйзен; Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 488 с.
- [17] Гилл Ф. Практическая оптимизация / Ф. Гилл, У. Мюррей, М. Райт; Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 509 с.
- [18] 18. André Mendes Cavalcante, Marco José de Sousa, João Crisóstomo Weyl Albuquerque Costa, Carlos Renato Lisboa Francês and Gervásio Protásio dos Santos Cavalcante A New Computational Parallel Model Applied in 3D Ray-Tracing Techniques for Radio-Propagation / Prediction Proceedings of Asia-Pacific Microwave Conference, 2006.

Prof. Yakov Lvovich

Doctor of Sciences (Engineering), Professor,
Voronezh Institute of High Technologies
E-mail: ya-e-lvovich@vivt.ru

Konstantin Razinkin

Doctor of Sciences (Engineering), Associate Professor,
Voronezh Institute of High Technologies
E-mail: kostyr@mail.ru

Juraj Štefanovič

Doctor of Sciences (Engineering),
Pan-European University, Bratislava, Slovakia
e-mail: juraj.stefanovic@paneurouni.com



The usefulness of ICT/CI for advancing economic and social sciences

Ladislav Andrášik

Abstract:

This article is some attempt for impeachment of traditional approaches and methods used by main stream economics and to show and demonstrate the several possibilities of ICT/CI (Information Communication Technology / Computational Intelligence) for advancing economic and social sciences. This may be understood also as heresy of traditional economics and/or political economy. More definite statements we are mainly treating with Socio-Economic System (which is a type of complex system that consists of social and economic elements) not with Society and/or Economy alone ones. Descriptions of these systems tend to have significant qualitative elements and are difficult to analyse using traditional macroscopic and/or microscopic techniques. Our difference approach to study economies is rest in question of subject matter of socio-economic science and/or of economics in wide sense. For example according to preferred in our days economist P. A. Samuelson the subject matter of economics is a science that studies only those activities of human being which he undertakes to maximize his satisfaction by making proper use of scarce resources. We are declaring that subject matter of economics is study of behaviour of economy as a whole in objective reality that is in its complex evolution in variable ecosphere not only activities of single human beings separately. In narrow sense the subject matter of socio-economic science is to study of results of social behaviour in its evolution. For that purpose the ICT/CI means, methods and tools are more suitable than traditional ones used by mainstream economics. The difference is rest in possibility to study evolving economic organism from bottom-up in virtual reality whereas tradition economics must beforehand build mental models by mode up-down which is wholly subjective product weekly corresponding with reality. In virtual reality arising in ICT/CI environment we are acquiring different computational economies very convenient for scientific comparing with economy in objective reality.

Keywords:

Agent approaches/methods, agent-based computational economics, by ICT/CI help constructed economies, computational life/intelligence, computational (virtual) laboratories, evolution, holistic approach, joint experiments with human and computational agents, learning, markets, mental and mathematical models, networks, parallel economies, possible worlds, self-organised economies.

ACM Computing Classification System:

B4, C6, C45, C49, C51, C53, C62, C63, C69, C7, C73, C90, D4, D5, D2, D40, D58, D6, D8, G 12, J22, J23, J53, L1, L11.

▀ **Introduction**

*We don't live in dreamworld of P. A. Samuelson
but in very complexly evolving objective reality.*

There are at least four classes of socio-economic objects which may interest scientific analysis. These are: 1. Independently evolving socio-economic object in objective reality; 2. Primordial mirror reflectance the first one in his/her mind (mental model); 3. Scientific elaboration of mental model to be suit for computational run (virtual laboratory)¹; 4. In computational intelligence² environment spontaneously from bottom to up arising socio-economic object with minimum starting impact of human subject. From that point of view there are obviously, becomingly to four classes of socio-economic objects, four different socio-economic sciences and/or economics too. It may be clear that traditional economics analyse the second object (mental model) and partially the third one that is – *distincte et aperte* – not directly studies the first one, as traditional economics wont us to assure. The contemporary mainstream economics is dealing with abstractly fabricated parts of economies, whilst economy in objective reality is living in its complexly evolving wholeness. This article is some attempt for impeachment of traditional approaches and methods used by main stream economics and to show and demonstrate the several possibilities of ICT/CI (Information Communication Technology / Computational Intelligence) for advancing economic and social sciences. This may be understood also as heresy of traditional economics and/or political economy. More definite statements we are mainly treating with Socio-Economic System (which is a type of complex system that consists of social and economic elements) not with Society and/or Economy alone ones. Descriptions of these systems tend to have significant qualitative elements and are difficult to analyse using traditional macroscopic and/or microscopic techniques. Our difference approach to study economies is rest in question of subject matter of socio-economic science

¹ The second and third classes were made by human subjects by mode up to down, however.

² The central scientific goal of Computational Intelligence is to understand the principles that make intelligent behaviour possible in natural or artificial systems.

and/or of economics in wide sense. For example according to preferred in our days economist P. A. Samuelson the subject matter of economics is a science that studies only those activities of human being which he undertakes to maximize his satisfaction by making proper use of scarce resources. We are declaring that subject matter of economics is study of behaviour of economy as a whole in objective reality that is in its complex evolution in variable ecosphere not only activities of single human beings separately. In narrow sense the subject matter of socio-economic science is to study of results of social behaviour in its evolution. For that purpose the ICT/CI means, methods and tools are more suitable than traditional ones used by mainstream economics. The difference is rest in possibility to study evolving economic organism from bottom-up in virtual reality whereas tradition economics must beforehand build mental models by mode up-down which is wholly subjective product weekly corresponding with reality. In virtual reality arising in ICT/CI environment we are acquiring different computational economies very convenient for scientific comparing with economy in objective reality. This essay is falls to three sections. In first section we are approaching for readers some difficulties with the object and subject matter of socio-economic sciences. Second section is devoted to better understanding of several reasons why economic investigations, reasoning and imagination need to use ICT/CI. Simple MAS based virtual market of labour forces are presented in third section let to be better understanding differences between virtual economies created from up-down versus bottom-up. However this essay, generally speaking, is an introduction to the power of using ICT/CI devices, methods and tools in socio-economic sciences. It is also a little deeper introduction to the power of using multi agent [8] approach and methods for simulation economic models [28]. In line for to fact that very large methodical and tool kits obstacles arising with connectedness of specific character of socio-economic world about, we have written earlier, we was forced to use so simple Agent-based model [7-8], [12], [19] as it is even possible.

1. The difficulties with the object and subject matter of socio-economic sciences

By our understanding there is no unique exact notion what are Economic and/or Sciences in one side or Economics on other one. Another difficult open question is: “What Economy and/or Society in objective reality truthfully are?” In the literature one can find several more or less close-fitting explications of these matters. For example for Economics we can find several definitions but these four are dominant: 1. *General Definition of Economics*; 2. *Adam Smith’s Wealth Definition*; 3. *Marshall’s Welfare Definition*; and 4. *L. Robbins’ Scarcity Definition*. It is import for the purposes of this essay to narrowly specifying these ones:

1. General Definition of Economics ... *the word economics is derived from the ancient Greek word oikonomia – meaning the management of a family or a household. By Dotan Leshem from Israel “Nearly every economist has at some point in the standard coursework been exposed to a brief explanation that the origin of the word “economy” can be traced back to the Greek word oikonomia (οικονομία), which in turn is composed of two words: oikos, which is usually translated as “household”; and nemein, which is best translated as “management and dispensation.” “[cd, p.225-226]*

2. According to Smith ... *“The great object of the Political Economy of every country is to increase the riches and power of that country.”* [cc, p.]. Like the mercantilists, he did not believe that the wealth of a nation lies in the accumulation of precious metals like gold and silver.

3. Alfred Marshall in his book *Principles of Economics* (1890 [ab]) placed emphasis on human activities or human welfare rather than on wealth. Marshall defines economics as *“a study of men as they live and move and think in the ordinary business of life.”* [ab, p.] He argued that economics, on one side, is a study of wealth and, on the other, is a study of man.

4. Robbins’ Scarcity Definition ...The most accepted definition of economics was given by him in 1932 in book *An Essay on the Nature and Significance of Economic Science*. According to Robbins, neither wealth nor human welfare should be considered as the subject-matter of economics. His definition runs in terms of scarcity: *“Economics is the science which studies human behaviour as a relationship between ends and scarce means which have alternative uses.”* [bb, p.]

We know however that there are also several other definitions of objects and subject matters of Economic and/or Social sciences, Economics, Socio-economic sciences, etc. existing in literature of history of sciences, because various scholars have different views about these subjects. The acute problem in this essay is with the object of Economic science because not every economist clearly specifies of the object of his/her scientific interest. Very frequently there are in their mind in fact something as Economy in objective reality, but is staying in shadow or foggy stage, without clearly specification of their characteristic features. That is just it what is leading to several misunderstanding from the point of view of ontology, epistemology and/or methodical (toolbox) approaches. By Epistemology we understand the study or a theory of the nature and grounds of economic knowledge in dependency on ontological imagination and especially with reference to limits and validity of knowledge achieved with such a way. In the context with former by Ontology we are mean clear specifying the object matter of the directly and/or hidden used entity named Economy. Because of low consequentialness in specification object and subject matter of an Economics there arising several heavy misunderstanding not only among economists but among political parties and persons and in business too. We was written in lower item some very typical specification of subject matter of an Economics and/or a Political Economy deriving from famous scholars earlier in the begin of this section.

2. The reasons why economic investigations, reasoning and imagination need to use ICT/CI

There are several reasons why economic investigations, reasoning and imagination need to use ICT/CI. In this article we are focusing only on subsequent ones:

Economy is Biologically Populated System and/or Organism

There are several animal categories creating socially organised populations which have common economy. Among others there are known socially organized insects: termites, honeybees, ants, etc. All of these ones are behaving to be having common source for surviving. The most perfect animal such behaving specie is “Homo sapiens sapiens”.

It is known that in ant colony there are wide division of labour and cooperation among members of population. But only in human population aroused wide variety of interactive behaviour, which is baseline for long last functioning of common economy. It is obvious that biological population can be abstracting in the form of mathematical functions, but such approach not enough for articulating its complexity. On the other hand contemporary ICT/CI

Economy is Social System and/or Organism

*Economy even in first sight looks as social (and/or collective) system because it is created by population of human agents. We understand social system as it is an organization of individual agents into groups or structures that have different functions, characteristics, origin or status. The social system approach to economy is important because it might break a larger population down into family groups, races, religious affiliations, gender, wealth categories and social classes. Traditional economics even when collective organisations are studied, the main focus is done on the ways in which their mode of operation is affected by the choices made by individuals. But choices of sum of all individuals are not statistically calculated means because the whole of behaviour of every individual is a result of interactions in a network not results of statistical operation with decisions of single individuals. In this sense economy is not a sum of various cardinal or ordinal numbers but living social system and/or organism that is not only quantity but complex quality too. From several predecessors of these subjects, these are of the approaches to economies as socio-economic system, for our reasoning has decisive impact notably the works of A. Marshall, Jay Wright Forrester, Niklas Luhmann and Talcott Parsons. For example by A. Marshall “Economics is a social science and not one which studies isolated individuals or Robinson Crusoes. Economics study people living in society influencing other people and being influence by them.”³ Also by N. Luhmann’s⁴ vision of the economy, which is summarized mainly in his *Wirtschaft der Gesellschaft*, wherein he addresses basic economic notions: the economic system, money, prices, rationality, and the market. It may be interpreting his ideas in the context of up to day discussions in economics (intersubjective structures, complex systems, and evolutionary modelling). We can also be in agreement with some of heuristics implied by Luhmann’s economic ontology, which are possibly interesting for methodological and theoretical approaches of contemporary economics. For our thinking it is also important that he developed a conceptual apparatus linking general systems theory, sociological insights on communication and the structure of society, conceptions from biology, and evolutionary ideas.*

³ After more than hundred years it is proved that several Marshall’s definition of economics formed the basics for main stream definitions of economics.

⁴ Niklas Luhmann (1927–1998) was a social thinker who tried to construct a universal social ontology of modern society.

Economy is Complex System and/or Organism

The path to better understanding the economy requires treating the economy as the complex system that it really is. We need more realistic behavioural models, but even more important, we need to capture the most important components of the economy and their most important interactions, and make realistic models of institutions. The complex systems approach is intermediate between traditional economic theory and econometrics. Traditional economic theory is top-down, modelling decision making from first principles, and then testing against data later. By “first principles” we mean the requirement that theories have “economic content”, i.e. that they derive behaviours from preferences. Econometrics, in contrast, takes a bottom up, data-driven, but fundamentally ad hoc approach.

The complex systems approach sits in the middle, taking as we was written earlier a bottom up data-driven approach that differs from traditional econometrics by explicitly representing agents and institutions and modelling their interactions, without the requirement that everything be derived from fundamental principles.

It has the potential to free behaviourism from the straightjacket of equilibrium modelling, and to bring the computer revolution fully into economics. This path will at times involve abandoning economic content in favour of economic realism.

Economy is Evolutionary System and/or Organism

We begin by example from Biological Evolution following H. Simon. He writes that: “What lessons can we draw from our parable for biological evolution? Let us interpret a partially completed subassembly of k elementary parts as the coexistence of k parts in a small volume ignoring their relative orientations. The model assumes that parts are entering the volume at a constant rate but that there is a constant probability, p , that the part will be dispersed before another is added, unless the assembly reaches a stable state. These assumptions are not particularly realistic. They undoubtedly underestimate the decrease in probability of achieving the assembly with increase in the size of the assembly. Hence the assumptions understate probably by a large factor the relative advantage of a hierarchic structure.” [yz, p.190].

Economy is Political System and/or Organism

Economy as a whole is in its historical context also under politically influenced objectives. From these points of view the economy is object of economic science named “Political Economy”. More direct subject-matter of political economy is the network of various economic relations among its different agents.

Economy is Hierarchic System and/or Organism

H. Simon stated that “By a hierarchic system, or hierarchy, I mean a system that is composed of interrelated subsystems, each of the latter being in turn hierarchic in structure until we reach some lowest level of elementary subsystem. In most systems in nature it is somewhat arbitrary as to where we leave off the

partitioning and what subsystems we take as elementary.” [yz, pp.184-5]. Etymologically the word "hierarchy" has had a narrower meaning than Simon giving it his quoted monograph, [yz, p.185]. He writes that “The term has generally been used to refer to a complex system in which each of the subsystems is subordinated by an authority relation to the system it belongs to. More exactly, in a hierarchic formal organization each system consists of a "boss" and a set of subordinate subsystems. Each of the subsystems has a "boss" who is the immediate subordinate of the boss of the system.” [yz, p.185]. By the way, in communist system this is the so called “principle of unique one chief”.

Economy is Networked System and/or Organism

We have to imagine economies as networked by human and in our times also computational agent (i. e. softbots etc. and the Internet and the World Wide Web) entities⁵. Or by another way: the economy he/her can take in as a network of links between the socio-economic agents involved. Such entities have socio-economic character. A socio-economic network is a social structure made up of a set of socio-economic actors (that is agent such as individuals or organizations), sets of socio-economic interactions between actors. The socio-economic network perspective provides a set of methods for analysing the structure of socio-economic entities as a whole, as well as a variety of theories explaining the patterns observed in these structures. The study of these structures uses complex network analysis to identify local and global patterns, locate influential entities, and examine network dynamics. It is clear reality that the dramatic growth of the Internet and the World Wide Web are changing the way we study different classes of socio-economic systems in our days.

Economy is Ecologically Structured System and/or Organism

The relations among agents creating socio-economic structured may have ecological characters too. As it is known ecological relationship is the link between two organism's species in nature. All organisms in an ecosystem are connected in one way or another. Each interaction depends on the one before it. Each population of species interacts with one another in a complex web of relations. In socio-economic system with population of species we can understand groups or populations of physical and/or legal persons. Ecological relationships help better to describe and understand how different agents (species) are connected in a network. There are ecological relationships in which two are oppositional and four are symbiotic. The oppositional relationships are predation and competition. The symbiotic relationships are mutualism, commensalism, amensalisms, neutralism, cooperation and parasitism. The ecological relationship between/among physical/legal persons has depends on the way they adapted to its environmental/legal/competitive pressures on evolutionary basis.

⁵ A computational agent is an agent whose decisions about its actions can be explained in terms of computation. That is, the decision can be broken down into primitive operation that can be implemented in a physical device.

Economy is Nonobservable System and/or Organism

The economies in objective reality are directly nonobservable systems. On the other hand economies made by human subjects may be analysed as mental model and also in mathematical formalism with exact methods. Only computational economy evolving in appropriate computational intelligence environment is directly observable by scholars, student and other that are observation of running for example in PC experiments.

All these problems and/or tasks connected with specific characters of socio-economic entities evolving in objective reality are such that for them there are neither effective mathematical creations nor computational algorithms made for models created by mode up-down. Socio-economic entities in objective reality as a whole are very difficult terrain for scientific research. Only computational economies spontaneously evolving or was evolved in CI environment being of subjects of scientific observation and research. For that we are aptly demonstrating simple Agent-based model (see also[7]) in environment of multi agent system (MAS)⁶, which is partially joint product of research of authors of this essay and his graduate and doctorand B. Mišota⁷ [27] and L. Horka, also one of graduate of us [14 - 17].

▲ **3. MAS based virtual market of labour forces**

Let us begin with simple model of labour forces market built by mode up-down. Under these circumstances one can better understand the behaviour in labour forces market predominantly when it is used economists idea of *Backward bending supply curve of labour forces*. On verbal propositions, demand and supply functions of the wage rate of the labour forces works with the consideration that its adjustment equation depends on the wage rates observed in the former period (or former step of iteration) and on the difference between demand and supply

$$\begin{aligned} D_t &= a - bp_t \\ \text{The formalism is } S_t &= -c + dp_{t-1} \\ D_t - S_t &= 0, \end{aligned} \tag{1}$$

where the third equation is the requirement of the so called market clearing the result of which is synonymy of market equilibrium. After substituting the first

⁶ **Multi-Agent Models/Simulations (MAM/MAS)** – Simulation may be used to enhance knowledge of socio-economic sciences. MAM/MAS give us the possibility to make artificial universes (worlds) that are small laboratories for the testing of theories about local behaviours even today and complex ones in the future.

⁷ The whole results of meant research were not commonly published up to now, but was used to write dissertation thesis in Slovak language (English translation: “Market evolution on the base of MAM/MAS”, 2010 FEI STU).

and second equations to third and considering $D - S \neq 0$ we can receive the difference equation for evolving price

$$p_{t+1} = p_t + (a - bp_t) - c(-c + dp_t) = a + c + (1 - b - d)p_t. \quad (2)$$

Supply function of labour force for backward banding is

$$S(p)_t = a + bp - ep^2 \quad (3)$$

and similarly for sigmoid contour is

$$S(p)_t = a + bp - ep^2 + gp^3 \quad (4)$$

The equation of quadratic supply of labour forces with deluge of supply subjects expectations of future wage rates one can writes as difference equation

$$p_t = \frac{c-a}{d} - \frac{b}{d}p_t^{(e)} + \left(\frac{e}{d}p_t^{(e)}\right)^2, \text{ when are varying by } p_t^{(e)}, \quad (4a)$$

or expressed as topological map

$$T : \left\{ p_t = \frac{c-a}{d} - \frac{b}{d}p_t^{(e)} + \left(\frac{e}{d}p_t^{(e)}\right)^2 \right. \quad (4b)$$

Following down we are used two simulation in Excel and two in STELLA to demonstrating the complex behaviour of the labour market with quadratic and cubic supply function of labour force (fig. 1 – 3).

More sophisticated approach to simulation market process in form of cobweb model we were find in J. Arifovic essay [6]. She is using for that task genetic programming as a multiagent system. On her model were attached two scholars Shu-Heng Chen and Chia-Hsuan Yeh [21, see pp.5-6] and shows that the rational expectations equilibrium price which can be discovered by genetic algorithms can also be discovered by genetic programming. Furthermore, they furnished that genetic programming requires much less prior knowledge than genetic algorithms.

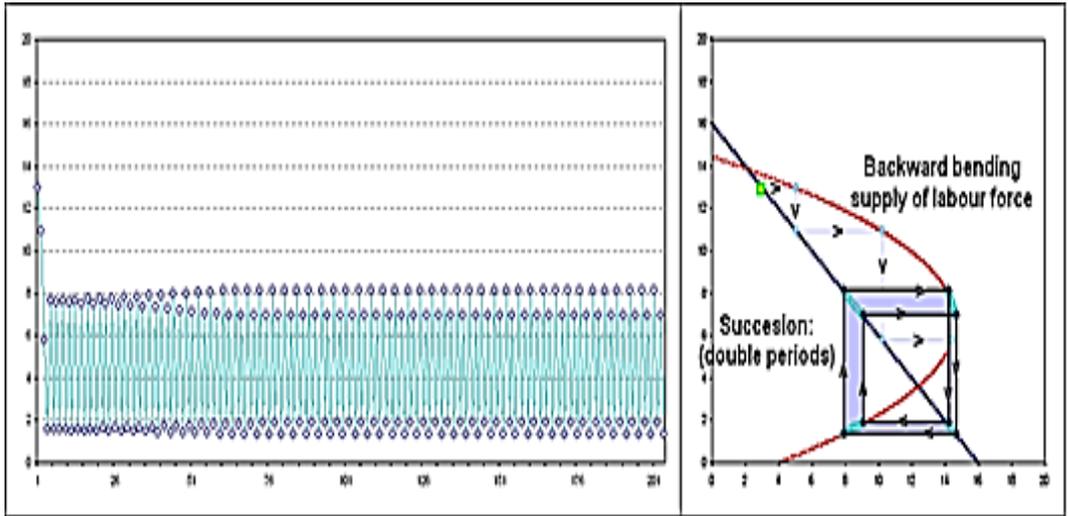


Figure 1. Succession (adaptation) of price to double cycle in Excel

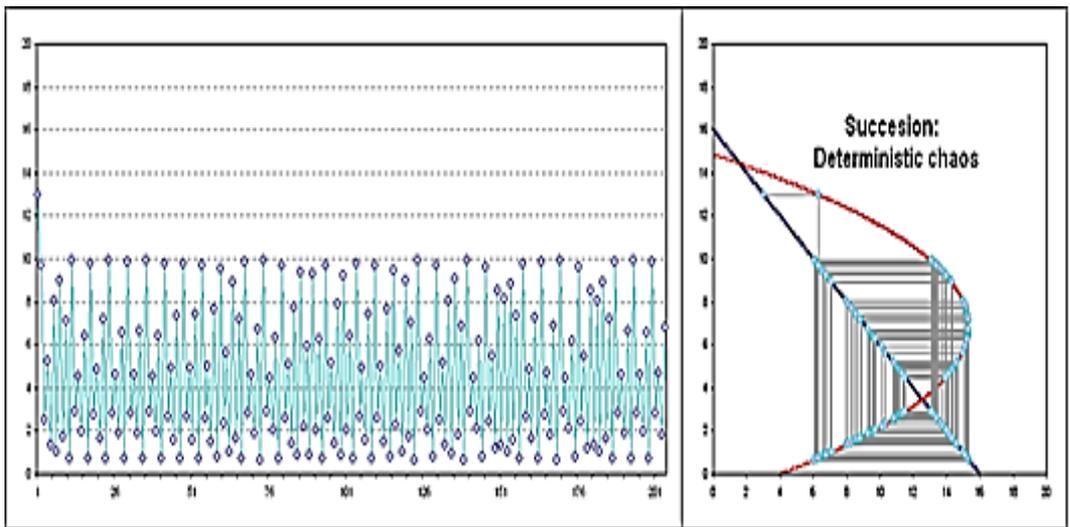


Figure 2. Emerging some type of deterministic chaos in Excel

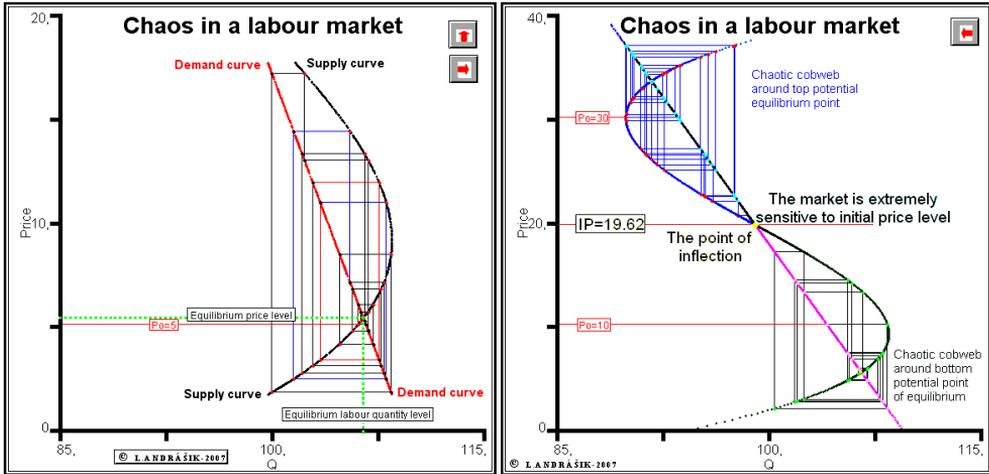


Figure 3. Author's simulation experiment in STELLA demonstrates deterministic chaos

For example and to compare with Mišota mental model we are debate some issue of theirs model. They consider a competitive market composed of n firms which produce the same goods by employing the same technology and which face the same cost function described in equation (5).

$$C_{i,t} = xq_{i,t} + \frac{1}{2} ynq_{i,t}^2 \quad (5)$$

where $C_{i,t}$ is the cost function of firm i at time t , n is the number of firms, $q_{i,t}$ is the quantity supplied by firms i at time t , and x and y are the parameters of the cost function. The expectation of price P_t is expressed as $P_{i,t}^e$. The formation of $P_{i,t}^e$ is determined by genetic programming. Given $P_{i,t}^e$ and the cost function $C_{i,t}$, the expected profit of firm i at time t ($\Pi_{i,t}^e$) can be expressed as follows

$$\Pi_{i,t}^e = P_{i,t}^e q_{i,t} - C_{i,t} \cdot \quad (6)$$

Given $P_{i,t}^e$, $q_{i,t}$ is chosen at the level such that $\Pi_{i,t}^e$ can be maximized and, according to the first order condition, is given by

$$q_{i,t}^e = \frac{1}{yn} (P_{i,t}^e - x) \cdot \quad (7)$$

Once $q_{i,t}$ is decided, the aggregate supply of the goods at time t is fixed and the P_t which sets demand equal to supply is determined by the demand function

$$P_t = A - B \sum_{i=1}^n q_{i,t}. \quad (8)$$

Given P_t , the actual profit of firm i at time t ($\Pi_{i,t}$) is

$$\Pi_{i,t} = P_{i,t} q_{i,t} - C_{i,t}. \quad (9)$$

In a representative-agent model, firms are assumed to hold identical expectations and hence identical production, i.e., $P_{i,t}^e = P_t^e$ and $q_{i,t} = q_t$ for all i . In this case, equation (8) can be rewritten as follows

$$P_t = A - B \sum_{i=1}^n n q_t = A - B \frac{1}{y} (P_t^e - x). \quad (10)$$

We hope that the reader will judge that Mišota's model is more convenient for purposes of our goals of essay than former demonstrated up based on equations (5-10) and based on compare of following explanation. Actually better demonstration we can show by one of bottom-up methods as we written earlier is a computational economy of MAS type – the subject of this section. On the background of variable occurrences of contemporary world globalisation and economic shocks in the EU, it is timely and useful to develop new imaginations on the functioning of economies. These imaginations should significantly assist us in the investigation and understanding of real-life economic processes. We deal with some possibilities of simulation experimentation with the model of virtual economy in the interest area of labour force market. Environment of computational economy created by up-down manner however contains also some formalism of conventional economics which are transformed into digital form. As such they can be the precursors of introduction beginning values of parameters for simulation model of economy. In the structure of multiagent approach we are imaging with three chief and essential types of agents that is with: firms, households and with the producers of technologies. Figures 4, 5 and 7 are showing information about agents, and its environment. In comparison with earlier commented approach it is for example important that in Mišota's conception there are following categories of virtual market mutually cooperating with one to others (and naturally all different agents too):

⁸ That model is rewritten from [21, pp. 5-6] only with moderate differences.

- **Labour forces market** – there are household supplying their labour forces as important means of production to producers of technologies and to goods and services ones.
- **Market of technologies** – technologies is very important factors of production, because the quantity and quality of usefulness goods and services rests also on them.
- **Market of usefulness goods and services** – generate possibilities to satisfaction of demands of usefulness goods and services that is of final consumers and producers of technologies too.
- **Market of money** – is a loci, where are going on reallocation of money and/or financial leisure/idle resources, brokered with systems of bank.

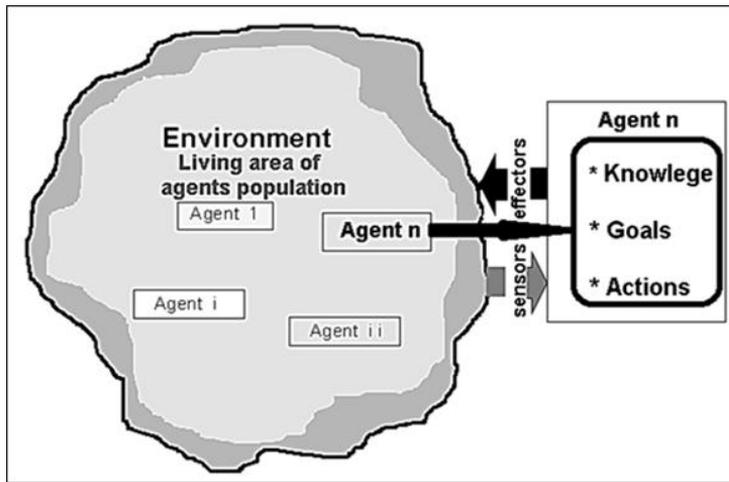


Figure 4. Population of agents as a component of environment and **Agent n** interacting with its

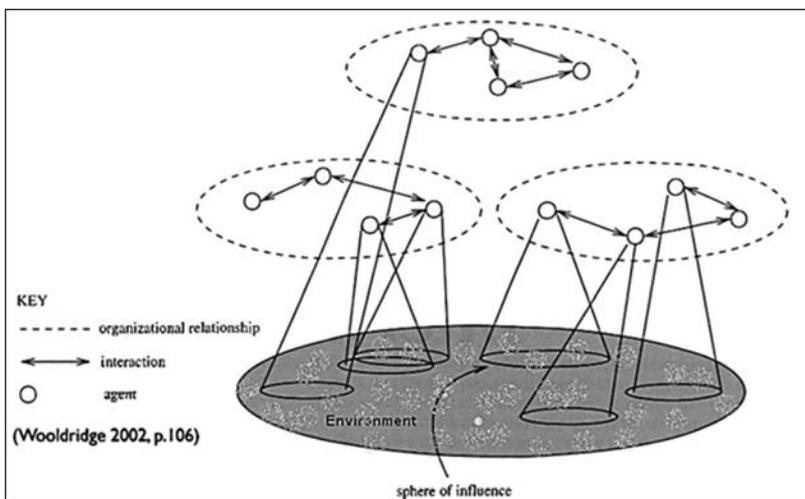


Figure 5. Typical structure of a multiagent system

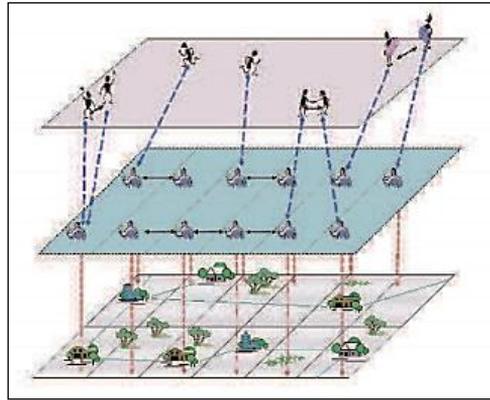
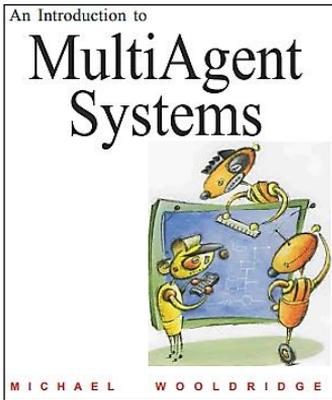


Figure 6. Faximile of book cover

Figure 7. Abstract image of Agent-Environment System scheme by Mili & Steiner, 2008

In fig. 6 there is a title cover of M. Wooldridge book. Instead of excessive verbal texts we are bringing four scheme of Mišota doctorand research results only moderately modified with us. But it is needed some comments about his research as a whole. He is using some knowledge on computational agents and multi-agent system for ramification his model building idea.

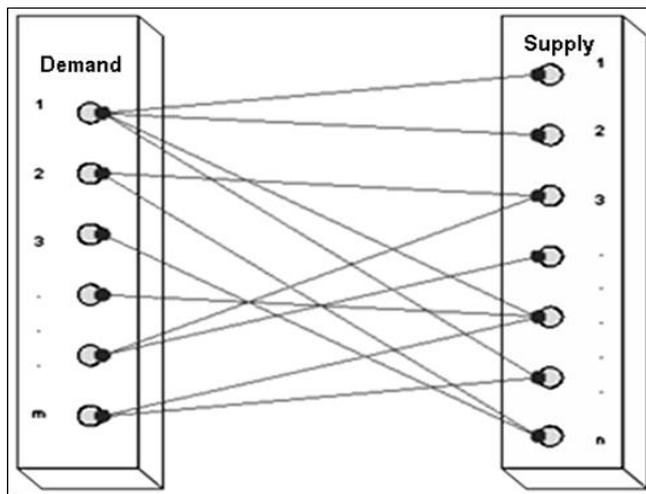


Figure 8. The links between Demand and Supply sides of a market

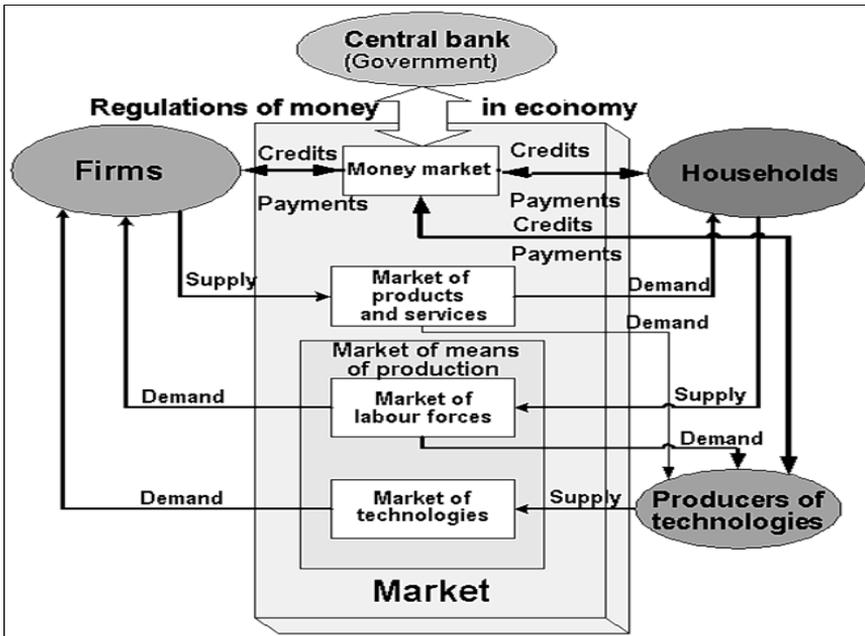


Figure 9. Original scheme made by B. Mišota in his doctorand research⁹

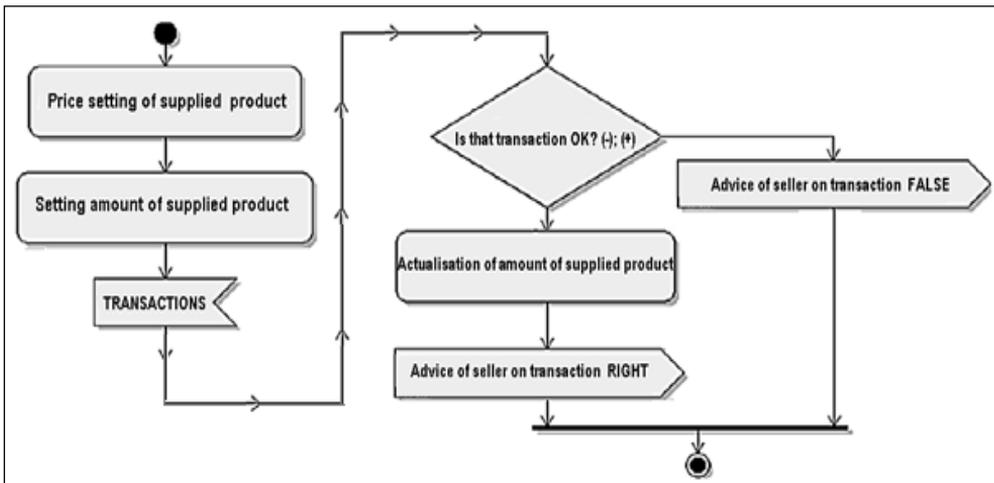


Figure 10. The scheme of interactions among subjects in contextual environment

⁹ B. Mišota's scheme was originally in Slovak language, we are only moderately customized his original one.

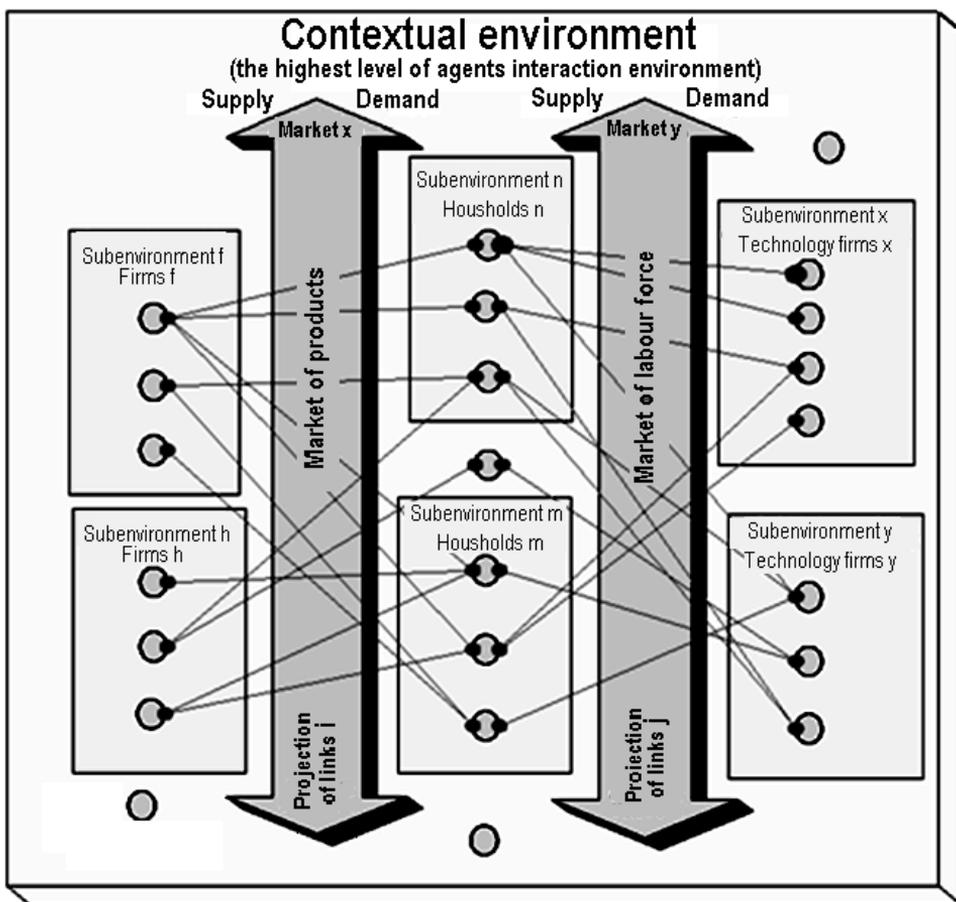


Figure 11. Scheme of activity TRANSACTION

There are these four entities (basic subjects) in the simulation model: Households, Firms, Government (represented by Central Bank) and the Market as a whole (represented by four different markets specified earlier. There was introduced entity as producing of technologies for both sectors: - of producing technologies and - for consumer goods and services ones too. For functioning of simulation model it is important the direct arrangements its structure. Further it is need to create appropriate existential environment for all types of agents. We hope that readers comprehend deeper connections of model and its inner relates by substantial studying the appended schemes and graphs in fig. 4 – 5 and fig 7 – 13.

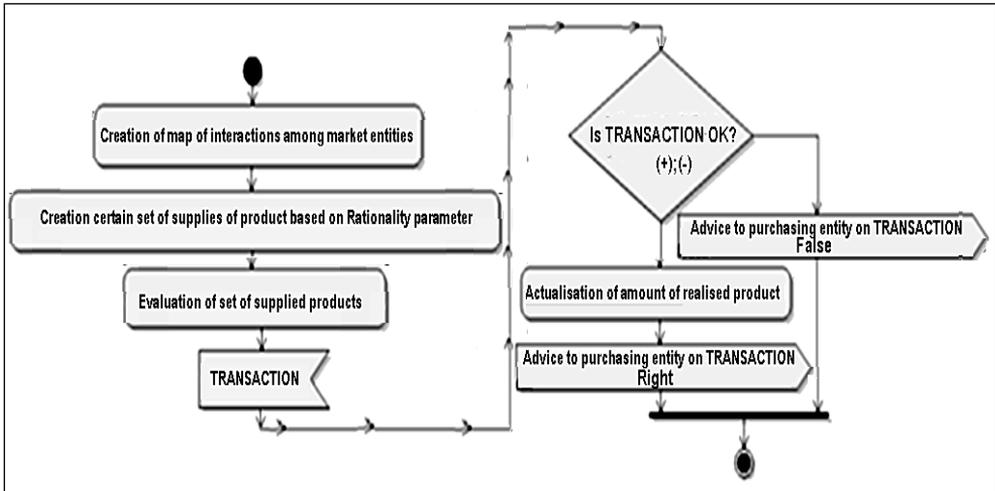


Figure 12. Scheme of activity SUPPLY

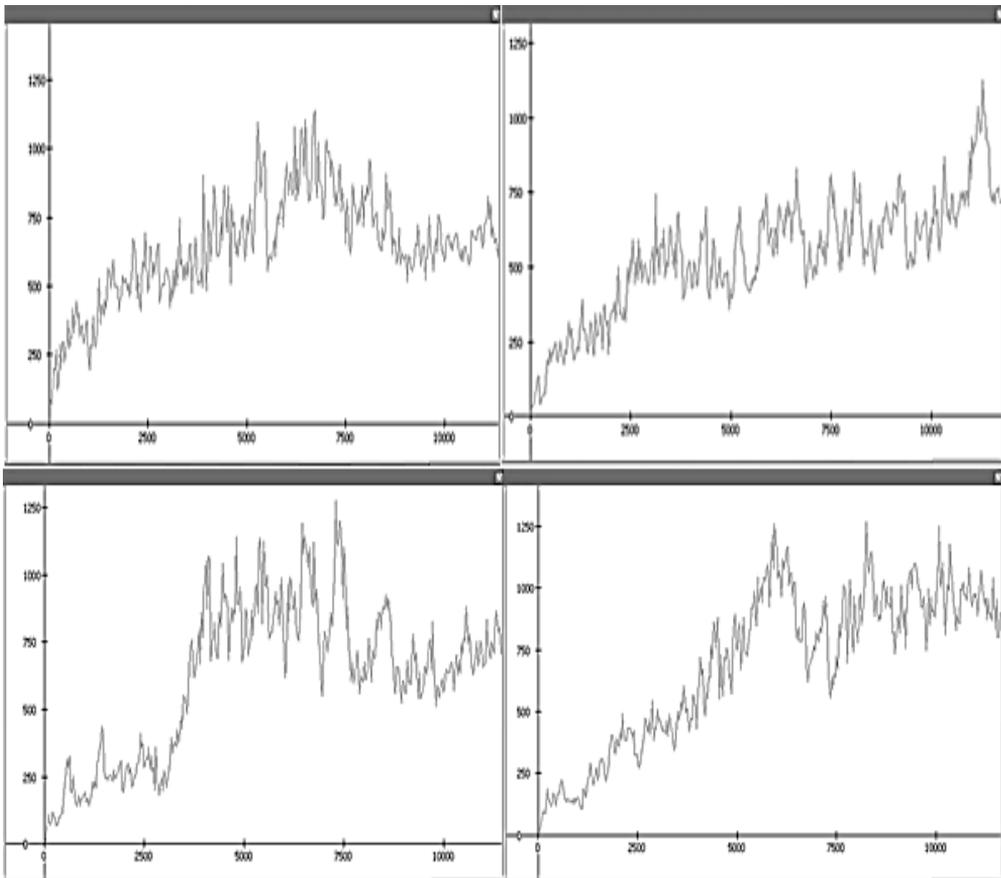


Figure 13. Evolution of interactions among agents in terms of wage rates

We are presenting for shortage of area only four results of modelling and simulations of interactions among agents by the means of labour force price (wage rate) fig. 13.

The readers who are deeper interest about Mišota's research and achieved with him result can them directly connect by his e-mail:

branislav.misota@gmail.com.

► **Conclusion**

There are several reasons why economists and generally speaking social scientist have serious difficulties with learning about economy as a whole in objective reality. We are focused attention only to six characters of an economic system and/or organism that is:

– Biologically Populated; – Social; – Complex; – Evolutionary; – Hierarchical; – Political; – Ecologically structured; – Networked; and – Directly Nonobservable ones.

These special natures of economy in objective reality forced different scholars to use very advanced approaches, methods and tools mainly based on conveniences coming from ICT and/or CI revolution. Mainly directly impalpability of an economy in objective reality needs us to construct vicarious economy by help of ICT/CI devices. There are at least two approach to construct such ones: the first is mode from up to down and the other is from bottom to up, in last with using principle of minima prerequisites of constructor subject.

For advanced economic reasoning it has be great important to use approaches going from sciences of complexity. We are also as several other scientists reflecting on the fast growing complexity sciences (particularly over the last three decades) and their challenging and progressing mix-up with socio-economic investigation. However maybe hardly anybody among our readers knows that complexity sciences are not discovery of every last decades. As we know the first scholar who are directly reasoning and writing on complexity and their significance in science was W. Weaver [37] immediately after end of WWII. We are convinced of the need to use for socio-economic research of wide scale of new approaches among others complexity theory and complexity science, computational modelling and the new science of networks, swarm intelligence and big data, agent-based simulation and computational neural nets, geospatial complexity and complex systems theory, e-science and ecological systems theory, global network society, and others [35-36]. These are the future paths in socio-economic research and education.

The first approach to creating computational economics was based on mode up-down building economic models. It is starts on the ability to conceptualize an economic problem verbally, creating the so called mental model. Further such ones are formulate to different mathematical models, and then are represent the formal

ism in appropriate software so that the model can be run (simulated) on a computer. This approach, i. e. up-down built economic models is coming to be a crucial skill for economists at present. This up-down class of computational economics uses known economic copybook models, and also some brand-new ones. Our approach is fundamentally different from earlier mentioned approach because is based on mode from bottom to up building models, which are somewhat independent from elemental imaginings of economists. We were shown that one on some scheme and graphs culled from research of our doctorand M. Mišota [27]. On the other hand, it is needless to say there are some successful Agent-based models of small portions of the economy. Such are the models of the financial market built by LeBaron [19] he provide a plausible explanation for bubbles and crashes, reproducing liquidity crises and crashes that never appear in equilibrium models¹⁰. Also Axtell [8] has devised firm dynamics models that simulate how companies grow and decline as workers move between them. Unluckily the shortage of place not allows us to deal with them wider¹¹. For closer approaches to reveal differences between two developing modes that are up-down versus bottom-up we are used for demonstration three different realisations in upper part of this essay, which are: 1. Congenial model of supply-demand market customized for simulation running; 2. Genetic algorithms model of J. Arifovic [6] modified by Shu-Heng Hen & Chia-Hsuan Yeh [31]; and 3. Multi-agent model of this essay author's doctorand B. Mišota.

The revolution in ICT/CI is brings for socio-economic sciences wholly new very useful possibilities, approaches, methods and tool, but it will be not happy to dedicate them property exceedingly of panacea. Accordingly to that wait for us there a lot of to do together with informatics (integrative cooperation and coworking).

References

- [1] Anderson, P. W. at all., *The Economy as an Evolving Complex System*, Addison-Wesley, Redwood City, California, pp. xvii + 313, 1988.
- [2] Andrášik, L., 2016, *Metaeconomics: An Approach to Analysis and Comparison of Parallel Economies*, *Ekonomické rozhl'ady/Economic Review*, Vol.45, 3/2016, pp.350-369.
- [3] Andrášik, L., *Computational Intelligence Assisted Building, Writing and Running Virtual Economic Theories*. In: *Studies in Computational Intelligence*, Springer Verlag London. ISSN 1860-949X. Vol.313: *Computational intelligence in Engineering*, s. 247-261, 2010.

¹⁰ *Quod nota*: le Baron long since has foresaw that the use of computer simulated markets with individual adaptive agents in finance will be a new, but growing field in economic science.

¹¹ In the literature from informatics area there exists some explaining of market evolution using Multi-agent systems (see References).

- [4] Andrášik, L., New economic knowledge creation in the global knowledge-based society, In: *Overcoming Crisis-creation of the new model for socio-economic development of Slovakia*, Bratislava, Ekonóm, ISBN 978-80-225-2882-5, s. 125-152, 2010.
- [5] Andrášik, L., Computational economics (Qualitative economics aided by computational intelligence), In: *Virtual University 2009, 10th International Conference*, Bratislava, December 10-11, Bratislava FEI STU v Bratislave, ISBN 978-80-89316-11-3, CD-ROM, s. 10, 2009.
- [6] Arifovic, J., 1994, Genetic Algorithm Learning and the Cobweb Model, *Journal of Dynamics and Control*, Vol.18, No.1, January, pp. 3-28.
- [7] Axelrod, R., 1997, *The complexity of cooperation – Agent-based models of competition and collaboration*, Princeton, New Jersey, Princeton University Press.
- [8] Axtel, R., 2009, *Why agents? On the varied motivations for agent computing in the social sciences*, see also: *The potential of ABM in virtual worlds* (Crooks et al., 2009).
- [9] Bonabeau E., 2002, Agent-based modelling: Methods and techniques for simulating human systems, *Proc. Nat. Acad. Sci., USA*, 2002 May 14,99(Suppl. 3), pp.7280–7287.
- [10] Dotan, Leshem, 2016. "Retrospectives: What Did the Ancient Greeks Mean by Oikonomia?" *Journal of Economic Perspectives*, 30(1): 225-38.
- [11] Doyne Farmer, J. , Economics needs to treat the economy as a complex system, Department of Mathematics, the University of Oxford, Institute for New Economic Thinking at the Oxford Martin School, and Santa Fe Institute, 1399 Hyde Park road, Santa Fe, NM 87501, USA.
- [12] Doyne Farmer, J. and Foley, D., 2009, The economy needs Agent-based modeling, *Nature*, vol. 460|6 August 2009.
- [13] Harvey, D. L., & Reed, M., 1996, *Social science as the study of complex systems, (Chaos theory in the social sciences: Foundations and applications)*, pp. 295-323.
- [14] Horka, L.: Competitiveness among Entities in Multi-Agent System. In: *International Conference "The Impact of Accession of New Member Countries to the EU on Its Competitiveness"*: Bratislava, Slovak Republic, 16.6.2005. pp. 47-53. (in Slovak)
- [15] Horka, L.: Multi-Agent Simulations: Competition among Entities. In: *International Conference "EU's Ability to Compete in Global World before and after Enlargement"*: Bratislava, Slovak Republic, 16.6.2005. pp. 96-103.
- [16] Horka, L., Mišota, B.: Agriculture as Part of Multi-Agent Simulation Model. In: *Factors of Company Prosperity in the Conditions of European Agrarian Market*: Nitra, Slovak Republic, 22.9.2005. pp. 432-436. (in Slovak)
- [17] Horka, L., Mišota, B.: Simulation of Evolution Market Equilibrium Used with Multi-Agent Methods. In: *7th Conference for PhD Students ELITECH 2005*: Bratislava, Slovak Republic, 9.2.2005. pp. 49-50.
- [18] Krugman, P., 1996, *The self-organizing economy*, Cambridge, Massachusetts, Blackwell Publishers.

- [19] Le Baron, B., & Winker, P., 2016, Introduction to the Special Issue on Agent-Based Models for Economic Policy Advice, in: <https://www.degruyter.com/view/j/jbnst.2008.228.issue-2-3/jbnst-2008-2-302/jbnst-2008-2-302.xml>
- [20] Map of the complexity science (of Brian Castellani)
in: http://www.art-sciencefactory.com/complexity-map_feb09.html
- [21] Marks, R. E., 1992, Breeding hybrid strategies: Optimal behaviour for oligopolists. *Journal of Evolutionary Economics* 2, 17–38.
- [22] Marks, R. E., 1998, Evolved perception and behaviour in oligopolies, *Journal of Economic Dynamics and Control* 22, pp.1209–1233.
- [23] Marshall, A., 1890, *Principles of Economics*, London, Macmillan and Co., Ltd., 8th edition, 1920.
- [24] Maynard Smith, J., 1982, *Evolution and the Theory of Games*, Cambridge University Press, (21. 10. 1982 – 224 pages)
- [25] Maynard Smith, J., 1993, *The Theory of Evolution*, Cambridge University Press, (30. 7. 1993, 354 pages)
- [26] Mili, R., Z. & Steiner, R., 2008, Modelling agent-environment interactions in adaptive mas, pp. 135–147, Part of the Lecture Notes in Computer Science book series (LNCS, volume 5049), Springer Verlag.
- [27] Mišota, B., 2010, Dissertation thesis for acquiring scientific degree PhD., *Evolúcia virtuálneho trhu na báze multiagentových metód*, (Evolution of virtual market on the base of Multi-agent methods - Faculty of Electrical Engineering and Information Technology of Slovak University of Technology in Bratislava.
- [28] Moss, S., Davidsson, P. (Eds.), 2001, *Multi-Agent-Based Simulation, 1979*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Subseries of Lecture Notes in Computer Science, Springer, Berlin.
- [29] Orcutt, G. H., 1957, A New Type of Socio-Economic System, *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, No. 2 (May, 1957), pp. 116-123.
- [30] Pettman, B. O., 1977, Socio-Economic Systems, *International Journal of Social Economics*, Vol. 4, Issue: 2, pp.101-119.
- [31] Robbins, L., 1932, *An Essay on the Nature & Significance of Economic Science*, Macmillan Or Co., Limited St. Martin's Street, London.
- [32] Shu-Heng Hen & Chia-Hsuan Yeh, 1997, Genetic Programming Learning and the Cobweb Model, in: *Advances in Genetic Programming 2*, in P. Angeline and K. E. Kinnear, Jr. (eds.), Chapter 22, Cambridge, MA: MIT Press, and also in: <https://pdfs.semanticscholar.org/1977/44e01bf5ccf73dba0209ea20e5a867475dc6.pdf>
- [33] Simon, H. A., 1996, *The Sciences of the Artificial*, Third edition, MIT Press, London.
- [34] Smith, A., 1776, *An Inquiry into ... Wealth of Nations*, W. Strahan and T. Cadell, London, new edition in: <http://metalibri.wikidot.com/authors:adam-smith>
- [35] Tesfatsion, L., 2001, Introduction to the special issue on Agent-based computational economics, *Journal of Economic Dynamics and Control* 25, pp.281–293.

- [36] Tesfatsion, L., 2002, Agent-Based Computational Economics: Growing Economies from the Bottom Up, Economics Working Papers, No. 1, Iowa State University.
- [37] Weaver, W., 1948), Science and complexity, American Scientist, 36, pp. 536-544, See also:
http://www.art-sciencefactory.com/complexity-map_feb09.html
- [38] Wellford, C. P., 1989, A laboratory analysis of price and dynamics and expectations in the cobweb model, Discussion paper 89-15 (University of Arizona, Tucson, AZ).

.....

Prof. Ing. Ladislav Andrášik, DrSc.
Slovak University of Technology in Bratislava, Slovakia
Ladislav.Andrasik@gmail.com



Information system of assessment rating tool of student's knowledge when learning a foreign language

Информационная система рейтинговой оценки знаний обучающихся при изучении иностранного языка

Ekaterina Choporova, Andrey Preobrazhenski, Elena Alferenko

Екатерина Чопорова, Андрей Преображенский, Елена Алференко

Abstract:

One of the important tasks in professional education is to optimize the educational process. It concerns the use of methods of controlling the assimilation of educational materials. The purpose of using a rating system for students' knowledge evaluation is to create conditions to motivate the autonomy of students through appropriate means of assessing the results of their work. Rating system allows more objective assessment of students' knowledge, stimulates them in carrying out independent search of materials, the beginning of independent scientific research that leads to the development of the interest to the subject and, in psychological way, students move from passive spectators to active participants of the educational process. There are some special features in teaching foreign languages for technical universities, which consists in different levels of students' knowledge of foreign languages. The difference in language training significantly impedes the process of learning, because when students perform a very easy or a very difficult tasks, there is a decrease in motivation. The rating system is a universal tool for determining the quality of student learning, that is, a monitoring tool. We consider the problem of testing the knowledge of students, when given a certain number of questions. Firstly, knowledge is measured by means of traditional rating scale, and then goes to rating scale assessments. The relationship between the traditional and the rating scale is based on the interpolation approach. The rating scale has a certain flexibility, as in the course of evaluation we can take its lower, upper or secondary value. The article also gives the description of a software product, which is an information system of a rating estimation of students' knowledge.

Keywords:

Language education, testing, rating, information system.

ACM Computing Classification System:

*Computers and education-Computer Uses in Education
Computers and education-Computer and Information Science Education
Programming techniques-Object-oriented Programming*

Abstract:

Одной из важных задач в профессиональном образовании является оптимизация учебного процесса: это касается и использования методов контроля усвоения учебного материала. Цель использования рейтинговой системы оценки знаний обучающихся заключается в том, чтобы сформировать условия, мотивирующие самостоятельность студентов на основе соответствующих средств оценки результатов их работы. Рейтинговая система дает возможности для более объективной оценки знаний обучающихся, стимуляции их к проведению самостоятельного поиска материалов, началу самостоятельных научно-исследовательских работ, что ведет к развитию интереса к изучаемому предмету и психологическим образом обучающиеся переводятся из пассивных зрителей и слушателей в активных участников педагогического процесса. Существует некая особенность при обучении иностранным языкам в неязыковых вузах, состоящая в различном стартовом уровне иноязычной коммуникативной компетенции обучающихся. Разница в языковой подготовке студентов значительным образом затрудняет процесс обучения, поскольку, при выполнении слишком простых, либо, наоборот, слишком сложных заданий происходит снижение мотивации к их выполнению. Рейтинговая система является современным универсальным инструментом для определения качества обучения студентов, то есть, инструментом мониторинга. В статье рассматривается тестирование компетенций обучающихся при определенном количестве вопросов и оценивании знаний на основе традиционной шкалы оценок, а затем посредством рейтинговой шкалы оценок. Связь между традиционной и рейтинговой шкалой осуществляется на основе интерполяционного подхода. Рейтинговая шкала обладает определенной гибкостью, поскольку при проведении оценки мы можем взять ее нижнее значение интервала, верхнее или среднее. Дано описание программного продукта, представляющего собой информационную систему рейтинговой оценки знаний обучающихся.

Keywords:

Обучение иностранному языку, тестирование, рейтинг, информационная система.

► Введение

Также как в прикладных науках осуществляется непрерывный поиск возможностей усовершенствования действующих технологий, в области педагогических наук мы можем наблюдать постоянный поиск, связанный с совершенствованием методик преподавания. При этом ключевой задачей теоретических и методических направлений профессионального образования считается оптимизация учебного процесса, в том числе поиск совершенствования методов контроля усвоения учебного материала. При решении различных практических задач, связанных с повышением уровня образования, обеспечением требуемых компетенций при подготовке специалистов, может быть использована рейтинговая система оценки качества знаний студентов [1, 2].

Данная система эффективна для оценок разных дисциплин. В данной работе рассматривается возможность использования рейтинговой системы при изучении иностранных языков. В данном случае необходимо учитывать степень усвоения, как устной речи, так и письменных навыков. При этом могут быть использованы соответствующие компьютерные технологии.

► 1 Анализ литературных источников

Сложность задач, связанных с оптимизацией обучения состоит в том, что для того, чтобы достичь высоких результатов требуется, чтобы был проведен подбор всех факторов, влияющих на эффективность учебных процессов, основываясь на анализе того, как они влияют на конечные результаты обучения и, тогда, их все можно было бы рассматривать как оптимальные [6-8].

Цель использования рейтинговой системы оценки знаний обучающихся заключается в том, чтобы сформировать условия для того, чтобы мотивировать самостоятельность студентов на основе соответствующих средств оценки результатов их работы. Рейтинговая система дает возможности для более объективной оценки знаний обучающихся, стимуляции их к проведению самостоятельного поиска материалов, началу самостоятельных научно-исследовательских работ, что ведет к развитию интереса к изучаемому предмету и психологическим образом обучающиеся переводятся из пассивных зрителей и слушателей в активных участников педагогического процесса. Существует особенность при преподавании иностранных языков для технических вузов, которая состоит в том, что наблюдаются большие разбросы уровней знаний студентов по иностранным языкам. Разница в языковой подготовке студентов значительным образом затрудняет процессы обучения, поскольку, когда они выполняют очень легкие и очень сложные задания, происходит снижение мотивации к их выполнению [9]. Рейтинговая система является современным универсальным инструментом для определения качества обучения студентов, то есть, инструментом мониторинга. Еще одна особенность при обучении в технических вузах состоит в том, что число обучаемых в группе может быть довольно большим. Рост числа человек в группе может разным образом влиять на то, какие возможности тренировки по определенным навыкам [10, 11]. Число человек, находящихся в аудитории, когда выполняются упражнения на аудирование, не оказывает серьезного влияния на учебный процесс. Но, если мы рассматриваем говорение, то

рост числа обучающихся будет идти с закономерностью обратно пропорциональной времени, при котором тестируемый имеет возможности разговаривать на иностранном языке [12].

Указанные особенности при изучении иностранных языков, по-видимому, с точки зрения воздействия на характеристики эффективности учебного процесса имеют скорее негативную, чем позитивную составляющую. Однако, при этом, студенты технических вузов имеют определенные преимущества, если сравнивать их и другие категории обучаемых. Поскольку для своей дальнейшей профессиональной деятельности, которая связана с различными техническими достижениями, студентами технических вузов, во многих случаях, проявляется больший, если сравнивать с другими обучаемыми, интерес к процессам развития информационных технологий, а также они имеют больший опыт работы с разными компьютерными программами, то это может значительным образом расширить их возможности по общению с носителями языка для разных стран. Процессы общения могут осуществляться как при помощи переписки, так на основе аудио или видео связи посредством сети Интернет. На базе современных технологий, распространенных во всемирной компьютерной сети, есть возможности для осуществления и аудио-, и видеосвязи при минимальных финансовых затратах. Кроме Интернета, умения по работе с персональными компьютерами дают возможности для студентов использования вспомогательных и обучающих компьютерных программ, которые постепенным образом становятся все более совершенными.

Проведение поиска соотношения типов речевой деятельности (аудирование, чтение, письмо, говорение), которое дает возможности по достижению высоких результатов при обучении, представляет собой одну из нерешенных на настоящий момент проблем взаимосвязанного обучения [13]. Осуществление выработки теоретическим образом обоснованных и экспериментальным образом проверенных рекомендаций по тому, как соотносятся типы речевой деятельности, когда организуется учебный процесс, дало бы возможности для повышения эффективности учебного процесса.

В настоящее время в образовательной деятельности, наряду с задачами и развивающими вопросами, заметную роль приобрели задания в тестовой форме. Система тестирования – современный универсальный инструмент для определения качества обучения студентов, то есть, инструмент мониторинга и прогнозирования. Являясь одновременно контролирующей и диагностической системой,

Педагогический мониторинг дает возможности для регулярного отслеживания качества усвоения знаний и умений в учебных процессах, предоставляет преподавателю объективную и оперативную информацию об уровне усвоения студентами обязательного учебного материала. В этой связи тестирование обеспечивает актуальную технологию мониторинга как действенное средство и метод контроля. Педагогическое тестирование – это метод измерения обученности студентов, состоящий из системы тестовых заданий, стандартизированной процедуры проведения, обработки и анализа результатов [14-16].

В своей диагностической функции тестирование выявляет уровень усвоения учебного материала. Тестовые задания могут быть созданы для слабых или сильных

обучающихся, для тех, кто интеллектуально одарен или менее способен, для того, чтобы проводить самостоятельную работу и компьютерную самопроверку уровней подготовленности, для того, чтобы проводить аттестацию или профессиональный отбор. В зависимости от цели, определенные характеристики заданий могут быть изменены, в особенности это касается содержания и уровня трудности.

Рассматривая соотношение объемов языкового материала в связи с соотношением видов речевой деятельности посредством количественной характеристики, можно предположить перспективы для оптимизации тестирования при изучении иностранного языка следующим образом. При направленности на намного более трудоемкое обучение устной речи на иностранном языке студентов технических вузов соотношение объемов языкового материала для проведения тестирования должно также составлять: аудирование – 25 %, чтение – 25 %, письмо – 17 %, говорение – 33 %.

Целью данной работы явилась работка модели и алгоритма рейтинговой оценки знаний учащихся при изучении иностранных языков и реализация их в информационной системе.

2 Методика

Рассмотрим задачи интерполяции, позволяющие научно обосновано оценить знания учащихся по результатам их тестирования [17].

Постановка задачи следующая. Дано: n – число вопросов контроля знаний; X_i , ($i = 1, 2, \dots, n$) – балл, получаемый учащимся по i -тому вопросу в традиционной системе оценки знаний.

Надо определить оценку знаний баллами рейтинг-системы.

Задача решается при таких допущениях: обучаемый не аттестуется при оценке неудовлетворительно; традиционными оценками знаний являются: удовлетворительно, хорошо, отлично, кодируемые соответственно числами 3, 4, 5.

Проведем решение задачи. Обозначим:

x — балл в традиционной системе оценки знаний;

z — балл в рейтинг-системе, соответствующий баллу x . Тогда зависимость $z(x)$ может быть представлена в таблице 1.

Теперь задача состоит в определении математической модели в виде функции $z = f(x)$ и решается она методами интерполяции. Особенность данной задачи состоит в том, что таблица соответствия в строке z не содержит числовых значений.

Таблица 1. Зависимость $z(x)$

x	Соответствие баллов современной и рейтинговой систем оценки знаний		
z	3	4	5
	z_3	z_4	z_5

Наши данные не являются ни опытными, ни расчетными, поэтому они не содержат ошибок. Это дает нам право использовать точные методы интерполяции. Наиболее удобным из них является классический метод сведения задачи интерполяции к решению системы линейных алгебраических уравнений. В этом случае система будет иметь вид:

$$\left. \begin{aligned} z_3 &= a + 3b + 9c \\ z_4 &= a + 4b + 16c \\ z_5 &= a + 5b + 25c \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Здесь также можно применить полиномиальную интерполяцию, приближенную в узлах. В случае, когда число неизвестных интерполяционного полинома (а, b, с) равно числу узлов (x_1, x_2, x_3), можно получить точное решение. Используется метод наименьших квадратов.

При традиционных методах контроля знаний оценка обычно выставляется по значению среднего балла, полученного обучаемым при ответе на p вопросов. Количество средних значений при ответе на p вопросов будет $2/2+1$. При этом среднее значение балла традиционной системы будет иметь одно из значений:

$$x_{cp} = \frac{3n - k}{n} = 3 + \frac{k}{n}, k = 0, 1, 2, \dots, 2n \quad (2)$$

Здесь:

p – число заданных вопросов, k – сумма баллов, каждый из которых является дополнением к оценке 3 по любому из вопросов.

Из (1) и (2) получим следующее выражение для оценки знаний баллами рейтинг-системы:

$$\varphi = z_3(1 - 1.5\gamma + 0.5\gamma^2) + z_4\gamma(2 - \gamma) + 0.5z_5\gamma(\gamma - 1) \quad (3)$$

$$\text{Здесь } \gamma = \frac{k}{n}.$$

Важнейшей особенностью полученной функции интерполяции $\varphi(x)$ является ее независимость от диапазона баллов рейтинг-системы. Это может быть стобалльная, двенадцатибалльная или любая другая система. Достаточно только знать таблицу соответствия баллов рейтинг-системы и традиционной системы оценки знаний. Мы рассматриваем таблицу 2, полученную методами экспертных оценок и итераций.

Таблица 2. Соответствие баллов рейтинговой и традиционной систем оценки знаний

x	3	4	5
z	51-73	74-90	91-100

На основании этой таблицы экзаменатор может установить рейтинг студента в достаточно широком диапазоне баллов. Формула (3), полученная методами интерполяции, устраняет произвольный выбор и позволяет объективно оценить знания учащегося баллами рейтинг-системы по стобалльной шкале. При этом существует множество вариантов выбора значений z_3, z_4, z_5 , из которого целесообразно выделить следующие три наиболее предпочтительные:

Пессимистический – значениям x , соответствующим оценкам 3, 4, 5, приписываются нижние значения z , отвечающие баллам 51, 75, 100. Этот вариант соответствует высоким требованиям экзаменатора.

Оптимистический – значениям x , соответствующим оценкам 3, 4, 5, приписываются верхние значения z , отвечающие баллам 75, 85, 100.

Усредненный – значения баллов соответствуют средним значениям диапазона z , т. е. $z_3=63$, $z_4=80$, $z_5=100$.

Во всех предлагаемых вариантах принято $z_3=100$, что необходимо для реализации стабильной системы в любом из вариантов.

Подставляя в (3) значения z_3 , z_4 , z_5 , получим основные формулы оценки знаний баллами рейтинг системы:

вариант пессимистический:

$$z = 51 + 25.5\gamma - 0.5\gamma^2 \quad (4)$$

вариант усредненный:

$$z = 63 + 16.5\gamma + \gamma^2 \quad (5)$$

вариант оптимистический:

$$z = 15 + 7.5\gamma + 2.5\gamma^2 \quad (6)$$

Интерполяционный полином (3) не учитывает того, что учащийся может по одному из вопросов получить неудовлетворительную оценку, но, тем не менее, быть аттестованным, поскольку по остальным вопросам был дан положительный ответ. В этом случае зависимость $z=f(x)$ представляется в таблице 3.

Таблица 3. Зависимость традиционной и рейтинговой систем оценки знаний

x	2	3	4	5
z	z_2	z_3	z_4	z_5

Ответом будет следующая функция:

$$\varphi(x) = -z_2(0.17x^3 - 2xi + 7.8x - 10) - z_3(0.5x^3 - 5.5xi + 19x - 20) - z_4(0.5x^3 - 5xi - 15.5x - 15) - z_5(0.17x^3 - 1.5xi + 4.33x - 4)$$

К оценке "отлично" предъявляются более высокие требования, чем к оценке "хорошо", а тем более "удовлетворительно". Это является основанием предполагать, что функция $z = f(x)$ не должна быть линейной. Так как таблица соответствия представлена только наполовину в числовом виде, то все методы выбора вида функции интерполяции здесь не могут быть применены. Исследователь вправе выбрать любую из функций. Предположим, что функция $z = f(x)$ представлена полиномом n -ой степени. Выбор степени полинома здесь очевиден – в таблице соответствия содержатся только три значения узлов интерполяции. Тогда степень интерполяционного полинома $n = 2$ будет иметь вид:

$$f(x) = a + bx + cx.$$

Наши данные не являются ни опытными, ни расчетными, поэтому они не содержат ошибок. Это дает нам право использовать точные методы интерполяции. Наиболее удобным из них является классический метод сведения задачи интерполяции к решению системы линейных алгебраических уравнений. В этом случае система будет иметь вид:

$$\left. \begin{aligned} z_3 &= a + 3b + 9c \\ z_4 &= a + 4b + 16c \\ z_5 &= a + 5b + 25c \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Здесь также можно применить полиномиальную интерполяцию, приближенную в узлах. В случае, когда число неизвестных интерполяционного полинома (a , b , c) равно числу узлов (x_1 , x_2 , x_3), можно получить точное решение.

Описание программного продукта. Рассмотрим описание программного продукта подсистемы рейтинговой оценки знаний учащихся.

На рисунке 1 представлено главное окно программы рейтинговой оценки знаний учащихся (студентов). В данном окне приведены: список групп, Ф.И.О. и курс, учащихся (студентов):

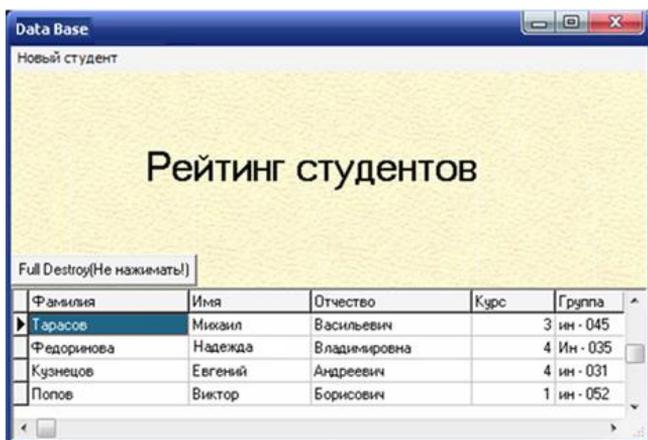


Рисунок 1. Информация об учащихся

При наведении курсором мыши на вкладку “новый студент” (рис. 2), появится окно, при помощи которого можно добавить к списку нового учащегося (студента):



Рисунок 2. Новый студент

Теперь рассмотрим окно, которое появилось при выборе свойств учащегося.

В данном окне приводятся расчетные данные по определенному учащемуся:

-«У» – Текущая успеваемость

-«Т» – Тестирование

-«П» – Практические навыки

-«КЛ» – Коллоквиум

-«КН» – Контрольные

«С/Б» рассчитывается по формуле:

$$R = \frac{(U * 20\%) + (T * 10\%) + (P * 20\%) + (KL * 30\%) + (KN * 20\%)}{100\%} \quad (8)$$

- «Баллы» – по оптимистическому, пессимистическому или усредненному методу, который мы можем выбрать на вкладке: “Выбор модели оценки знаний”, в данной графе мы получаем значения наиболее точного рейтинга данного учащегося.

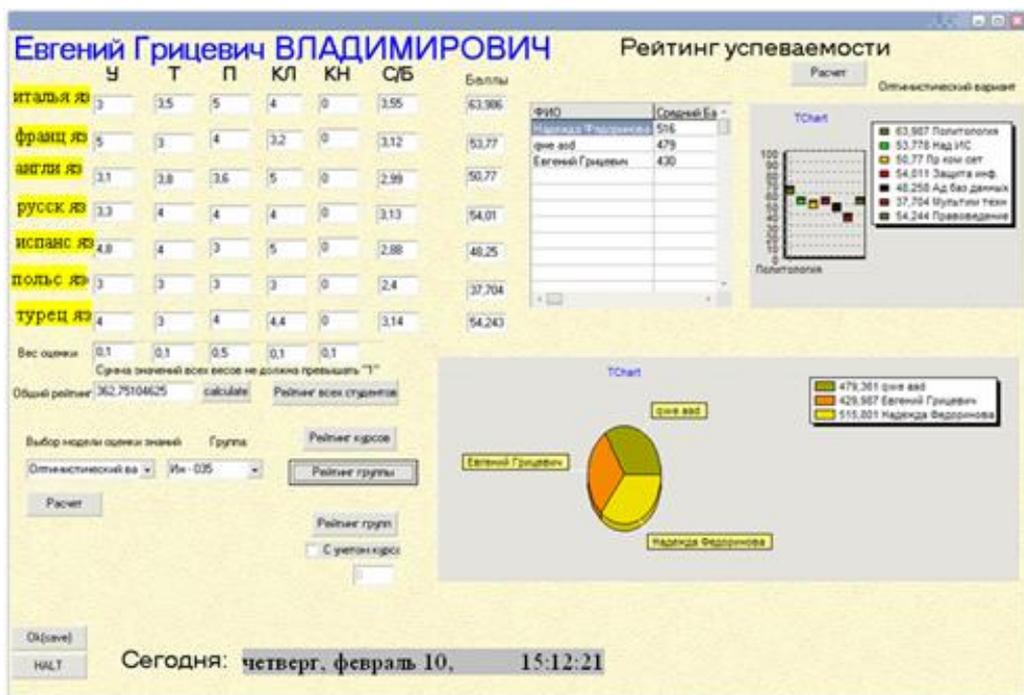


Рисунок 3. Расчетные данные

При нажатии на вкладку в правом верхнем углу (“Расчет”), появится график рейтинга успеваемости учащегося (рис. 3), на котором показан рейтинг по каждому из предметов.

На данном графике мы можем посмотреть рейтинг группы учащихся (рис. 4). В верхней колонке над графиком, также приводятся имена и средний балл каждого студента из группы.

Выводы

В работе рассмотрена задача оценки знаний обучающихся при изучении иностранных языков. Рассмотрена модель и алгоритм рейтинговой оценки знаний студента. На основе сформированного алгоритма разработано программное средство.

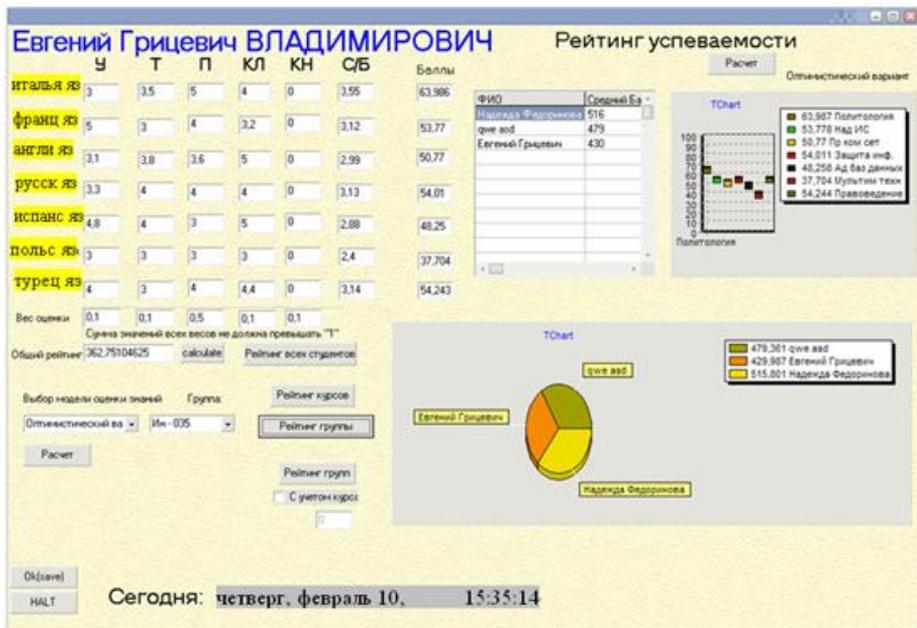


Рисунок 4. Рейтинг группы учащихся

Литература

- [1] Суховеев В. С. Структура и характеристики компьютерной программы контроля знаний студентов / В. С. Суховеев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 3 (10). – С. 12.
- [2] Бондарев Я. П. Интеллектуализация управления изменениями в деятельности вуза на основе мониторинго-рейтинговой информации / Я. П. Бондарев, Я. Е. Львович // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3. – С. 13.
- [3] Серостанова Н.Н., Чопорова Е.И. Организация «смешанного обучения» иностранному языку в неязыковом вузе с применением интерактивной доски / Н. Н. Серостанова, Е. И. Чопорова // Вестник Белгородского юридического института МВД России. – 2014. – № 2 (2). – С. 81-84.
- [4] Жилинская О. И. Технологии обработки информации и методы автоматизированного реферирования и аннотирования / О. И. Жилинская, Е. И. Чопорова // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 5-1. – С. 81-83.

- [5] Choporova E. I. Efficiency increase techniques of engineers orientation in a foreign language information area / E. I. Choporova // American Journal of Pedagogy and Education. – 2013. – № 1. – С. 006-008.
- [6] Павлова М. Ю. Вопросы адаптации выпускников вузов // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2013. – № 10. – С. 234-237.
- [7] Преображенский Ю. П. Некоторые аспекты информатизации образовательных учреждений и развития медиакомпетентности преподавателей и руководителей / Ю. П. Преображенский, Н. С. Преображенская, И. Я. Львович // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2013. – Т. 9. – № 5-2. – С. 134-136.
- [8] Львович Я. Е. Системно-деятельностный подход к процессу управления функционирования и развития вуза / Я. Е. Львович, И. Я. Львович, В. Г. Власов, В. Н. Кострова // Инновации. – 2003. – № 3. – С. 34-42.
- [9] Чопорова Е. И. Комплексный подход в формировании действий референта иноязычных текстов в техническом вузе / Е. И. Чопорова // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2014. – № 13. – С. 269-273.
- [10] Гузь В. С. Методические особенности использования программного обеспечения графического представления информации в процессе реферирования иноязычных профессионально ориентированных текстов / В. С. Гузь, В. С. Ивашов, Е. И. Чопорова // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 6-2. – С. 166-168.
- [11] Кострова В. Н. Оптимизация распределения ресурсов в рамках комплекса общеобразовательных учреждений / В. Н. Кострова, Я. Е. Львович, О. Н. Мосолов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2007. – Т. 3. – № 8. – С. 174-176.
- [12] Мотунова Л. Н. Профессиональное самоопределение студентов вуза как осознанный выбор карьерной стратегии / Л. Н. Мотунова, Ю. П. Преображенский, К. Т. Масаве // Наука и бизнес: пути развития. – 2013. – № 4 (22). – С. 147-150.
- [13] Чопорова Е. И. Методические особенности обучения компрессии иноязычного текста на основе формирования его понятийно-сетевой модели / Е. И. Чопорова // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2013. – Т. 9. – № 4. – С. 140-142.
- [14] Зайцева Л. В. Модели и методы адаптивного контроля знаний / Л. В. Зайцева, Н. О. Прокофьева // Educational Technology & Society. – Nr.7 (4), 2004 ISSN 1436-4522 (Международный электронный журнал). / Интернет. – <http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html>.
- [15] Лещева Н. А. Экспертно-ориентированное моделирование развития образовательной организации / Н. А. Лещева // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 3 (14). – С. 15.

- [16] Преображенский А. П. Методика учета достижений работников в компании / А. П. Преображенский, О. Н. Чопоров // Наука Красноярья. – 2017. – Т. 6. – № 1-2. – С. 279-283.
- [17] Половко А. М. Интерполяция. Методы и компьютерные технологии их реализации / А. М. Половко, П. Н. Бутусов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 320 с.
-

Ekaterina Choporova

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Voronezh Institute of High Technologies
E-mail: choporova_ekaterina@mail.ru

Anrey Preobrazhensky

Doctor of Sciences (Engineering), Associate Professor,
Voronezh Institute of High Technologies
E-mail: app@vivt.ru

Elena Alferenko

Candidate of Philology, Associate Professor,
Voronezh Institute of High Technologies
E-mail: elena_alferenko@mail.ru



International conference report: 2018 Cybernetics & Informatics

The 29th International Conference 2018 CYBERNETICS AND INFORMATICS (K&I) held from 31 January to 3 February 2018 in Lazy pod Makyitou, Slovakia, followed a series of conferences traditionally organized by the Slovak Society for Cybernetics and Informatics at the Slovak Academy of Sciences (SSKI) and the Faculty of Electrical Engineering and Information Technology, Slovak University of Technology in Bratislava. For the second time, the conference was organized under the auspices of the IEEE Control System Society and supported by major Slovak companies dealing with research, development and application of complex automatic control systems, and information and communication technologies.

Traditionally, the K&I conference venues were chosen in distinctive places in Slovakia. Visitors are offered high-quality accommodation, spa services and modern conference premises.

The conference aims to provide a general forum for researchers, university teachers and users dealing with practical problems of control and ICT with the focus on presentation of control methods and algorithms, their integration into modern information and communication technologies according to the latest development trends in Industrial Internet of Things (IIoT), and their industrial applications.

Webpage of conference: <http://ki2018.sski.sk/>

IEEE Catalog Number CFP18E30-PRT
ISBN 978-1-5386-4419-5

Papers included in the conference program cover a wide interdisciplinary range of topics:

- Methods and algorithms for modelling and control of industrial processes
- New information and communication systems with IoT techniques in control
- Embedded, distributed and networked control systems
- Application of control methods in industries

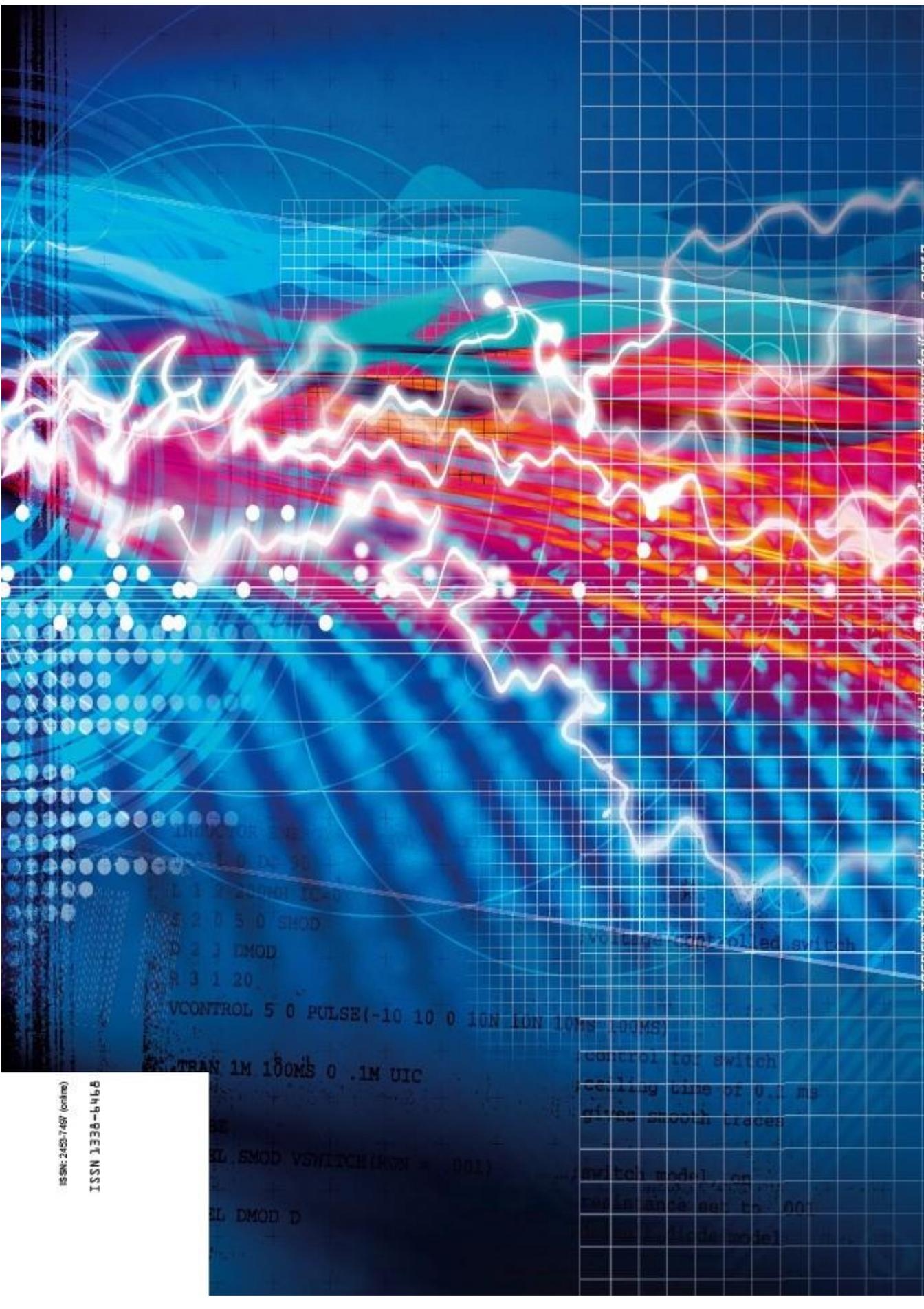


SLOVENSKÁ SPOLOČNOSŤ PRE KYBERNETIKU A INFORMATIKU PRI SAV
SLOVAK SOCIETY FOR CYBERNETICS AND INFORMATICS

List of Reviewers / *Состав рецензентов*

Issue 2/2017, in alphabetic order

Barabanov, V.F., Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia
Beleckaya, S.J., Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia
Benešová, V., Slovak University of Technology in Bratislava
Blyumin, S.L., Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia
Čičková, Z., University of Economics in Bratislava, Slovakia
Drahoš, P., Slovak University of Technology in Bratislava
Ferko, A., Comenius University in Bratislava, Slovakia
Grell, M., University of Economics in Bratislava, Slovakia
Kravets, O.Y., Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia
Ledeneva, T.M., Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia
Makarov, O.Y., Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia
Makhortov, S.D., Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia
Matveev, M.G., Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia
Pasternak, Y.G., Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia
Potančok, M., University of Economics in Prague, Czech Republic
Romanová, A., University of Economics in Bratislava, Slovakia
Ružický, E., Pan-European University in Bratislava, Slovakia



```

INDUCTOR SW
L 1 1 100N 10-0
R 2 0 5 0 SMOD
D 2 3 DMOD
R 3 1 20
VCONTROL 5 0 PULSE(-10 10 0 10N 10N 10MS 100MS)
TRAN 1M 100MS 0 .1M UIC
MODEL SW VSWITCH(MON = 001)
MODEL DMOD D

```

voltage-controlled switch
 control for switch
 settling time of 0.1 ns
 gives smooth traces
 switch model on
 resistance set to 001
 include model

ISSN: 2452-7457 (online)

9445-9EEET NSSI