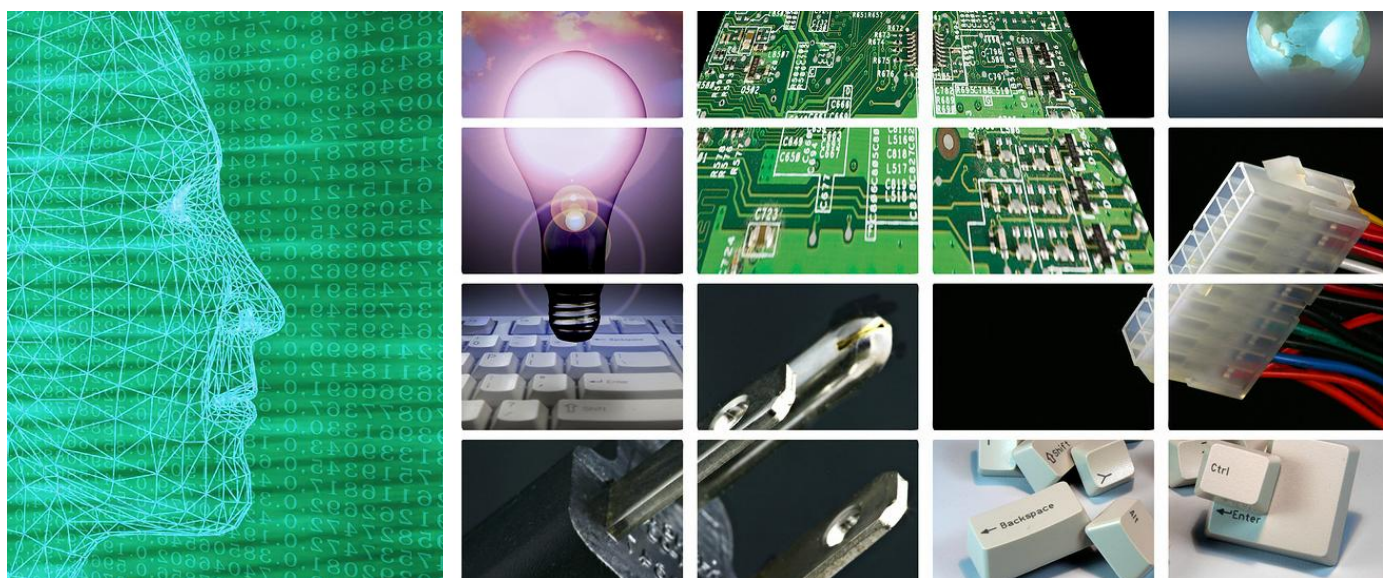




Година XIII, Брой 2/2015



Bulgaria Communications Chapter



Faculty of Computing & Automation

COMPUTER SCIENCE AND TECHNOLOGIES

*Трета научна конференция с международно участие
"Компютърни науки и технологии"
25-26 септември, 2015 г. Варна, България*

Year XIII, Number 2/2015

Компютърни науки и технологии

Издание

на Факултета по изчислителна техника и
автоматизация
Технически университет - Варна

Редактор: гл. ас. д-р Ю. Петкова
Гл. редактор: доц. д-р П. Антонов

Редакционна колегия:

проф. дтн. Д. Маевский (Одеса)
проф. дтн. С. Антошук (Одеса)
проф. дтн. С. Стойчев (София)
проф. д-р А. Смрикаров (Русе)
доц. д.н. Д. Тянев (Варна)
доц. д-р А. Антонов (Варна)
доц. д-р Е. Маринов (Варна)
доц. д-р Н. Рускова (Варна)

Печат: ТУ-Варна

За контакти:

Технически университет - Варна
ФИТА
ул. „Студентска” 1, 9010 Варна,
България
тел./факс: (052) 383 320
e-mail: peter.antonov@ieee.org
yulka.petkova@tu-varna.bg

ISSN 1312-3335

Computer Science and Technologies

Publication

of Computing and Automation Faculty
Technical University of Varna

Editor: Ass. Prof. Y. Petkova, PhD
Chief Editor: Assoc. Prof. P. Antonov, PhD

Advisory Board:

Prof. D. Maevskiy, DSc (Odessa)
Prof. S. Antoshchuk, DSc (Odessa)
Prof. S. Stoichev, DSc (Sofia)
Prof. A. Smrikarov, PhD (Ruse)
Assoc. Prof. D. Tyanev, DSc (Varna)
Assoc. Prof. A. Antonov, PhD (Varna)
Assoc. Prof. E. Marinov, PhD (Varna)
Assoc. Prof. N. Ruskova, PhD (Varna)

Printing: TU-Varna

For contacts:

Technical University of Varna
Faculty of Computing and Automation
1, Studentska Str., 9010 Varna,
Bulgaria
Tel/Fax: (+359) 52 383 320
e-mail: peter.antonov@ieee.org
yulka.petkova@tu-varna.bg

ISSN 1312-3335

СПОНСОРИ НА КОНФЕРЕНЦИЯТА

 http://www.researchmetrics.com	The complete ecosystem of tools and services for your research business™
 http://www.csc.com	A global leader in providing technology enabled business solutions and services
 http://www.telecoms.bg	ТЕЛЕКОМС ООД е телекомуникационен оператор, предоставящ услуги на регионални и локални интернет доставчици.
 http://www.eurorisksystems.com	EuroRisk Системи ООД предоставя софтуерни системи и услуги за банки, застрахователни и финансови институции и други доставчици на финансови услуги.
 http://www.asicdepot.com	ASIC Depot предоставя разширени услуги по проектиране, дизайн и верификация на мрежови процесори, мултимедия, контролери и периферия, мобилни приложения, софтуер за проверка и др.
 http://www.bg.adastragrp.com	АДАСТРА предлага информационен мениджмънт - пълна гама услуги, насочени към рационализация и ускоряване на бизнес процеси или обновяване на фирмена технологична инфраструктура.
 http://ciscoacademy.tu-varna.bg	Локалната Cisco Академия при ТУ-Варна провежда курсове по най-новите учебни програми на Cisco Networking Academy - Cisco CCNA Exploration и Cisco CCNA Security на български и английски език.
 http://msacademy.tu-varna.bg	Академията предлага модерно обучение и практически опит. Обучението се провежда от компетентни инструктори, сертифицирани по актуалните технологии на Microsoft.

СБОРНИК ДОКЛАДИ

*Трета научна конференция с международно участие
"Компютърни науки и технологии"
25-26 септември, 2015 г.
Варна, България*



*Third Scientific International Conference
Computer Sciences and Engineering
25-26 September, 2015
Varna, Bulgaria*

PROCEEDINGS

Организационен комитет	Organizing committee
Председател: Надежда Рускова – ръководител на катедра „Компютърни науки и технологии” Членове: Слава Йорданова Христо Вълчанов Виолета Божикова Христо Ненов Марияна Стоева Венета Алексиева Милена Карова Ивайло Пенев Юлка Петкова	Chairman: Nadezhda Ruskova – Head of Computer Science and Engineering Department Members: Slava Yordanova Hristo Valchanov Violeta Bozhikova Hristo Nenov Mariana Stoeva Veneta Aleksieva Milena Karova Ivaylo Penev Yulka Petkova

Програмен комитет	Programme committee
Председател: Петър Антонов – декан на Факултета по изчислителна техника и автоматизация Членове: Елена Рачева Димитър Тянев Анатолий Антонов Митко Митев Трифон Русков Марта Сийбауер Розалина Димова Емил Маринов Радослав Вробел Пламенка Боровска	Chairman: Peter Antonov – Dean of Computing and Automation Faculty Members: Elena Razcheva Dimitar Tyanev Anatoliy Antonov Mitko Mitev Trifon Ruskov Marta Seebauer Rosalina Dimova Emil Marinov Radoslav Vrobel Plamenka Borovska

СЪДЪРЖАНИЕ

CONTENTS

	АВТОМАТИКА И КОМПЮТЪРНИ СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ		AUTOMATION AND COMPUTER CONTROL SYSTEMS	
1	МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ДЛЯ ПОИСКА КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ В СЕТИ <i>Евгений Касьяненко, Эдуард Шутеев, Юрий Живица</i>	10	ELECTRONICAL CIRCUITS SIMULATION TO FIND THE SHORTEST PATH IN A NETWORK <i>Yevhen Kasianenko, Eduard Shuteev, Yuriy Zhivitsa</i>	1
2	СЛЕПАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ <i>Евгений Касьяненко, Эдуард Шутеев, Юрий Живица</i>	16	BLIND PARAMETER IDENTIFICATION OF DYNAMICAL SYSTEMS <i>Yevhen Kasianenko, Eduard Shuteev, Yuriy Zhivitsa</i>	2
3	КАПАЦИТИВЕН МОДЕЛ НА МЪЛНИЯ <i>Маргрета П. Василева, Метин Салтик, Сузан Ч. Мустафа, Мустафа Денкташ</i>	21	THE CAPACITOR MODEL OF LIGHTNING <i>Margreta P. Vasileva, Metin Saltik, Suzan C. Mustafa, Mustafa Denktash</i>	3
4	НАБЛЮДЕНИЕ НА АТМОСФЕРНОТО ЕЛЕКТРИЧЕСТВО И ЕФЕКТТЕ ОТ МЪЛНИИТЕ <i>Маргрета П. Василева, Метин Салтик, Сузан Ч. Мустафа, Зафер Танриверди</i>	26	THE OBSERVATION OF ATMOSPHERIC ELECTRICITY AND LIGHTNING EFFECTS <i>Margreta P. Vasileva, Metin Saltik, Suzan C. Mustafa, Zafer Tanriverdi</i>	4
5	СИСТЕМА ЗА ПОДДЪРЖАНЕ НА НИВО НА ТЕЧНОСТИ <i>Николай Вълков, Боян Петров, Донка Иванова, Ирена Вълкова, Георги Лехов</i>	31	LIQUID LEVEL CONTROL SYSTEM <i>Nikolay Valov, Boian Petrov, Donka Ivanova, Irena Valova, Georgi Lehov</i>	5
6	СТЪПКОВ РЕГРЕСИОНЕН АНАЛИЗ НА ВЛИЯНИЕТО НА НЕСИМЕТРИЧНИТЕ И НЕСИНУСОИДАЛНИ ТОВАРИ И ОТКЛОНЕНИЕТО НА НАПРЕЖЕНИЕТО ВЪРХУ ЗАГУБИТЕ НА АКТИВНА МОЩНОСТ В ПРОМИШЛЕНО ПРЕДПРИЯТИЕ <i>Росен Н. Василев, Пламен В. Парушев, Димитър Г. Генев</i>	38	STEPWISE REGRESSION ANALYSIS OF THE IMPACT OF ASYMMETRIC AND NON- SINUSOIDAL LOADS AND OFFSET VOLTAGE ON LOSSES OF ACTIVE POWER IN INDUSTRIAL PLANT <i>Rosen N. Vasilev, Plamen V. Paushev, Dimitar G. Genov</i>	6

7	ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРИЛОЖЕНИЯТА НА УЕЙВЛЕТ ФУНКЦИИТЕ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА СИСТЕМИ <i>Марияна Г. Тодорова, Ренета Д. Иванова</i>	44	RESEARCH ON WAVELET FUNCTION APPLICATIONS IN SYSTEM IDENTIFICATION <i>Mariana G. Todorova, Reneta D. Ivanova</i>	7
8	ОБЩ ПРЕГЛЕД НА СИСТЕМА ЗА ПРИДВИЖВАНЕ НА РОБОТ В ЛАБИРИНТ <i>Ивайло П. Пенев, Милена Н. Карова, Венцислав Г. Николов</i>	55	AN OVERVIEW OF A ROBOT MOVEMENT SYSTEM IN A LABYRINTH <i>Milena N. Karova, Ivaylo P. Penev, Vencislav G. Nikolov</i>	8
9	РАЗМИТО МНОГОМОДЕЛНО УПРАВЛЕНИЕ НА ЕДНОМЕРЕН НЕЛИНЕЕН ОБЕКТ <i>Никола Н. Николов, Веселин Й. Луков, Живко С. Жеков</i>	61	FUZZY MULTI-MODEL CONTROL OF SISO NONLINEAR OBJECT <i>Nikola N. Nikolov, Veselin Y. Lukov, Zhivko S. Zhekov</i>	9

	СТУДЕНТСКА СЕСИЯ		STUDENT SESSION	
1	P2P БОТНЕТ СИМУЛАТОР <i>Юлия А. Алексиева</i>	72	P2P BOTNET SIMULATOR <i>Yulia A. Aleksieva</i>	1
2	ПОДХОДИ ЗА ПОВИШАВАНЕ КАЧЕСТВОТО И НАДЕЖНОСТТА В ОБЛАСТТА НА DESIGN PATTERNS <i>Димитричка Ж. Николаева</i>	79	APPROACHES TO INCREASING THE QUALITY AND RELIABILITY IN THE FIELD OF DESIGN PATTERNS <i>Dimitrichka Zh. Nikolaeva</i>	2
3	АНАЛИЗ И ПРИЛОЖЕНИЕ НА FPGA ПЛАТФОРМА ЗА РЕАЛИЗАЦИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НА АУДИО <i>Меглена Х. Станчева, Вяра Н. Колева-Ефремова</i>	87	ANALYSIS AND APPLICATION OF FPGA PLATFORM FOR AUDIO IMPLEMENTATION AND PREVIEW <i>Meglana H. Stancheva, Vyara N. Koleva-Efremova</i>	3
4	ЗАСНЕМАНЕ И ПРЕДАВАНЕ НА ИЗОБРАЖЕНИЯ ЧРЕЗ ДРОН <i>Гергана В. Спасова, Сава Ив. Иванов</i>	95	CAPTURE AND TRANSFER IMAGES USING DRONES <i>Gergana V. Spasova, Sava Iv. Ivanov</i>	4
5	ИЗПОЛЗВАНЕ НА ДРОН ЗА ОБСЛЕДВАНЕ НА ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТИ <i>Илиян Ж. Бойчев, Сава Ив. Иванов</i>	102	USAGE OF DRONES FOR INVESTIGATION OF TECHNICAL OBJECTS <i>Iliyan. Zh. Boychev, Sava Iv. Ivanov</i>	5

6	АНАЛИЗ НА НАТОВАРВАНЕТО В ОБЛАКОВА СРЕДА И ПРЕДЛАГАНЕ НА МЕТОД НА КОНСОЛИДАЦИЯ ЗА НАМАЛЯВАНЕ НА КОНСУМАЦИЯТА НА ЕНЕРГИЯ <i>Деян П. Атанасов, Трифон И. Русков</i>	109	ANALYSIS OF CLOUD ENVIRONMENT WORKLOAD AND PROPOSED CONSOLIDATION TECHNIQUE FOR POWER MINIMIZATION <i>Deyan P. Atanasov, Trifon I. Ruskov</i>	6
7	ПРЕДСКАЗВАНЕ НА ВРЕМЕНА СЕРИЯ, БАЗИРАНО НА КЛЪСТЕРИЗАЦИЯ <i>Сиво Даскалов, Венцислав Николов</i>	116	PREDICTION OF UNIVARIATE TIME SERIES BASED ON CLUSTERING <i>Sivo Daskalov, Ventsislav Nikolov</i>	7
8	ПОДХОД ЗА РЕАЛИЗАЦИЯ НА БАЗИ ОТ ДАННИ С ХИСТОРИЗАЦИЯ ЗА СИСТЕМИ, ИЗЧИСЛЯВАЩИ ФИНАНСОВИ ПОКАЗАТЕЛИ <i>Пламен С. Стефанов, Снежина А. Янакиева, Сиво В. Даскалов, Веселин Д. Йорданов</i>	122	METHODS FOR HISTORICIZABLE DATABASE IMPLEMENTATION IN SYSTEMS CALCULATING FINANCIAL INDICATORS <i>Plamen S. Stefanov, Snezhina A. Yanakieva, Sivo V. Daskalov, Veselin D. Yordanov</i>	8



СЕКЦИЯ 3 АВТОМАТИКА И КОМПЮТЪРНИ СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ

*Трета научна конференция с международно участие
"Компютърни науки и технологии"
25-26 септември, 2015 г.
Варна, България*



*Third Scientific International Conference
Computer Sciences and Engineering
25-26 September, 2015
Varna, Bulgaria*

SECTION 3 AUTOMATION AND COMPUTER CONTROL SYSTEMS

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ДЛЯ ПОИСКА КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ В СЕТИ

Евгений Касьяненко, Эдуард Шутеев, Юрий Живица

Резюме: Запропоновано апаратний або алгоритмічне рішення системи нелінійних алгебраїчних рівнянь електричної моделі за допомогою включення додаткових фіктивних гілок для вирішення завдань лінійного програмування на графі мережі.

Ключевые слова: вектор-функция, метод установления, нелинейные алгебраические уравнения.

Electronical Circuits Simulation to Find the Shortest Path in a Network

Yevhen Kasianenko, Eduard Shuteev, Yuriy Zhivitsa

Abstract: Proposed hardware or algorithmic solution to nonlinear algebraic equations, the electric model by introducing additional fictitious branches for solving linear programming problems on the network graph.

Keywords: vector function, method of establishing, nonlinear algebraic equations.

Введение

Решение многих задач управления и планирования почти всегда сводится к выбору наиболее выгодного оптимального варианта, соответствующего предъявляемым требованиям.

Примерами таких задач являются задачи транспортного типа для сложных сетей, которые сводятся к нахождению кратчайших путей или к достижению максимального потока в сети. Родственными являются задачи оптимального распределения нагрузок между агрегатами энергосистем, задачи расчета максимальной пропускной способности систем передачи энергии, вещества, которые сводятся к решению задач линейного программирования.

Сущность линейного программирования и его особенности подробно описаны в работе [5]. Линейное программирование представляет собой метод оптимизации, где изучаются задачи минимизации и максимизации линейных функций на множествах, задаваемых системами линейных равенств или неравенств. В работах [1, 2] указана аналогия между решениями задач линейного программирования и решениями этих задач на электрических моделях постоянного тока. Такие модели должны содержать нелинейные элементы — диоды, источники и некоторые другие элементы.

Известные методы решения задачи линейного программирования на электрических математических или физических моделях [1, 2] несовершенны по причине использования в них диодов с реальными вольтамперными характеристиками, что приводит к возникновением погрешностей расчета и в итоге, к выбору ошибочного пути или к выбору ошибочного оптимального потока.

Методика моделирования нелинейной электрической цепи постоянного тока, содержащей диоды с идеальными вольтамперными характеристиками, и решение на ее основе задачи поиска кратчайшего пути с использованием структурной матрицы нашла дальнейшее развитие в работе [4].

В данной статье рассматривается применение упомянутой методики к решению задачи поиска кратчайшего пути.

Построение системы нелинейных алгебраических уравнений графа сети

Для расчета электрических цепей на постоянном токе в статическом режиме используется форма модели в виде системы нелинейных алгебраических уравнений, заданных вектор-функцией:

$$\Phi(X) = 0, \quad (1)$$

где X — вектор фазовых переменных.

Особенность вектор-функции, методы численного решения уравнения, а также описание и применение метода установления к решению системы нелинейных алгебраических уравнений описаны в работе [4].

Рассмотрим процесс формирования математической модели для поиска максимального потока, которая будет представлять собой сочетание топологических и компонентных уравнений.

При формировании топологических уравнений используется исходный граф сети, для которой ищется максимальный поток. В терминах электротехники потоку в ветвях соответствует ток. Одна из ветвей графа должна содержать источник э.д.с. E , под действием которого будут протекать токи в ребрах (ветвях) графа. Остальные ребра должны содержать однотипные двухполюсники с идеальными диодами и параллельные подключенные к ним в проводящем направлении идеальные источники тока, ограничивающие внешний ток ветви. На рис. 1 показаны электрическая схема, вольтамперная характеристика и условное графическое обозначение ветви, ограничивающей ток в одном направлении.

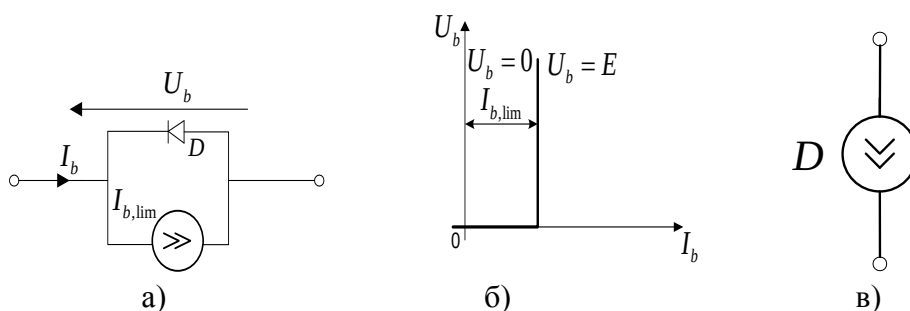


Рисунок 1. Электрическая схема однонаправленной ветви (а), вольтамперная характеристика однонаправленной ветви(б), условно графическое обозначение однонаправленной ветви (в)

Если требуется ограничение тока в прямом и обратном направлении то, необходимо две ветви включить встречно-последовательно. Компонентные уравнения ветви в общем виде для однонаправленных и двунаправленных ветвей описываются выражениями:

$$U_b = F(I_b, I_{b,lim}), \quad (2)$$

где U_b - напряжение ветви;

I_b - ток ветви ;

$I_{b,lim}$ - ограничивающий ток (токи);

b - обозначение ветви.

В аналитической форме эти же уравнения для однонаправленных ветвей описываются с помощью неравенств следующим образом:

$$\text{если } I_b < I_{b,lim}, \text{ то } U_b = 0, \quad (3)$$

$$\text{если } I_b \geq I_{b,lim}, \text{ то } U_b = E.$$

Для двунаправленной ветви с величиной ограничений $I_{b,\text{lim}}^-$ и $I_{b,\text{lim}}^+$

$$\text{если } I_{b,\text{lim}}^- < I_b < I_{b,\text{lim}}^+, \text{ то } U_b = 0, \quad (4)$$

$$\text{если } I_{b,\text{lim}}^- \geq I_b \geq I_{b,\text{lim}}^+, \text{ то } U_b = E.$$

Заметим, что электрическое сопротивление рассматриваемых ветвей равно нулю или бесконечности, что препятствует выполнению расчетов традиционными методами.

На рис. 2а изображена схема сети, на примере которой будет показан процесс моделирования.

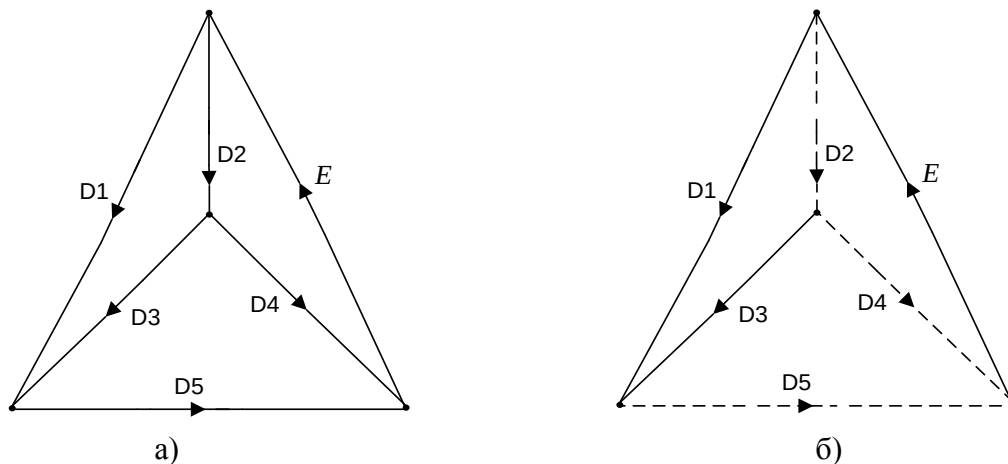


Рисунок 2. Электрическая схема сети (а) и один из возможных вариантов дерева(б)

Вначале составляется граф схемы с выделением дерева графа рис.2б. Здесь сплошными линиями выделены рёбра дерева, пунктирными – хорды. С целью перевода диодных ветвей в ветви одного типа, каждую хорду делим на две части, и помещаем в одну из частей диодную ветвь. В результате, все диодные ветви попадут в рёбра дерева и останутся хорды, которые назовём фиктивными ветвями. Если разместить в фиктивных ветвях индуктивности L (рис. 3), то преобразованная схема превратится из статической в динамическую и при подключении источника E в ней возникнет переходный процесс. Так как схема заведомо устойчива, то после окончания переходного процесса она перейдёт в статический режим, при котором индуктивности не будут оказывать влияния на распределение токов и напряжений в схеме.

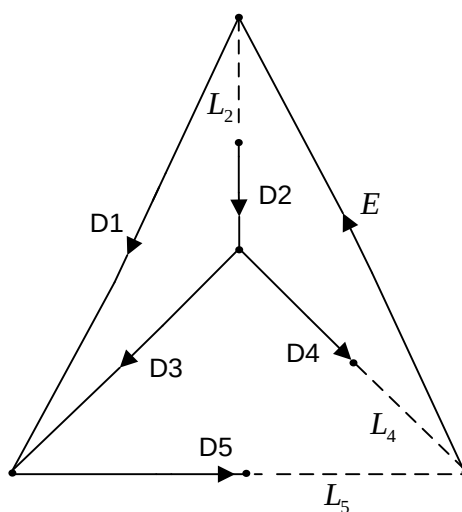


Рисунок 3. Разбиение хорд на две ветви и включение в хорды фиктивных элементов – индуктивность

В математической модели необходимо учитывать базис уравнений. Если фазовыми переменными являются токи и напряжения — базис смешанный, если или токи, или напряжения — базис однородный. В данном случае целесообразно воспользоваться однородным базисом, образованным узловыми потенциалами, напряжение ветвей выражаются через узловые потенциалы. Согласно закону Кирхгофа

$$B^t \cdot F(U_b, u_{\text{lim}}) = 0 \quad (5)$$

где B^t — матрица контуров электрической цепи (или транспортной сети),

U_b — вектор напряжений нелинейных элементов — диодов,

$F(U_b, u_{\text{lim}})$ — вектор-функция токов нелинейных элементов,

u_{lim} — пороговое, запирающее диод напряжение, которое эквивалентно длине пути ветви графа транспортной сети.

Напряжения в ветвях выражаются через узловые потенциалы

$$U_b = B \begin{bmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \dots \\ \varphi_n \end{bmatrix} = B\varphi \quad (6)$$

где φ — вектор узловых потенциалов,

n — число узлов графа электрической цепи.

При подстановке (6) в (5) получаем математическую модель схемы сети в виде системы нелинейных алгебраических уравнений

$$\hat{O}(\varphi) = 0 \quad (7)$$

где $\hat{O}(\varphi) = B^t \cdot F(B\varphi, u_{\text{lim}})$ — вектор-функция системы.

Полученная система задана матрицей контуров B , набором (вектором) токов компонентных уравнений, один из которых является внешним током J_{ext} , и вектором неизвестных узловых потенциалов φ .

При размещении в фиктивных ветвях конденсаторов математическая модель изменяет форму представления на модель в виде системы ОДУ

$$\frac{d}{dt}\varphi = -C^{-1} \cdot \hat{O}(\varphi). \quad (8)$$

где C — диагональная матрица значений емкости конденсаторов.

Решить систему (8) можно методом численного интегрирования Эйлера. Рабочая формула численного расчета будет иметь вид

$$\varphi_{k+1} = \varphi_k + h \cdot \{-C^{-1} \cdot \hat{O}(\varphi_k, t_k)\}, \quad (9)$$

где h — шаг численного интегрирования,

$k \in \{0, 1, 2, \dots\}$ — целочисленный номер дискретного момента времени, для которого вычисляются искомые потенциалы.

Для начала расчета необходимо задать начальные условия $\varphi = \varphi_0$.

При решении данной задачи не обязательно использовать более сложные и более точные формулы численного интегрирования, т.к. не имеет значения, как будет протекать переходный процесс, важен лишь результат его окончания.

Результаты моделирования математической модели графа сети для поиска кратчайшего пути

На основании формулы (9) составлена программа и проведены численные расчеты кратчайшего пути для рассматриваемой сети.

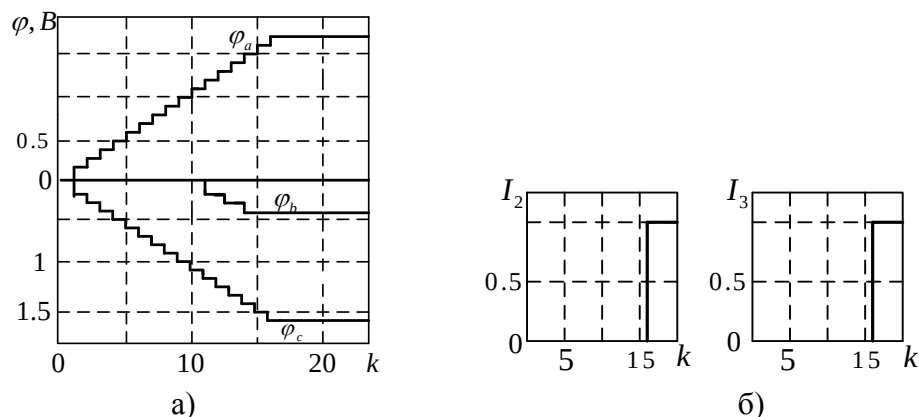


Рисунок 4. Результаты моделирования цепи; графики изменения потенциалов узлов (а), токов в ветвях (б)

По результатам моделирования цепи видно, что при окончании переходного процесса диоды D2 и D3 открыты (рис. 3, б, график тока I_2 , график тока I_3), диоды D1, D4 — закрыты (графики не показаны), т.е. соответствующие токи равны нулю, что указывает на правильное решение задачи.

На рис. 5 изображена функциональная схема математической модели для расчета токов и напряжений всех ветвей схемы в матрично-векторной форме. Здесь блоки 1 и 3 реализуют операцию перемножения M -матриц на соответствующие векторы токов или напряжений и операций суммирования. Заметим, что множителями являются числа 1, -1, 0. Блок 2 реализует выражения (3) и (4), блок 4 реализует операцию умножения на величину, пропорциональную шагу численного интегрирования, блоки 5 (сумматоры) и 6 (регистры) реализуют операцию интегрирования приращений токов ветвей, индекс k относится к номеру текущей итерации. Начало расчета начинается с задания начальных условий путем записи в регистры 6 начальных значений токов фиктивных вервей.

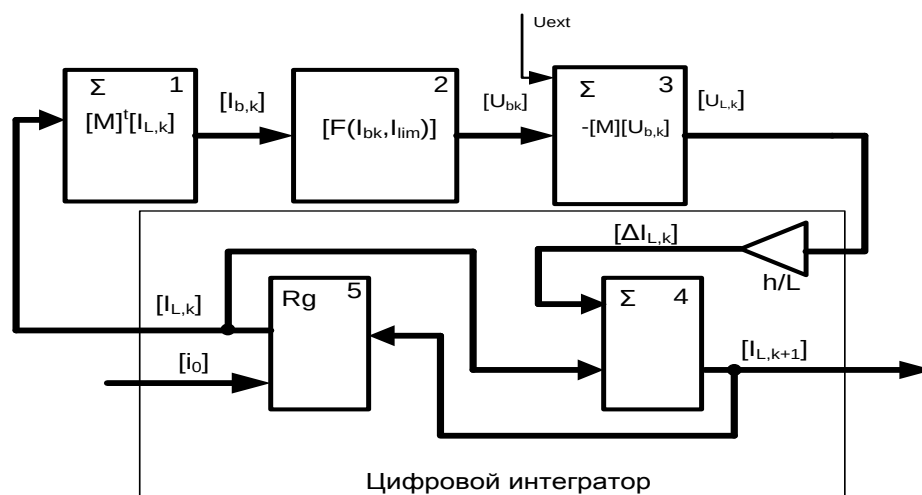


Рисунок 5. Вычислительная схема явного метода численного интегрирования Эйлера

Заклучение

Предложенная методика поиска кратчайшего пути требует выбора величины шага численного интегрирования, исходя из точности вычисления.

Рассмотренный метод преобразования схемы с добавлением фиктивных ветвей позволяет реализовать **метод установления** т.е. перевести проблему расчета токов (потоков) нелинейной статической системы в динамическую. При реализации модели в виде специализированного процессора можно обойтись без операций умножения и ограничиться только операциями алгебраического суммирования и арифметического сдвига, что значительно упрощает реализацию.

Литература

- [1]. Хмельник, С.И. Электрические цепи постоянного тока для моделирования и управления. Алгоритмы и аппаратура / С. И. Хмельник: 2-я ред. — Израиль; Россия, 2006. — 177 с.
- [2]. Деннис, Дж.Б. Математическое программирование и электрические цепи / Дж.Б. Деннис: перев. с англ. — М.: Изд-во иностр. лит., 1961. — 214 с.
- [3]. Иванов, В.В. Методы вычисления на ЭВМ: справ. пособие / В.В. Иванов. — К.: Наук. думка, 1978. — 584 с.
- [4]. ISSN 2076-2429, Труды Одесского политехнического университета, 2009. Вып. 2(32). Э.И. Шутеев, канд. техн. наук., доц., Д.О. Белокопытов, магистр. Д.Ф. Димитров, магистр. Одес.й нац. политехн. ун-т., с. 88-91
- [5]. Майника Э. - Алгоритмы оптимизации на сетях и графах, 1981.-323с.

For contacts:

Yevhen Aleksandrovich Kasianenko
Institute of Computer Systems,
Department of Computer Systems
Odessa National Polytechnic University
E-mail: Leon.mail.ru@mail.ru

Candidate of Science (Eng.), Eduard Shuteev
Institute of Computer Systems,
Department of Computer Systems
Odessa National Polytechnic University
E-mail: edsch@mail.ru

Candidate of Science (Eng.), Yuriy Zhivitsa
Institute of Computer Systems,
Department of Computer Systems
Odessa National Polytechnic University

СЛЕПАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Евгений Касьяненко, Эдуард Шутеев, Юрий Живица

Резюме: Рассмотрен метод идентификации параметров динамической системы, основанный на представлении модели в виде дифференциального уравнения. Особенность метода заключается в возможности проведения слепой идентификации. Дано обоснование метода, указаны ограничения на использование метода. Рассмотрены некоторые частные случаи идентификации динамических систем. Рассмотрен пример, подтверждающий работоспособность метода. Указана область работоспособности метода.

Ключевые слова: слепая идентификация, динамическая система, временная характеристика.

Blind Parameter Identification of Dynamical Systems

Yevhen Kasianenko, Eduard Shuteev, Yuriy Zhivitsa

Summary: The method of parameter identification of dynamic systems, based on the representation of the model in the form of a differential equation. The peculiarity of the method is the ability of blind identification. Given justification method specified limits on the use of the method. We consider some special cases of identification of dynamic systems. An example that confirms the efficiency of the method. The specified area efficiency of the method.

Keywords: blind identification, dynamical systems, temporary characteristics

Введение

При рассмотрении моделей технических систем часто возникает задача назначения параметров элементов системы. В некоторых случаях параметры элементов систем являются трудно измеряемыми, сложно просчитываемыми аналитически или вовсе недоступными для измерений. Родственной задачей также является задача измерения входного сигнала, претерпевающего изменения вследствие переходного процесса в динамической системе, недоступного для прямых измерений, о величине которого можно косвенно судить по выходному сигналу системы. При возможности регистрации одной или нескольких выходных фазовых переменных системы упомянутая задача определения параметров для систем с известной структурой решается классическими методами идентификации параметров системы [1]. В случае, когда входной или несколько входных сигналов недоступны для наблюдения, задача определения параметров и величины сигнала решается методами слепой идентификации [2].

Данная работа посвящена обоснованию одномерного варианта идентификации параметров динамической системы и определению неизменяемого во времени входного сигнала этой системы по наблюдению только выходного сигнала.

Обоснование метода идентификации

Связь между входным $x(t)$ и выходным $y(t)$ сигналами линейной динамической системы может быть выражена дифференциальным уравнением:

$$a_0 y(t) + a_1 \frac{dy(t)}{dt} + a_2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + \dots + a_n \frac{d^n y(t)}{dt^n} = b_0 x(t) + b_1 \frac{dx(t)}{dt} + b_2 \frac{d^2 x(t)}{dt^2} + \dots + b_m \frac{d^m x(t)}{dt^m} \quad (1)$$

Здесь $y(t)$ и $x(t)$ есть выходной и входной сигналы системы, а две группы коэффициентов $a_0 \dots a_n$ и $b_0 \dots b_m$ отождествляются с коэффициентами передаточной функции системы при нулевых начальных условиях.

По условию физической осуществимости максимальный порядок производной входного сигнала не может превышать максимального порядка производной выходного сигнала т.е. $m \leq n$. Порядок динамической системы определяется порядком дифференциального уравнения и равен n . Учитывая неизменность входного сигнала в процессе наблюдения выражение (1) можно упростить:

$$a_0 y(t) + a_1 \frac{dy(t)}{dt} + a_2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + \dots + a_n \frac{d^n y(t)}{dt^n} = b_0 x(t) \quad (2)$$

Представим (2) в векторной форме, предварительно разделив на a_0 левую и правую части:

$$yA = -y(t), \quad (3)$$

где

$$y = \left[-1 \quad \frac{dy(t)}{dt} \quad \frac{d^2 y(t)}{dt^2} \quad \dots \quad \frac{d^n y(t)}{dt^n} \right]$$

$$A = \begin{bmatrix} \frac{b_0}{a_0} & \frac{a_1}{a_0} & \frac{a_2}{a_0} & \dots & \frac{a_n}{a_0} \end{bmatrix}^t$$

Уравнение (3) содержит $n+1$ неизвестных, образующих вектор A . Для их определения составим систему из $n+1$ уравнений с линейно независимыми элементами, отнеся каждое из уравнений (3) к $n+1$ различным моментам времени. Полученная система:

$$yA = y(t), \quad (4)$$

где

$$Y = \begin{bmatrix} -1 & \left. \frac{dy(t)}{dt} \right|_{t=t_1} & \dots & \left. \frac{d^n y(t)}{dt^n} \right|_{t=t_1} \\ -1 & \left. \frac{dy(t)}{dt} \right|_{t=t_2} & \dots & \left. \frac{d^n y(t)}{dt^n} \right|_{t=t_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -1 & \left. \frac{dy(t)}{dt} \right|_{t=t_{n+1}} & \dots & \left. \frac{d^n y(t)}{dt^n} \right|_{t=t_{n+1}} \end{bmatrix}$$

квадратная матрица коэффициентов системы уравнений, представляющих собой первые и высшие производные, рассчитанные по результатам наблюдений за выходным сигналом, A – вектор неизвестных величин, $y(t)$ – вектор выходных наблюдаемых сигналов:

$$y(t) = \left[-y(t)|_{t=t_1} \quad -y(t)|_{t=t_2} \quad \dots \quad -y(t)|_{t=t_{n+1}} \right]^t$$

После решения алгебраической системы уравнений будут определены отношения коэффициентов передаточных функций и ещё одна неизвестная $\frac{b_0}{a_0} x$, представляющая

комбинацию двух коэффициентов передаточной функции и входного сигнала. Дальнейшее более глубокое уточнение коэффициентов передаточной функции и параметров элементов динамической системы производится путём использования дополнительных соотношений, известных для конкретной динамической системы. Так, в практике измерений сталкиваются с необходимостью периодического измерения импульсного сигнала, амплитуда которого на некотором временном промежутке сигнала не меняется. При подаче очередного импульса в системе возникает переходный процесс, что не позволяет измерить (восстановить) амплитуду входного импульса. Характерной особенностью таких измерительных динамических систем является полная передача входного сигнала на выход системы по завершении переходного процесса без погрешностей. Это выражается в том, что $\frac{b_0}{a_0} = 1$, в некоторых случаях

возможно более сильное условие $a_0 = b_0 = 1$. В таких случаях, как будет показано ниже на примере, возможно эффективное применение вышеизложенного метода идентификации.

Пример идентификации параметров

Рассмотрим применение предложенного метода идентификации на примере электрической динамической системы второго порядка рис.1. Входной величиной является ток J , выходной величиной является ток индуктивности I_L .

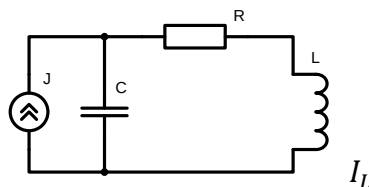


Рисунок 1. Электрическая схема динамической системы второго порядка

Передаточная функция схемы в операторной форме и дифференциальное уравнение представлены выражениями

$$(p^2 CL + pCR + 1)I_L = J,$$

$$I_L + CR \frac{dI_L}{dt} + CL \frac{d^2 I_L}{dt^2} = J.$$

С учетом выражения (1) коэффициенты $a_1 = CR$, $a_2 = CL$.

Нетрудно заметить, что в установившемся режиме ток J полностью протекает по индуктивности, не ответвляясь в конденсатор. Следовательно $a_0 = b_0 = 1$ выразим из второго уравнения формулы (3) напряжение на конденсаторе в момент времени i .

Для подтверждения результативности метода идентификации была составлена компьютерная программа, состоящая из модуля математической модели динамической системы и модуля идентификации. Параметры элементов динамической системы составляли: $C=0.01F$, $L=1H$, $R=5\Omega$. Моделирование переходного процесса проводилось с шагом численного интегрирования $h=0.02s$. В процессе модельного эксперимента значения задающего источника тока до 15-го такта составляло $J=1A$, в промежутке от 15-го до 35-го $J=2A$ и начиная с 35-го такта $J=0.5A$.

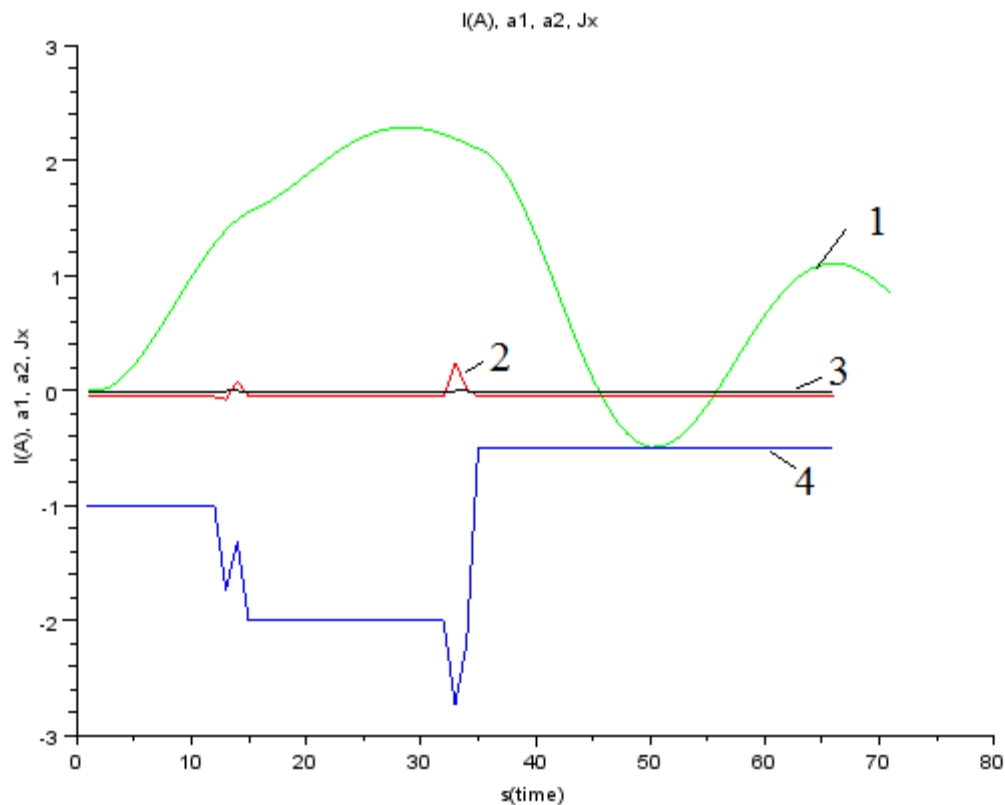


Рисунок 2. Временные диаграммы идентификации параметров

На рис. 2 приведены временные диаграммы переходного процесса и идентифицированных параметров на каждом шаге численного интегрирования дифференциального уравнения. 1- временная диаграмма тока индуктивности, 2 – график идентифицированного параметра a_1 , 3 – график идентифицированного параметра a_2 , 4 – график идентифицированного входного задающего источника тока J при его скачкообразном изменении в сторону увеличения на 15 такте и в сторону уменьшения на 35 такте. Из рассмотренных графиков следует, что в некоторых временных интервалах результаты идентификации становятся недостоверными. Это объясняется тем, что первая и вторая производные вычисляются во временном промежутке, внутри которого происходит изменение входного тока. Условием получения достоверных результатов для системы второго порядка является неизменность входного тока и параметров в течении 3-х тактов. Для системы порядка n условием получения достоверных результатов идентификации является неизменность входного тока и параметров a_1 и a_2 на $n+1$ такте моделирования.

Данные эксперимента показывают, что относительные погрешности идентификации параметров не превышают 0.01%. Наличие погрешностей объясняется тем, что вычисление производных производится методом конечных приращений, причем на вычисление старшей производной затрачивается $n+1$ такт, а на вычисление первой производной затрачивается 2 такта, что противоречит основным выкладкам, сделанным в предположении, что первая и высшие производные известны для мгновенного момента времени. Указанную методическую погрешность по аналогии с погрешностью АЦП можно назвать апертурной.

Заключение

- Если в течение $n+1$ такта параметры и входной сигнал динамической системы не меняются, то метод идентификации обеспечивает получение достоверных результатов;
- Погрешность идентификации зависит от погрешности вычисления первых и высших производных;
- При увеличении порядка динамической системы следует ожидать снижение точности вычисления высших производных;
- Идентификация в статическом режиме или близком к нему рассматриваемым методом невозможна, так как значения производных стремятся к нулю, а система (4) становится плохо обусловленной. В этом случае идентифицируется только входной сигнал прямым наблюдением выходного сигнала движущихся объектах, цистерн с колеблющейся жидкостью, подвешенных грузов и т.д.

Литература

- [1]. Льюнг, Л. Идентификация систем. Теория для пользователя. – М.: Наука, 1991.
[2]. Горячкин О.В. Методы слепой обработки сигналов и их приложения в системах радиотехники и связи. – М.: Радио и связь, 2003. – 230с.

For contacts:

Yevhen Aleksandrovich Kasianenko
Institute of Computer Systems,
Department of Computer Systems
Odessa National Polytechnic University
E-mail: Leon.mail.ru@mail.ru

Candidate of Science (Eng.), Eduard Shuteev
Institute of Computer Systems,
Department of Computer Systems
Odessa National Polytechnic University
E-mail: edsch@mail.ru

Candidate of Science (Eng.), Yuriy Zhivitsa
Institute of Computer Systems,
Department of Computer Systems
Odessa National Polytechnic University

THE CAPACITOR MODEL OF LIGHTNING

Margreta P. Vasileva, Metin Saltik, Suzan C. Mustafa, Mustafa Denktash

Abstract: In this study, Lightning modeled a capacitor. Lightning was adopted as a capacitor, the mathematical aspects were examined. Mathematical modeling, is based on the behavior of DC voltage capacitor. Also, other mathematical techniques are used in this study. For example, features such as the Dirac delta function.

Keywords: Lightning capacitor model, the Dirac delta function, clouds, the earth's surface, lightning current

Капацитивен модел на мълния

Маргрета П. Василева, Метин Салтик, Сузан Ч. Мустафа, Мустафа Денкташ

Резюме: В това изследване мълнията е моделирана като един кондензатор. Това моделиране на мълнията е изследвано математически. Математическото моделиране е базирано на поведението на постоянен кондензатор. Използвани са и други математически техники в това изследване, например, делта функцията на Дирак.

Ключови думи: модел на мълния като кондензатор, делта функция на Дирак, облаци, земна повърхност

1. Introduction

As known, lightning, high voltage induction occurs between the cloud and the earth. The value of this high voltage is induced kilovolts level. This high tension between the cloud and the earth, reaches the breakdown levels of the atmosphere it occurs lightning currents. Lightning currents are high current value. In the region where the lightning current, ionization and heating occurs. Lightning currents are formed as follows.

1. Cloud to ground. 2. Earth's clouds. 3. Cloud-to-cloud.

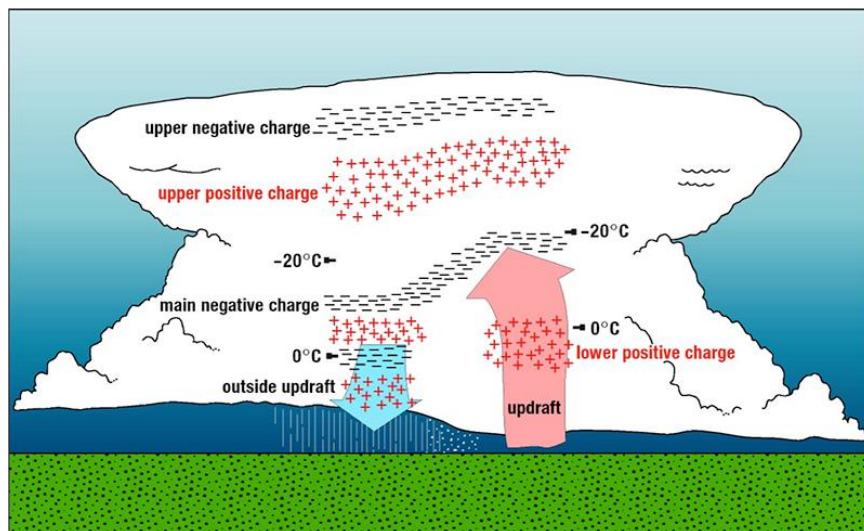


Fig. 1. Charge distribution in a typical storm cloud (NSSL The national severe storms laboratory)

2. Capacitive modeling of lightning

As mentioned earlier, We can think of lightning as a capacitor. Cloud and ground surface can be represented as a capacitor with an insulating layer. Here, the distance between the earth and the cloud, let's say, the distance between two conductive plates. The Clouds and the Earth's surface, whether an electrical charge accumulates on the plates. If the weather is, you create an insulating layer between the cloud and ground surface. We can write the following expression for a parallel-plate capacitor.

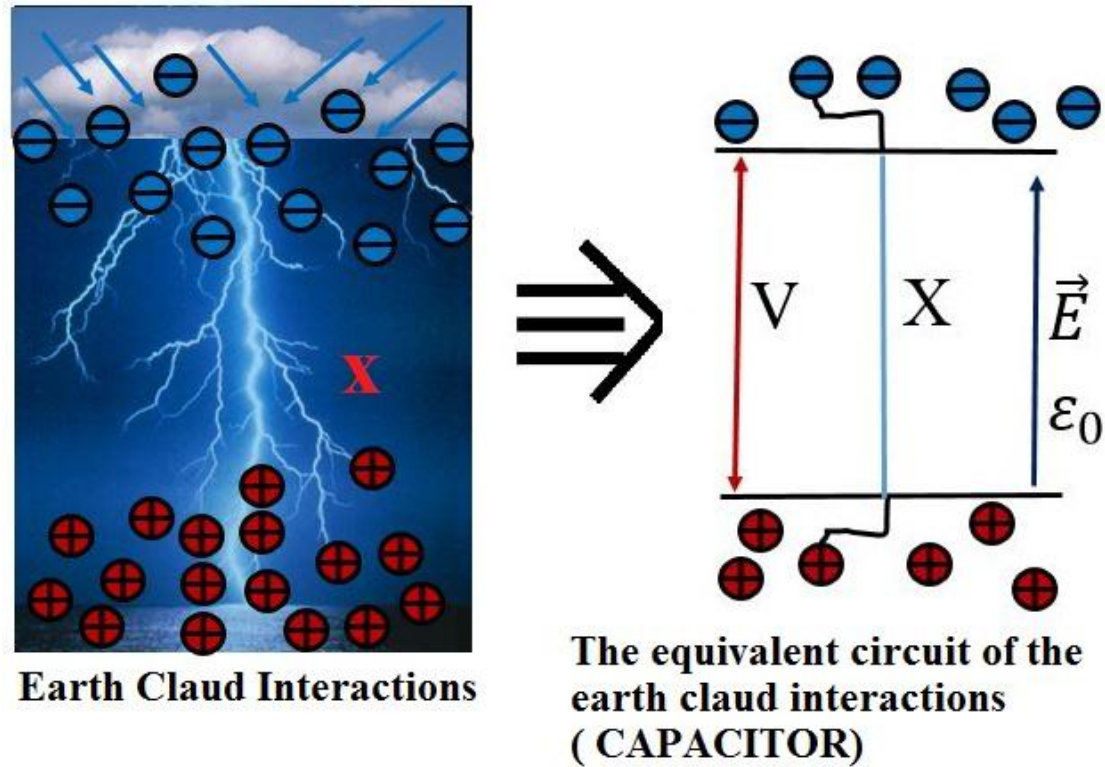


Figure 2. Cloud-to-ground capacitor simulation

Q = Charge

C = Capacitor

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m} \quad (1)$$

V = Ground to Cloud Voltage

X = Ground to Cloud Distance

S = Cloud Surface to Collect the Electric Charge

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{X} = \frac{Q}{V} \rightarrow Q = \frac{\epsilon_0 S V}{X} \quad (2)$$

$$Q = \epsilon_0 S E, \frac{dQ}{dt} = \frac{d}{dt} (\epsilon_0 S E) \quad (3)$$

$$\frac{dQ}{dt} = \epsilon_0 S \frac{dE}{dt}, I(t) = \epsilon_0 S \frac{dE}{dt} \quad (4)$$

The formulas above show the recorded changes.

Electric Charge Exchange

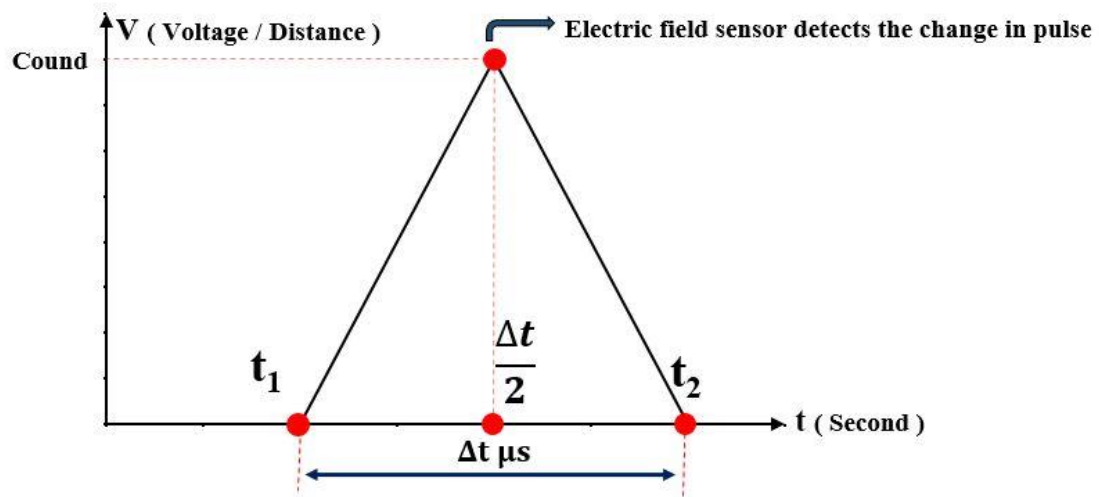


Fig. 3. Pulse curves recorded by the sensor

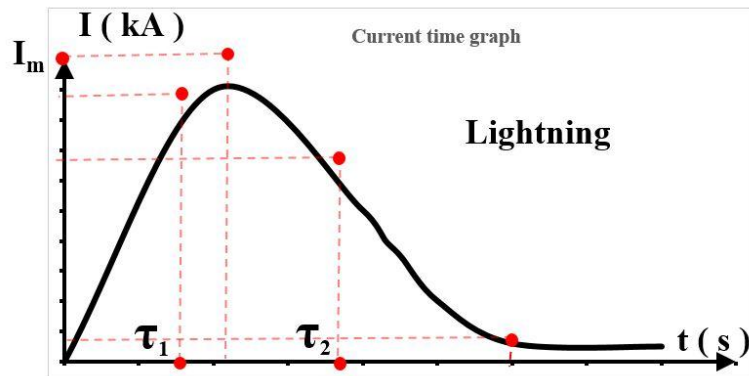


Fig. 4. Lightning current - time chart

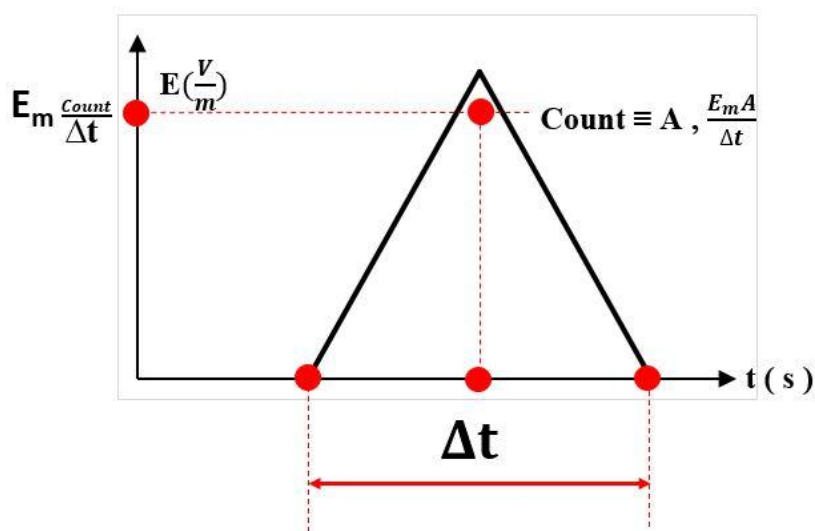


Fig. 5. The counter value is matched with the load changes

$$\frac{dQ}{dt} = I(t) = \varepsilon_0 S \frac{dE}{dt} \quad (5)$$

$$\frac{dQ}{dt} = I(t) = \lim_{\frac{dE}{dt} \rightarrow 0} \frac{dE}{dt} = I(t) = I_m \quad (6)$$

$$I_m = \varepsilon_0 S \frac{E_m A}{\Delta t} \quad (7)$$

$$I_m = \varepsilon_0 S \frac{E_m A}{\Delta t} \Rightarrow \frac{I_m}{E_m} = \frac{\varepsilon_0 S A}{\Delta t} \quad (8)$$

I_m = Lightning (Nature) Amplitude

E_m = Electric Field Measurement to Device

$$I_t = \frac{\varepsilon_0 S E_m A}{\Delta t} \left[\begin{array}{cc} \text{Haidler} & \text{Function} \\ \text{NCC} & \text{Function} \\ \text{Exponential} & \text{Function} \end{array} \right] \quad (9)$$

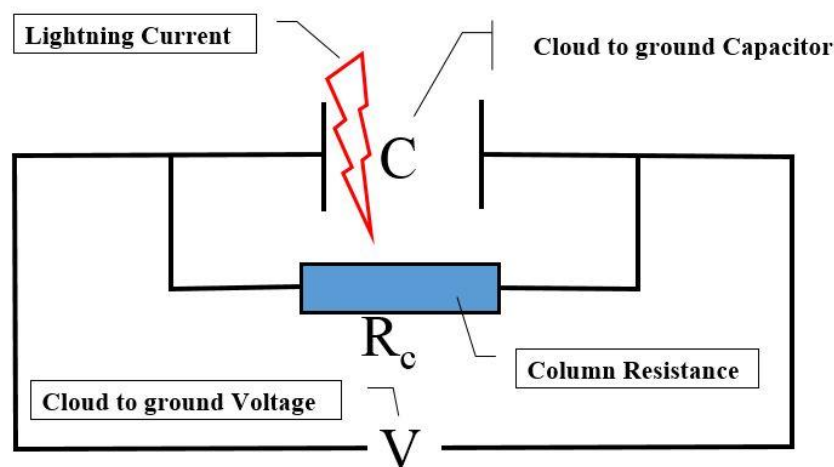


Fig. 6. The capacitor equivalent of lightning

$$I_c = I_m e^{\frac{-t}{R_c C}}, \tau = R_c C \quad (10)$$

$$R_c = f[n_e, n_i, n_{o_2}, n_{co_2} \dots \dots \dots] \quad (11)$$

$$C = f[\text{Cloud geometry, Cloud Charge density} \dots \dots \dots] \quad (12)$$

$$I_{\text{lightning}}(t) = \frac{\varepsilon_0 S E_m A}{\Delta t} e^{\frac{-t}{R_c C}} \quad (13)$$

$$I_{\text{lightning}}(t) = I_m e^{\frac{-t}{R_c C}} = \frac{\varepsilon_0 S E_m A}{\Delta t} e^{\frac{-t}{R_c C}} \quad (14)$$

3. Conclusion

This mathematical modeling study lightning currents, lightning has found a mathematical expression of a capacitor is modeled lightning current. Actually found this mathematical expression is associated with cloud geometry. Modeled capacity values, cloud geometry depends on parameters

such as the electric charge density of the cloud. Similarly, column resistance also depends on many parameters. These statements can be simulated with the help of computers. This can be solved by writing a computer program. In another debate, the function expressing the lightning current (Heider function, NCC functions, exponential functions) can be used to determine the maximum amplitude.

4. Mathematical Note

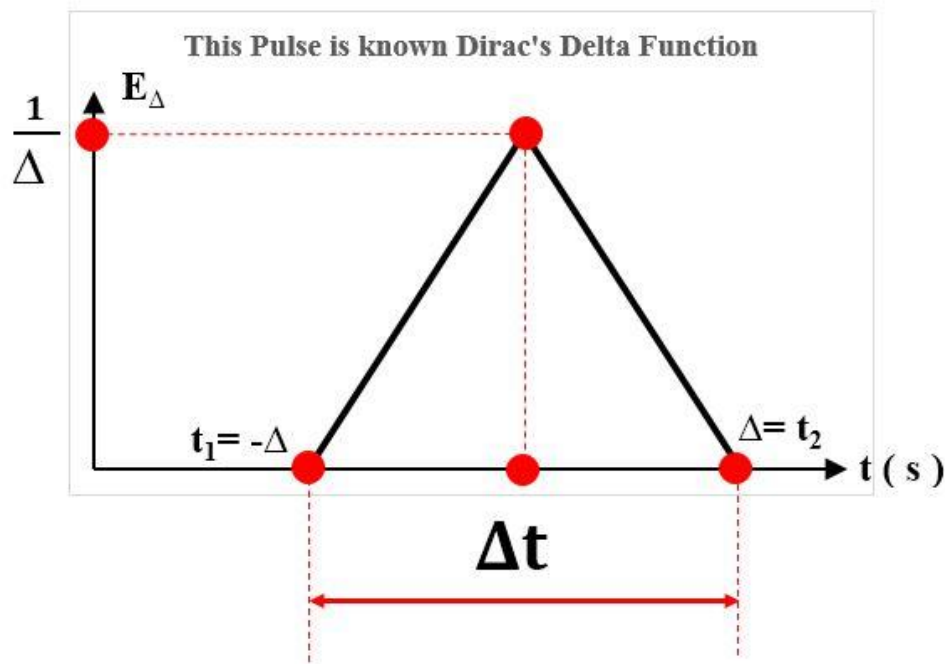


Fig. 7

$$E_{\Delta}(t) \equiv \begin{cases} 0 & \text{if } t < -\frac{\Delta}{2} \\ \frac{1}{\Delta} & \text{if } -\Delta \leq t \leq \Delta \\ 0 & \text{if } \Delta > \frac{\Delta}{2} \end{cases} \quad (15)$$

References

- [1]. Metin SALTİK, PhD STUDY NOTES, 2014 - 15.
- [2]. Battan, I. J., 1965, some factors governing precipitation and lightning from convective clouds, J. Atmos. Sci. 22, 79-84.
- [3]. Browne, I. C. 1951 A radar echo from lightning. Nature 167, 439.
- [4]. Franklin, B. 1774, Experiments and observations of electricity, Made at Philadelphia in America, 5th edition, 530pp., London, Fnewberry.
- [5]. Cerni, T. A. 1976. Experimental investigation of the radar cross section of cloud to ground lightning, J. Appl. Meteor, 15, 795-8

For contacts:
PhD Student Metin Saltik
SAKARYA UNIVERSITY
SAKARYA MESLEK YUKSEK OKULU
DEPARTMENT OF ELECTRONIC
E-mail: saltik@sakarya.edu.tr

THE OBSERVATION OF ATMOSPHERIC ELECTRICITY AND LIGHTNING EFFECTS

Margreta P. Vasileva, Metin Saltik, Suzan C. Mustafa, Zafer Tanriverdi

Abstract: In this study, using high-precision JFET sensor, the impact of lightning and electrical changes in the atmosphere have been observed. Observations made 24 hours, electrical changes in the atmosphere was recorded. As a result of the observations, in the case of the rise and fall of the sun was observed to vary the electrical load in the atmosphere. On the other hand, is the electrical changes in the atmosphere has been observed that the maximum level of the lightning event. This study also showed that the most important changes are lightning current parameters of atmospheric electricity. Another feature of this study also, taking advantage of the electrical changes in the atmosphere before the earthquake, is to predict earthquakes.

Keywords: Atmospheric electricity, lightning, JFET, earthquakes, global atmospheric electricity.

Наблюдение на атмосферното електричество и ефектите от мълните

Маргрета П. Василева, Метин Салтик, Сузан Ч. Мустафа, Зафер Танриверди

Резюме: В това изследване са наблюдавани въздействията на мълните и електрическите изменения в атмосферата, като се използва JFET сензор с висока точност. В продължение на 24 часа са регистрирани електрическите изменения в атмосферата. Като резултат е отбелязано вариране на електрическия заряд в атмосферата при изгрева и залеза на слънцето. От друга страна, при достигане на максималното ниво на събитието мълния се наблюдават електрически изменения в атмосферата. Това изследване също така показва, че най – важните изменения са текущите параметри на мълните на атмосферното електричество. В допълнение, това изследване показва, че изменения в атмосферата непосредствено преди земетресение, служат за предсказване на самото земетресение.

Ключови думи: атмосферно електричество, мълния, JFET, земетресения, глобално атмосферно електричество

1. Introduction

The Earth's atmosphere is continually electrified. Our understanding of the global atmospheric electrical circuit has improved since its discovery in the early twentieth century, although this area of geophysics still provides both theoretical and experimental scientific challenges. The variability of the electric field and current density measured at the surface is attributed to meteorological sources, both global and local in origin. By investigating the variability in electrical parameters under different atmospheric conditions, these global and local sources can be separated. As a consequence, information on global thunderstorm and shower cloud activity can be retrieved, which is of direct relevance to research on global climate change.

Thunderstorms, earthquake fault and shower clouds cause separation of electric charge between the ground and ionosphere, an electrically conductive layer about 60 km above the surface. This charge separation causes the ionosphere to have a potential (U_1) of approximately +300Kv with respect to the surface. Ionization from cosmic rays and terrestrial sources produces cluster ions which make the atmosphere weakly electrically conductive. These ions flow vertically because of the vertical potential difference, causing the air-Earth conduction current density, J_c , of order 10^{-12} Am^{-2} . The total electrical resistance for a unit area of the atmospheric column from the surface to the ionosphere is called the columnar resistance, R_c . The ionosphere-Earth potential difference (U_1), columnar resistance and conduction current area related by Ohms law,

$$U_1 = j_c R_c \quad (1)$$

The physical units of R_c are Ohm.meter² (or more commonly Pico.Ohm.meter² due to the inherently large values). This is because R_c is the integral of resistivity. U_1 represents the electric potential of a layer at a height above the surface (the zero potential reference) so the units are in volts (usually quoted in KV).

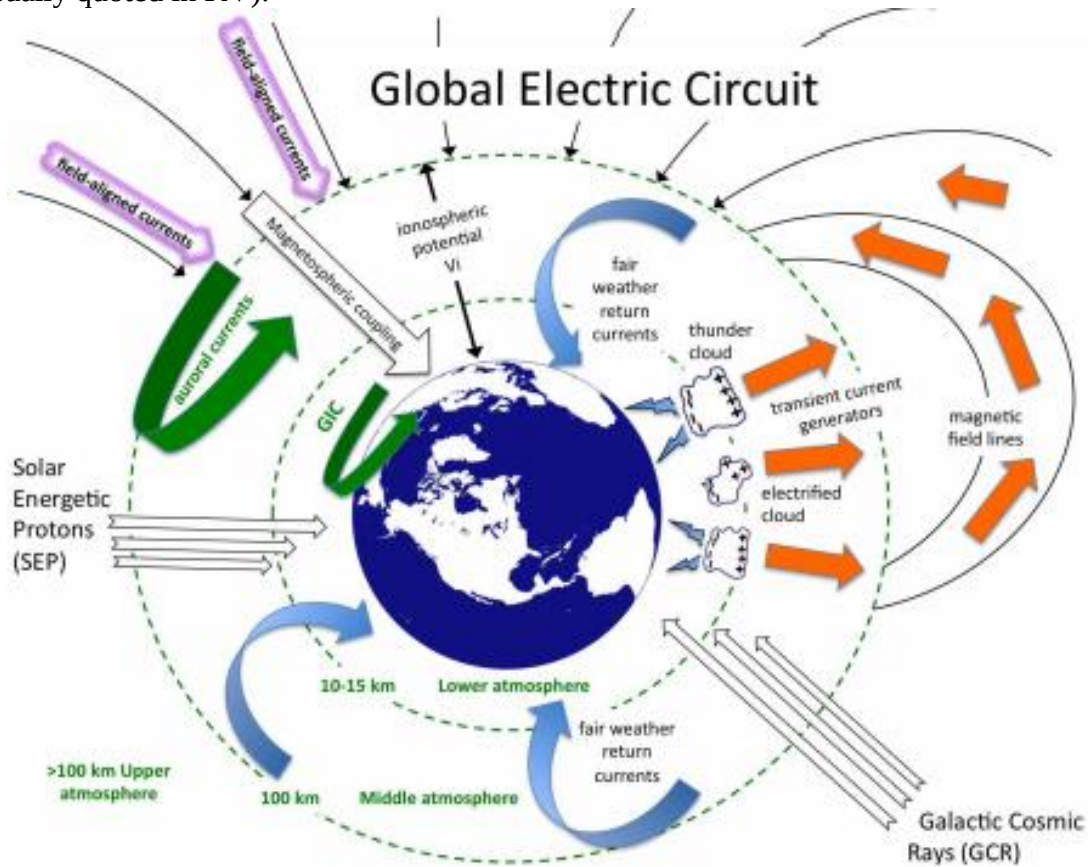


Fig. 8. Basic components of global atmospheric circuit

By convention, the electric field (E) is referred to as the potential gradient, defined as the negative of electric field: potential gradient given by

$$F = -E \quad (2)$$

At the surface, the PG arises because of J_c flowing through the electrically conductive air. It is therefore J_c that is the parameter that permits the effect of the global circuit to be measured at the surface, either directly through measurement of J_c itself, or by PG. However, PG is also a function of the local air conductivity (d_T). Away from sources of charge separation, the air conductivity (d_T), potential gradient (F) and conduction current density are related by Ohm's Law:

$$F = J_c / d_T \quad (3)$$

The atmosphere is positively charged with respect to the ground during fair weather and fraction to the fault system. This produces a downward pointing (negative) electric field (E) so PG is positive for fair weather conditions. In the fair –weather part of the circuit, small ions dominate the charge transport since that have a large electrical mobility. Therefore an increase in small ion concentration will increase the air conductivity by providing more charge carriers. Aerosol in the atmosphere removes small ions by attachment. An increase in aerosol number concentration therefore reduces the ion number concentration and decreases the air conductivity. A change in

aerosol number concentration subsequently modifies the total columnar resistance (R_C) between the ionosphere and the surface, and therefore J_C directly through and consequently has an indirect effect on PG through.

Of the quantities which can be measured at the surface, the air-Earth conduction current density (J_C) presents one of the most fundamental parameters of the global circuit (Chalmers, 1967).

It is therefore of great importance in this study, with its continuous measurement being one of the aims of this thesis. The conduction current density is one of several components contributing to the total current density, J_S received by a horizontal conducting electrode at the earth's surface, electrically isolated from the ground. J_S comprises contributions from turbulence J_T , conduction J_C , displacement J_D and precipitation J_P ,

$$J_S = J_C + J_D + J_T + J_P \quad (4)$$

2. Experimental Study

In this study, the electrical changes the electrical charge in the atmosphere with a sensitive FET sensor is recorded. The records, especially at sundown and sunrise vary the electric field in the atmosphere. This result is evidence that a significant change in the sun's atmosphere electric field. Change features are the sunrise and sunset.

Another important influence is Lightning effect. Lightning effect, other solar influence is dominant or effective. Lightning events, they make a greater impact on global atmospheric cycle. Effects of lightning currents are changes from cloud to cloud. The other effect is from cloud to cloud and the ground. Until the changes in atmospheric electrical activity, 24 hours is seen in the records.

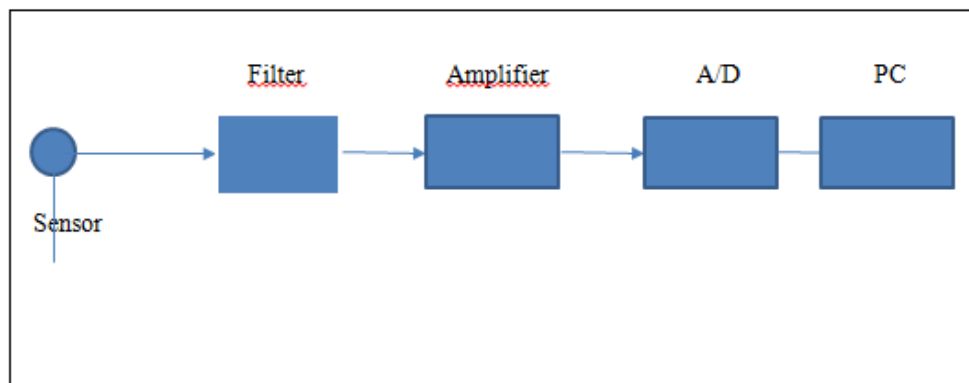


Fig. 9.Block diagram of the measurement system used in the experiment

3. Results and Discussion

This study is provided below the records obtained. Recordings were obtained on uninterrupted for 24 hours. Register in accordance with the impact of the effects created by the sun seems to be more dominant lightning.

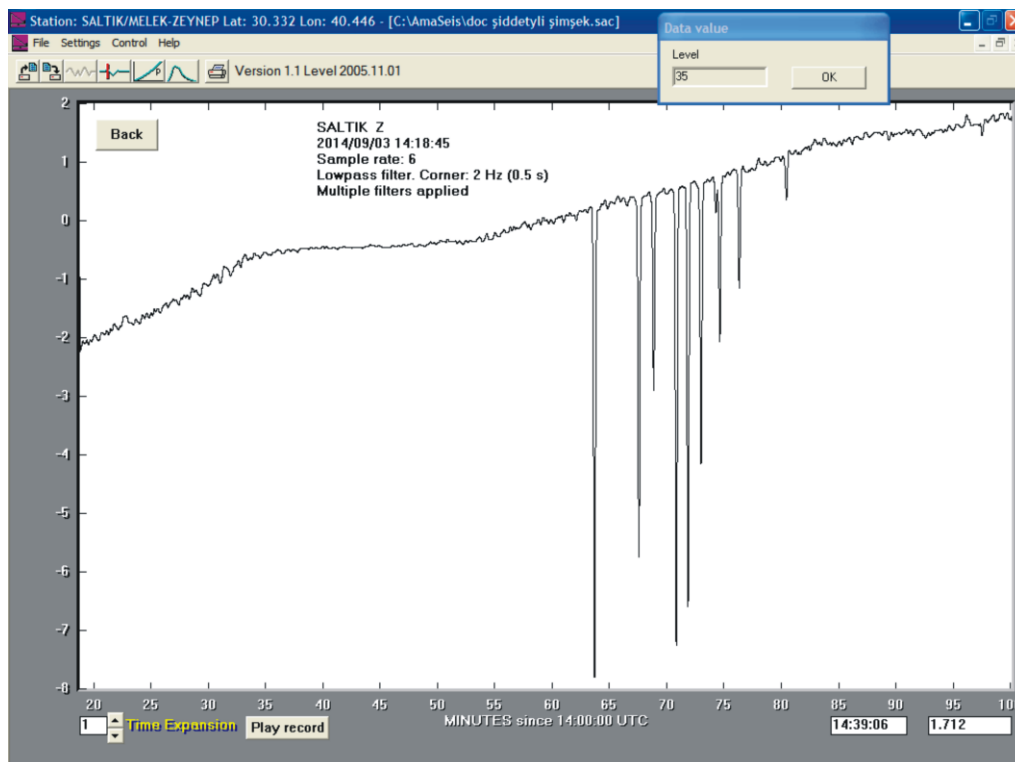


Fig. 10. Changes in the electric field (Two-hours recording heavy rain and lightning)

Changing the direction of flow will change the direction of the electric field change. Here it is seen that the lightning is cloud-to-cloud from the ground or floor.

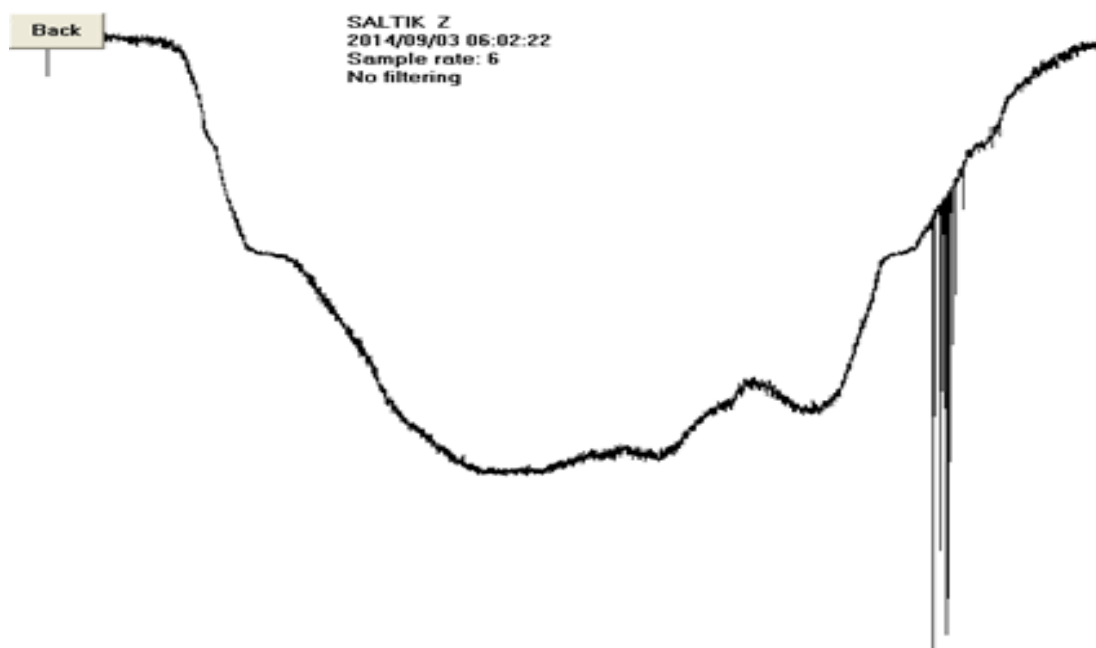


Fig. 11. 24-hour electric field change. (A 10-minute lightning transitions can clearly be seen.)

4. Conclusion

From this experimental study, very significant results were obtained. In this study, it was concluded that the power structure of the atmosphere has been observed many alternate. Results obtained from the experimental study can be expressed as follows.

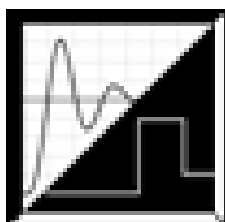
1. Global atmospheric, other electrically varies from seasonal variations.
2. In electrical changes, the effect of the sun is changing the ion density.
3. Lightning currents cause the biggest change in the atmosphere.
4. Lightning strokes, gives rise to the formation of ions in the atmosphere greatly.
5. Lightning currents, thus affecting a large proportion of the global atmospheric cycle is changing the electrical parameters of the atmosphere.
6. After the lightning impact, depending on the severity of impact parameters, which come to its normal state after a certain time.

References

- [1]. Victor P.Pasko 2013 FESD Meeting, NCAR Center Green Boulder,co, USA
- [2]. Robert S.Nowell Georgie Powwer Company,2003 by CRC PRESS LLC
- [3]. Levis,W.W., The protection of transmission lines against Lightning,G.E series,1950
- [4]. Uman,M.A.,McLain,D.K.,Fisher?S,R.J.,Florida lightning return strokes, J Gophys res, Vol 78, no.18, pp.530 , june 1980.
- [5]. Dr.Dieter R.Poelman, On the science of lightning an overview, Royal met.int.2010, pp 6,7

For contacts:

PhD Student Metin Saltık
SAKARYA UNIVERSITY
SAKARYA MESLEK YUKSEK OKULU
DEPARTMENT OF ELECTRONİC
E-mail: saltik@sakarya.edu.tr



СИСТЕМА ЗА ПОДДЪРЖАНЕ НА НИВО НА ТЕЧНОСТИ

Николай Вълков, Боян Петров, Донка Иванова, Ирена Вълкова, Георги Лехов

Резюме: Разработена е лабораторна система за поддържане на ниво на течности чрез платформа Arduino, позволяваща лесно реализиране на различни програмни решения, алгоритми и закони за управление. Студентите могат да наблюдават и анализират преходните процеси в системата при различни закони за управление. Може да се ползва по дисциплините: Микропроцесорна техника, Сензорна техника, Идентификация на обекти, Теория на управлението и Автоматизация на технологични процеси.

Ключови думи: Arduino, ултразвуков сензор, измерване на ниво, закони за управление, турбинна помпа

Liquid Level Control System

Nikolay Valov, Boian Petrov, Donka Ivanova, Irena Valova, Georgi Lehov

Abstract: The laboratory system is realized on the Arduino platform, allowing easy loading of various software solutions, algorithms and control laws by which students can monitor and analyze step responses in the system and there quality. It can be used on subjects related to microprocessors, sensor technology, identification of objects, control theory and process control.

Keywords: Arduino, ultrasonic sensor, level measurement, PID control, turbine pump

Въведение

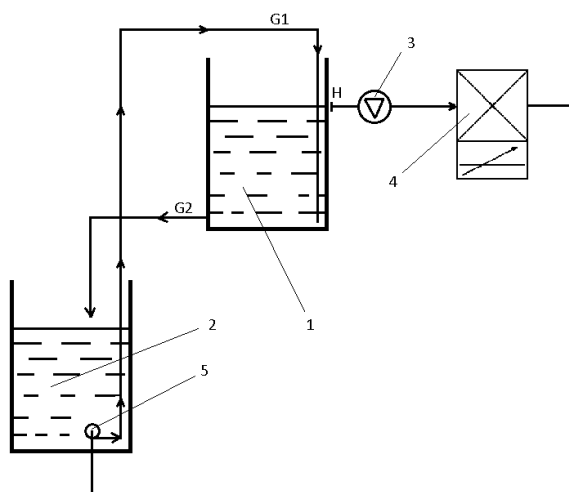
Поддържането на постоянно ниво е определящо в хода на различни технологични процеси: в каскадно свързани химически реактори, в екстракционни колони (ниво на междуфазната граница), в стъкларски ванни пещи, в машините за непрекъснато леене (ниво на метала в кристализатора) и др. Системите за регулиране на ниво са в числото на основните, осигуряващи сигурност и безаварийност на съоръженията [2].

Обучението на студентите с използването на реални системи за управление допринася за получаването на трайни и практически насочени знания. В много промишлени и обществени предприятия се използват скъпи установки за контролиране на нивото на течности, като предварително са настроени параметрите им от доставчика или производителя. При тези системи се преследва надеждност и ефективност и не са подходящи за демонстрация на устойчивост и качество на регулиране на процесите.

Целта е разработването на лабораторна установка за поддържане на нивото на вода в мерителен съд, като се използват широко достъпни компоненти на разумни цени. Лабораторната установка е предназначена за обучение на студенти.

Разработване на система за поддържане на ниво на течности

Основните схеми за регулиране на ниво на течности са чрез регулиране на изходния или входния поток [2]. При реализацията на системата за поддържане на нивото на вода е използвана схемата със свободно изтичане на водата от изхода и въздействие на входния поток. Функционална схема на разработената система е показана на фигура 1.



- 1- Съд в който ще се регулира нивото на течността
2- Буферен съд
3- Измерване на нивото с ултразвуков датчик
4- Регулатор за ниво реализиран с микроконтролер ARDUINO
5- Помпа

G1- Входен поток
G2- Изходен поток

а)



б)

Фиг. 1. Функционална схема на системата за поддържане на ниво: а) Принципна схема на свързване на елементите на системата; б) Общ изглед на системата

За цифровото управление на помпата за контролиране на нивото на водата в мерителния съд е необходим контролер. Управлението може да се реализира и с PLC, който е логически контролер, създаден за промишлени нужди. Предимствата му са, че се програмира лесно и е надежден, но цената му е над десетки пъти (в повечето от случаите и нагоре) по-висока от тази на Arduino.

Друг вариант е използването на PIC микроконтролери – евтини са, но се програмират на ниско ниво и това създава неудобство, когато се налага промяна на стойности в законите за управление.

Избран е контролер от серията Arduino поради следните съображения [4, 5]: ниска цена; „Open source“ – отворена платформа; C базиран програмен език; безплатен софтуер за програмиране; много примери и библиотеки за ползване могат да се намерят в Internet; доста е разпространен; развива се все повече; разнообразие от датчици на добра цена (аналогови изходи, цифрови изходи, серийна комуникация и др.); разнообразие от управлявани индикации и LCD дисплеи.

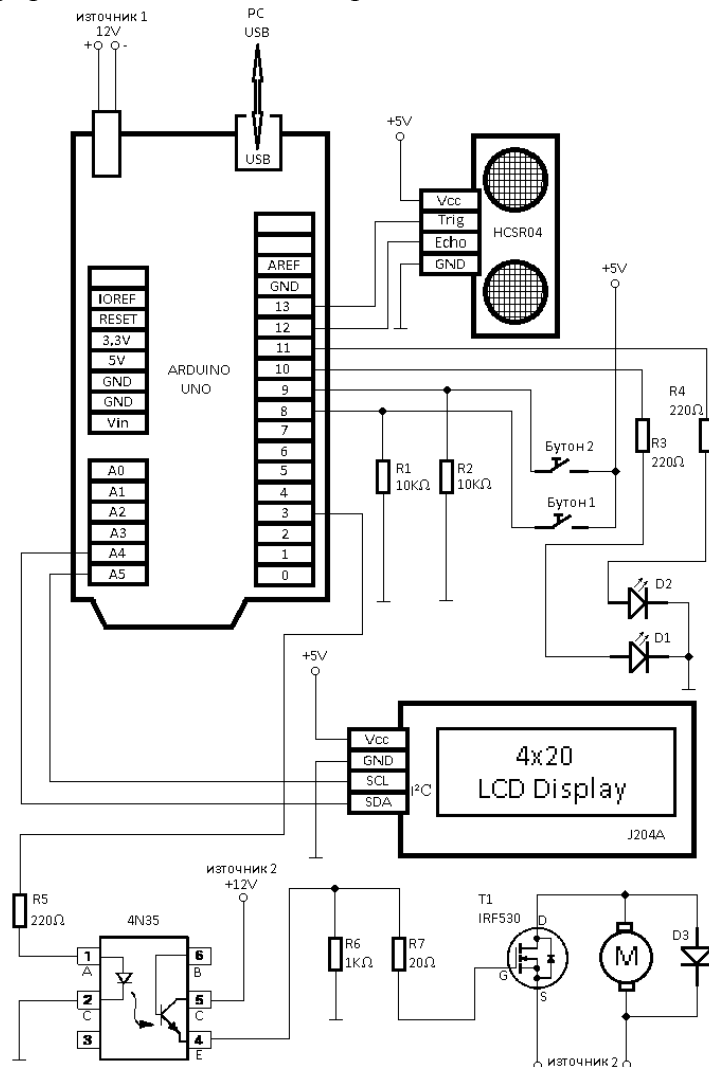
Електрическата схема на системата за поддържане на ниво на база микроконтролер Arduino е показана на фигура 2.

Обратната връзка в системата се реализира с ултразвуков датчик за измерване на разстояние HC-SR04. Извод Trig на сензора се свързва с pin 13 на платката на микроконтролера, а извод Echo се свързва с pin 12 на микроконтролера. Връзката е цифрова, като датчикът връща определен брой импулси, пропорционални на разстоянието.

В схемата са свързани два бутона (Бутон 1, Бутон 2) към pin 8 и 9, чрез които се променя стойността на заданието. D1 и D2 са светодиоди, свързани към pin 10 и 11. Те индикират достигнатите горна и долна стойност на заданието. Изобразяването на стойностите на заданието, текущото ниво, грешката и управляващото въздействие се осъществява със знаковсинтезиращ дисплей J204A, който е свързан с двупроводна линия по сериен комуникационен интерфейс I²C към платката на микроконтролера. Изводите SDA, SCL се свързват към pin A4 и A5 (аналогови входове), но в този случай се използват за комуникация по I²C.

Микроконтролерът Arduino Uno притежава няколко програмируеми ШИМ изхода. Носещата честота на ШИМ изхода е 490Hz. На ШИМ изхода може да се подават стойности от 0 до 255, което съответства на 0-100% запълване на изходния импулс.

Pin 3 е изходът на ШИМ-а за управление оборотите на постояннотоковия двигател на помпата. Изходът е с много ниска стойност на пропускания ток ($\leq 10\text{mA}$) и не може да се използва за директно захранване на помпата [6]. За повишаване на мощността и управление на помпата се използва MOSFET транзистор IRF530, като през оптрон за галванично разделяне се подава управляващият сигнал от pin 3.



Фиг. 2. Електрическа схема на системата за поддържане на ниво на база микроконтролер Arduino

При използването на общо захранване за контролера и за помпата се появяват паразитни смущения, които водят до „забиване” работата на системата. След галванично разделяне на захранванията и връзка през оптрона, системата работи нормално.

Експериментално изследване на системата за поддържане на ниво на вода

Експериментално снетата преходна характеристика на обекта е показана на фигура 3.

Тъй като закъснението $\tau_o < 1.5\text{s}$, то се пренебрегва. Следователно обектът се разглежда като аperiодично звено с предавателна функция:

$$W_o(p) = \frac{k_o}{T_o p + 1}, \quad (1)$$

където k_o е коефициентът на пропорционалност на обекта;

T_o – времеконстантата на обекта.

Определени са параметрите на обекта [1]:

$$k_o = \frac{y_{уст}}{\mu_{уст}} = \frac{20}{65.5} = 0.305 \text{ cm/\%},$$

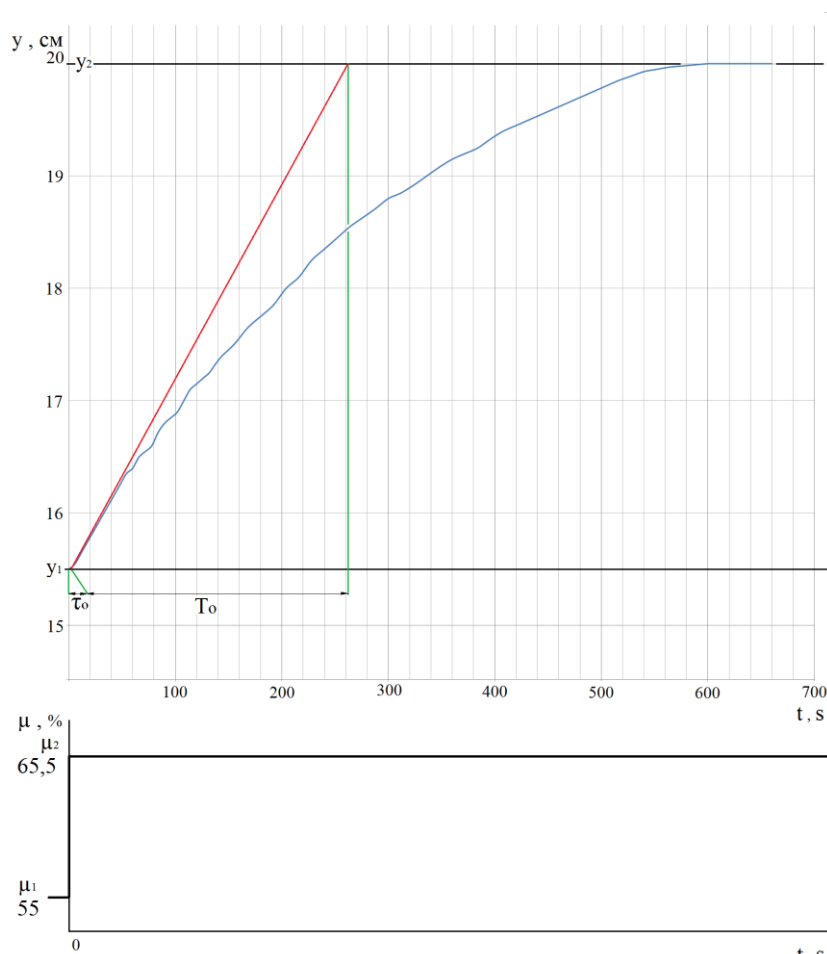
$$T_o = 262 \text{ s}.$$

В микроконтролера се зарежда ПИД регулатор с предавателна функция:

$$W_p(p) = K_p + \frac{K_i}{p} + K_d p \quad (2)$$

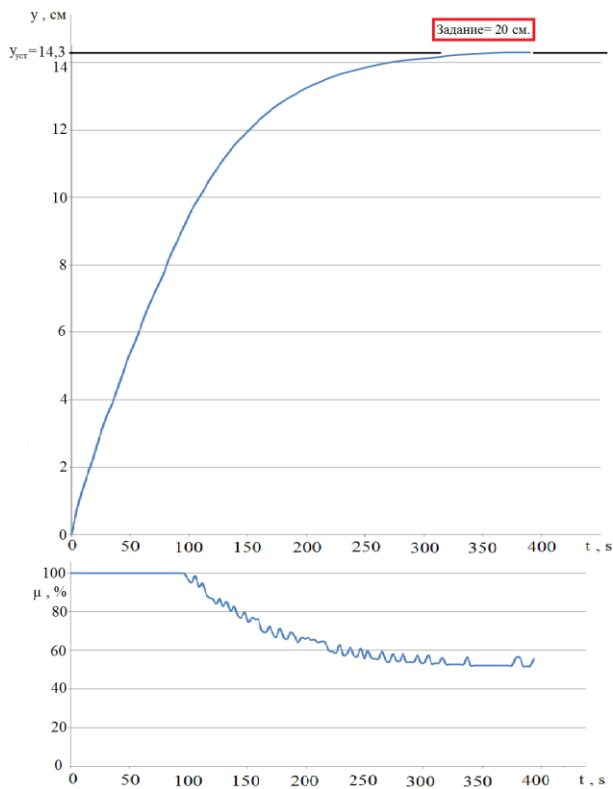
От това уравнение се получава П и ПИ регулатор като се нулират съставките:

- за П регулатор – K_p е число >0 , $K_i=0$, $K_d=0$;
- за ПИ регулатор – K_p е число >0 , K_i е число >0 , $K_d=0$.

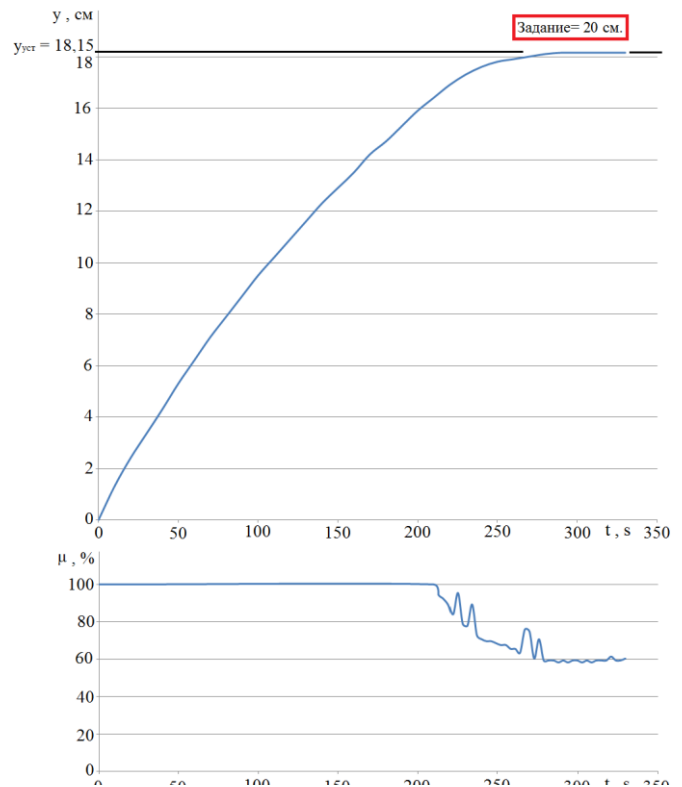


Фиг. 3. Преходна характеристика на обекта

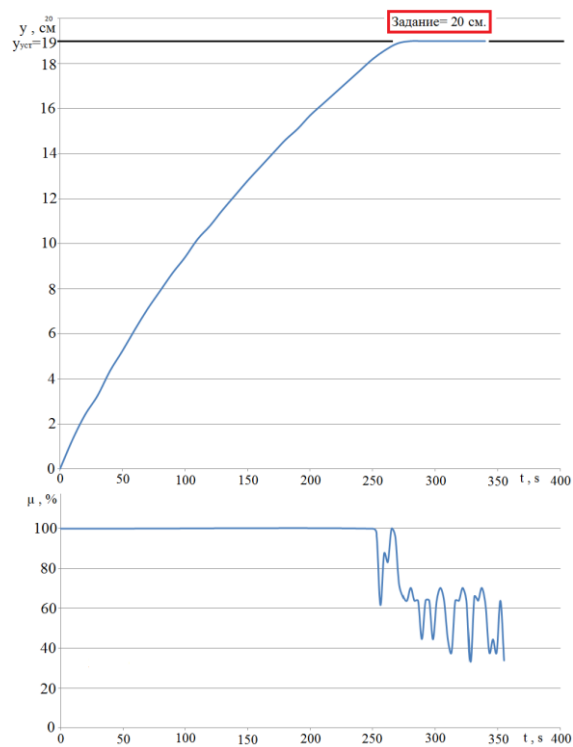
Експерименталните изследвания на системата за поддържане на ниво при различни стойности на коефициента на пропорционалност K_p на П регулатор са показани на фигура 4, фигура 5 и фигура 6.



Фиг. 4. П-регулятор с $K_p = 9\%/cm$



Фиг. 5. П-регулятор с $K_p = 30\%/cm$



Фиг. 6. П-регулятор с $K_p = 63\%/cm$

Грешката в установен режим при задаващо въздействие r се изчислява по формулата:

$$\epsilon_{уст} = \frac{r}{1 + K_p k_o}, \quad (3)$$

където r е задаващото въздействие.

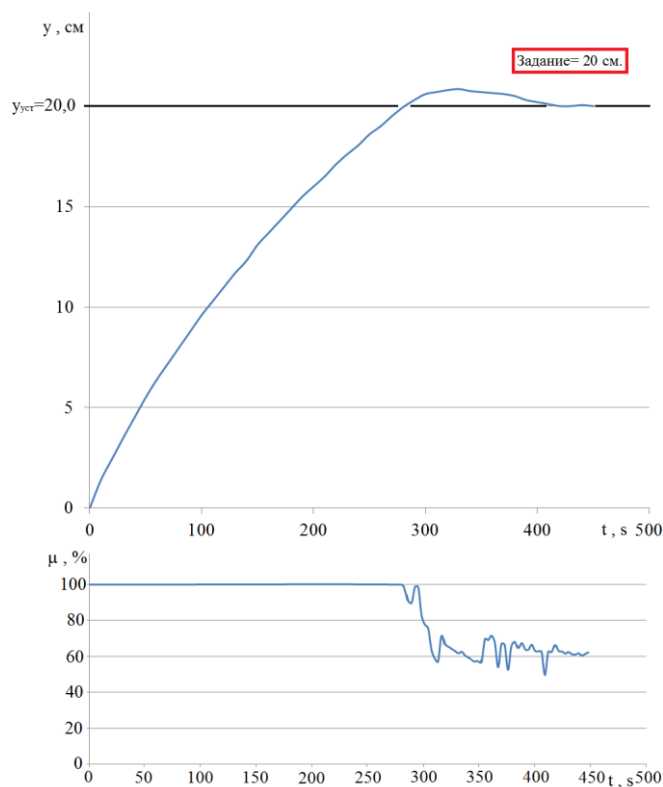
Експериментално определените и теоретично изчислените по (3) стойности на грешката в установен режим са показани в таблица 1.

Таблица 1

K_p , %/cm	$\varepsilon_{уст}$, cm експериментално	$\varepsilon_{уст}$, cm теоретично
9	5.7	5.34
30	1.9	1.97
63	1	0.99

Получените резултати показват, че експериментално определената грешка в установен режим е много близка до теоретично изчислената. Грешката при отработване на задаващото въздействие намалява с увеличаване на коефициента на пропорционалност на регулатора K_p . При това обаче съществено се увеличава колебателността на управляващото въздействие и регулаторът започва да работи почти в двупозиционен режим, т.е. редуват се стойности на управляващото въздействие - близка до 0% и близка до 100%. При по-нататъшното увеличаване на коефициента на пропорционалност се намалява запасът на устойчивост и системата може да стане неустойчива.

За да се отстрани грешката в установен режим, се изследва ПИ закон за управление. За изследването на ПИ регулатора се получи резултатите, показани на фигура 7.



Фиг. 7. ПИ регулатор с $K_p=30\%/cm$ и $K_i=0.9\%/s.cm$

При работа на системата с ПИ регулатор грешка в установен режим при отработване на задаващото въздействие няма, което се вижда и на графиката, показана на фигура 7.

Заклучение

Разработената лабораторна система за управление на ниво на течности доказва, че Arduino Uno, основната серия контролери на Arduino, е подходящо за реализацията на

демонстрационни проекти. С микроконтролер Arduino може да се реализира реално работеща система за автоматично управление.

Реализираната установка може да се ползва за експерименти с използваната микропроцесорна развойна платформа Arduino, за измерване на ниво с ултразвуков преобразувател, управление на широчинно-импулсен преобразувател за задвижване на постояннотоков електродвигател, извеждане на информация на индикаторен панел по I²C интерфейс. Разработената система позволява записване на изменението на нивото на течността и изменението на управляващото въздействие и анализ на качеството на процесите при различни закони за управление.

Литература

- [1] Лехов, Г., Теория на управлението. Част I, Русе, Университетско издателство "А. Кънчев", 2012, стр. 282
- [2] Младенов М., М. Деянов, Проектиране на системи за управление на технологични обекти. Русе, Университетско издателство "А. Кънчев", 2013.
- [3] <http://engineering-review.bg/engineering-statii.aspx?br=83&rub=916&id=2031>
- [4] <http://www.arduino.cc>
- [5] http://www.robotev.com/downloads/zapoznanstvo_s_arduino_v2.pdf
- [6] <http://www.technolife.bg/userfiles/editor/file/techspecificationspdf/5/55326.pdf>

За контакти:

гл.ас. д-р инж. Николай П. Вълов
катедра „Автоматика и мехатроника”
Русенски университет „Ангел Кънчев”
e-mail: npvalov@uni-ruse.bg

инж. Боян Митев Петров
гр.Варна
e-mail: boian_petrov@abv.bg



СТЪПКОВ РЕГРЕСИОНЕН АНАЛИЗ НА ВЛИЯНИЕТО НА НЕСИМЕТРИЧНИТЕ И НЕСИНУСОИДАЛНИ ТОВАРИ И ОТКЛОНЕНИЕТО НА НАПРЕЖЕНИЕТО ВЪРХУ ЗАГУБИТЕ НА АКТИВНА МОЩНОСТ В ПРОМИШЛЕНО ПРЕДПРИЯТИЕ

Росен Н. Василев, Пламен В. Парушев, Димитър Г. Генов

Резюме: В доклада се разглежда приложението на стъпков регресионен анализ за получаване на модел, оценяващ влиянието на несиметричните и несинусоидални товари и отклонението на напрежението, върху загубите на активна мощност в предприятие от електротехническата промишленост в Република България. Използван е активно-пасивен експеримент, с целева функция – относителното изменение на загубите на активна мощност и три влияещи фактора – отклонение на напрежението, несиметрия на напрежението и несинусоидалност на напрежението. Математичния модел е избран след доказване на неговата работоспособност. Определени са минималните и максимални стойности на загубите.

Ключови думи: загуби на активна мощност; регресионен анализ; оптимизация.

Stepwise Regression Analysis of the Impact of Asymmetric and Non-Sinusoidal Loads and Offset Voltage on Losses of Active Power in Industrial Plant

Rosen N. Vasilev, Plamen V. Paushev, Dimitar G. Genov

Abstract: The report examines the application of the stepwise regression analysis to obtain a model assessing the impact of asymmetric and non-sinusoidal loads and voltage offset over the losses of active power in the company of the electrical industry in Bulgaria. Used active-passive experiment with target function - the relative change of active power losses and three influencing factors - bias voltage, voltage unbalance and nonsinusoidalness tension. The mathematical model is obtained after proving its adequacy. Certain minimum and maximum values of losses.

Keywords: losses of active power; regression analysis; optimization

1. Увод

Един от основните показатели, по който се оценява електроснабдяването в електрическите системи, е качеството на електрическата енергия. То се характеризира не само с техническата допустимост на параметрите, с които електрическата енергия се подава на потребителите, но и с икономическата ефективност на оползотворяването на тази енергия. Техническите условия, лимитиращи границите на изменение на качествените показатели на ел. енергия, се определят от неблагоприятните икономически последствия, до които може да доведе нарушаването на тези граници.

Влиянието на несиметрията и нелинейния характер на електрическите потребители върху съоръженията от електроенергийната е твърде неблагоприятно [1]. Те водят до поява на допълнителни загуби в електрическите системи, електрическите машини и силовите трансформатори, затрудняват компенсацията на реактивната мощност с кондензаторни батерии, съкращават срока на експлоатация на изолацията и влошават качеството на работа на системите за релейна защита, автоматика, телемеханика и връзки.

С повсеместното навлизане на мощни нелинейни и несиметрични в електрическо отношение потребители, с използването на електронни и компютърни системи за управление се поставят за решаване актуални за практиката проблеми, свързани със състоянието на

качествените показатели на електрическата енергия. Това налага провеждането на изследвания с оглед намиране на ефективни методи и средства, за осигуряване нормална работа на потребителите на електрическа енергия [1, 2, 3, 4].

В предлаганата статия се разглежда обобщен подход за изследване и анализ на част от основните фактори, влияещи върху загубите на активна мощност в предприятие от електротехническата промишленост в Република България, чрез средствата на математическото моделиране по експериментални данни.

2. Изложение

Обект на разглеждане е предприятие от електротехническата промишленост за производство на електрически табла и трансформатори, което се характеризира със значително изменение на несиметричните и несинусоидални товари и отклонение на захранващото напрежение, следствие на което са регистрирани значителни загуби на активна мощност [1].

За целите на математическото моделиране като влияещи фактори са избрани [2,4]: отклонение на напрежението $X_1 = \delta U [\%]$; несиметрия на захранващото напрежение, изразена чрез коефициента на несиметрия $X_2 = \varepsilon_2 [\%]$ и несинусоидалност на захранващото напрежение, изразена чрез коефициента на несинусоидалност $X_3 = K_{НС} [\%]$. Реализиран е активно-пасивен експеримент. Използван е максимално допустимият диапазон на изменение на влияещите фактори според стандарта БДС EN 50160: за X_1 (-10; 0; +10); X_2 (0; 1; 2); X_3 (0; 2.5; 5). Целевата функция Y_e представлява относителното изменение на загубите на активна мощност в предприятието, обусловено от влиянието на променящите се фактори. Необходимата информация е получена посредством измервания с прибор РМ 760 ISKRA, поставен в главното електрическо табло. Посредством детерминирани и вероятно-статистически методи са определени стойностите на целевата функция в отделните точки от плана, дадени като елементи на транспонирания вектор

$$Y_e^T = [3.14 \ 2.98 \ 3.31 \ 3.08 \ 3.13 \ 3.14 \ 3.67 \ 3.33 \ 3.14 \ 3.24 \ 3.16 \ 3.1 \ 3.14 \ 3.16]$$

Обработката на резултатите се извършва с прилагане на стъпков регресионния анализ [5].

Общият вид на математическия модел е

$$Y = b_1 + b_2 X_1 + b_3 X_2 + b_4 X_3 + b_5 X_1 X_2 + b_6 X_1 X_3 + b_7 X_2 X_3 + b_8 X_1^2 + b_9 X_2^2 + b_{10} X_3^2 \quad (1)$$

Броят на опитите в плана на експериментите е $N=14$. Факторите са $m=3$. Коефициентите на регресионния модел се изчисляват с използване на матричното уравнение

$$\mathbf{b} = [\mathbf{F}^T \cdot \mathbf{F}]^{-1} \cdot \mathbf{F}^T \cdot \mathbf{Y} \quad (2)$$

Намирането на качествен математичен модел може да се постигне след прилагане на стъпков регресионен анализ [5], т. е. избиране на определен математичен модел със съответна структура, разширена матрица на плана, определяне на коефициентите на модела, значимост на коефициента на множествена корелация (мярка на определеност) R . В общия случай R определя реалността на връзката на целевата функция с факторите и функциите. При положителен резултат процедурата приключва, в противен случай се отстраняват незначимите регресионни коефициенти и регресионният анализ се повтаря до получаване на работоспособен математичен модел.

Матричното представяне на данните е подходящо за използване на продукта Matlab.

Разширената матрица на плана има вида:

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} 1 & -10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 100 & 0 & 0 \\ 1 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 100 & 0 & 0 \\ 1 & -10 & 2 & 0 & -20 & 0 & 0 & 100 & 4 & 0 \\ 1 & 10 & 2 & 0 & 20 & 0 & 0 & 100 & 4 & 0 \\ 1 & -10 & 0 & 5 & 0 & -50 & 0 & 100 & 0 & 25 \\ 1 & 10 & 0 & 5 & 0 & 50 & 0 & 100 & 0 & 25 \\ 1 & -10 & 2 & 5 & -20 & -50 & 10 & 100 & 4 & 25 \\ 1 & 10 & 2 & 5 & 20 & 50 & 10 & 100 & 4 & 25 \\ 1 & 10 & 1 & 2.5 & 10 & 25 & 2.5 & 100 & 1 & 6.25 \\ 1 & -10 & 1 & 2.5 & -10 & -25 & 2.5 & 100 & 1 & 6.25 \\ 1 & 0 & 2 & 2.5 & 0 & 0 & 5 & 0 & 4 & 6.25 \\ 1 & 0 & 0 & 2.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6.25 \\ 1 & 0 & 1 & 5 & 0 & 0 & 5 & 0 & 1 & 25 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Информационната матрица се получава след умножение на $\mathbf{F}^T \mathbf{F}$

$$\mathbf{F}^T \mathbf{F} = \begin{bmatrix} 10 & 0 & 10 & 40 & 0 & 0 & 40 & 1000 & 20 & 150 \\ 0 & 1000 & 0 & 0 & 1000 & 2500 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & 0 & 20 & 40 & 0 & 0 & 60 & 1000 & 40 & 150 \\ 40 & 0 & 40 & 150 & 0 & 0 & 150 & 250 & 60 & 690 \\ 0 & 1000 & 0 & 0 & 1800 & 2500 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2500 & 0 & 0 & 2500 & 11250 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 40 & 0 & 60 & 150 & 0 & 0 & 260 & 2500 & 110 & 690 \\ 1000 & 0 & 1000 & 2500 & 0 & 0 & 2500 & 100000 & 1800 & 11250 \\ 20 & 0 & 40 & 60 & 0 & 0 & 110 & 1800 & 80 & 260 \\ 150 & 0 & 150 & 690 & 0 & 0 & 690 & 11250 & 260 & 3280 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Тя не е диагонална, поради което не може да се приложи процедурата за проверка на значимост на определените коефициенти.

Таблица 1. Типови модели и коефициентите им

модел	k	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	b_9	b_{10}
1	7	3,0718	-0,0037	0,0485	0,0066	-0,0052	0,0003	0,023	-	-	-
2	10	3,0338	-0,0037	0,036	-0,0144	-0,0052	0,0003	0,023	0,0007	0,0063	0,0042
3	6	3,0718	-0,0029	0,0485	0,0066	-0,0052	-	0,023	-	-	-
4	5	3,0718	-0,0082	0,0485	0,0066	-	-	0,023	-	-	-
5	4	3,0143	-0,0082	0,106	0,0296	-	-	-	-	-	-
6	3	3,0883	-0,0082	0,106	-	-	-	-	-	-	-
7	3	3,1203	-0,0082	-	0,0296	-	-	-	-	-	-
8	8	3,0313	-0,0029	0,0485	-0,0156	-0,0052	-	0,023	0,0007	-	0,0044
9	9	3,0237	-0,0037	0,0239	0,0066	-0,0052	0,0003	0,023	0,0007	0,0123	-
10	9	3,0313	-0,0037	0,0485	-0,0156	-0,0052	0,0003	0,023	0,0007	-	0,0044
11	9	3,0898	-0,0037	0,0054	-0,0266	-0,0052	0,0003	0,023	-	0,0215	0,0066
12	8	3,0175	-0,0037	0,0485	-0,0066	-0,0052	0,0003	0,023	0,0008	-	-
13	8	3,0855	-0,0037	0,0485	-0,0318	-0,0052	0,0003	0,023	-	-	0,0077
14	7	3,0175	-0,0029	0,0485	0,0066	-0,0052	-	0,023	0,0008	-	-
15	7	3,0855	-0,0029	0,0485	-0,0318	-0,0052	-	0,023	-	-	0,0077
16	8	3,0815	-0,0037	-0,0195	0,0066	-0,0052	0,0003	0,023	-	0,034	-

В таблица 1 са дадени 16 модела със съответна структура и определените по (2) коефициенти, записани в редовете. Тук k е броят на коефициентите на модела.

Таблица 2. Параметри за диагностична проверка на моделите

1	2	3	4	5	6	7	8	9
модел	R	F _{изч}	v ₁	v ₂	F(0,05; v ₁ ; v ₂)	СКГ	S ²	пригодност
1	0,9044	5,2437	6	7	3,87	0,063	0,0048	+
2	0,9336	3,0193	9	4	6	0,0444	0,0034	-
3	0,9037	7,1291	5	8	3,69	0,0635	0,0049	+
4	0,8678	6,8608	4	9	3,63	0,0855	0,0066	+
5	0,8226	6,9761	3	10	3,71	0,112	0,0086	+
6	0,7201	5,9241	2	11	3,98	0,1667	0,0128	+
7	0,5935	2,991	2	11	3,98	0,2243	0,0173	+
8	0,9328	5,7419	7	6	4,22	0,045	0,0035	+
9	0,931	4,0669	8	5	4,82	0,0461	0,0035	-
10	0,9335	4,2354	8	5	4,82	0,0445	0,0034	-
11	0,9168	3,2933	8	5	4,82	0,0552	0,0042	-
12	0,9304	5,5229	7	6	4,22	0,0465	0,0036	+
13	0,9149	4,4018	7	6	4,22	0,0564	0,0043	+
14	0,9297	7,4342	6	7	3,87	0,047	0,0036	+
15	0,9142	5,9347	6	7	3,87	0,0569	0,0044	+
16	0,9097	4,113	7	6	4,22	0,0597	0,0046	-

В таблица 2 са дадени необходимите параметри за диагностична проверка на качеството на моделите. В колона 2 са определените стойности на R,

$$R = \{(\mathbf{Y}_{\text{mod}} - \mathbf{m}_y)^T \cdot (\mathbf{Y}_{\text{mod}} - \mathbf{m}_y) / (\mathbf{Y}\mathbf{e} - \mathbf{m}_y)^T \cdot (\mathbf{Y}\mathbf{e} - \mathbf{m}_y)\}^{0.5}, \quad (5)$$

където $\mathbf{m}_y = \mathbf{M}(\mathbf{Y}\mathbf{e})$.

За проверка на значимост на същите по критерия на Фишер са изчислени стойностите F_{изч} по формулата

$$F_{\text{изч}} = [R^2 \cdot (N - k)] / [(1 - R^2) \cdot (k - 1)] \quad (6)$$

Последните имат разпределение на Фишер със степени на свобода $v_1 = k - 1$ и $v_2 = N - k$, дадени в колони 4 и 5 на таблицата. Приема се, че определено R е значимо и моделът може да се използва за предсказване, ако се изпълнява условието

$$F_{\text{изч}} > F(\alpha; v_1; v_2), \quad (7)$$

където α е ниво на значимост. $F(\alpha; v_1; v_2)$ се определя от таблици с разпределение на Фишер и за различните модели е дадено в колона 6. Пригодността на даден модел е дадено с (+) и е посочено в колона 9.

Грешката от предсказване във векторен вид е

$$\mathbf{e} = \mathbf{Y}\mathbf{e} - \mathbf{Y}_{\text{mod}}, \quad (8)$$

където елементите на $\mathbf{Y}_{\text{mod}}$ се получават когато в модела се заместят определените при изчислителните процедури коефициенти и съответните функции.

Сумата от квадратите на грешките (СКГ) се определят по израза

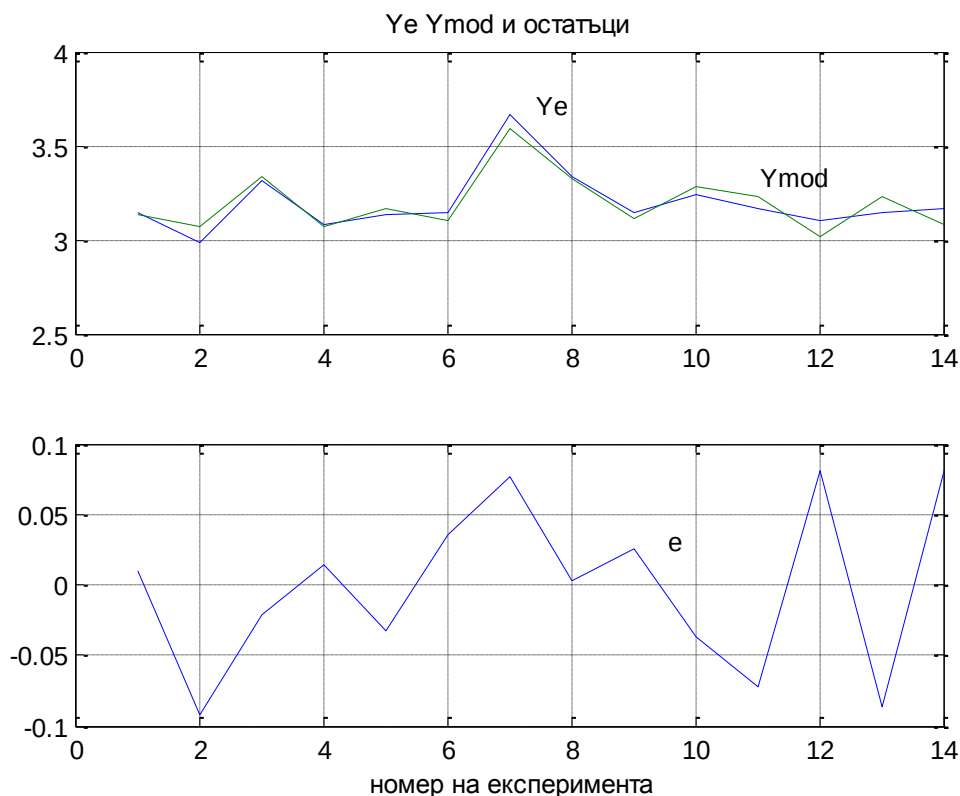
$$\text{СКГ} = \mathbf{e}^T \cdot \mathbf{e} \quad (9)$$

и са дадени в колона 7, а неизместената оценка на дисперсията им S^2 в колона 8.

Като модел, пригоден за предсказване и апроксимиращ с достатъчна точност експерименталните данни, е приет с номер 8 т.е.

$$Y_{\text{mod}} = 3.0313 - 0.0029X_1 + 0.0485X_2 - 0.0156X_3 - 0.0052X_1X_2 + 0.023X_2X_3 + 0.0007X_1^2 + 0.0044X_3^2 \quad (10)$$

На фигура 1 са показани графиките на изменение на експерименталните данни $\mathbf{Y}\mathbf{e}$, математическото моделиране по модела 8 ($\mathbf{Y}_{\text{mod}}$) и остатъците $\mathbf{e} = \mathbf{Y}\mathbf{e} - \mathbf{Y}_{\text{mod}}$.



Фиг. 1. Графики на изменение на Y_e , Y_{mod} и e

Определяне на минимални и максималните загуби

Задачата за определяне на минималните и максимални загуби на активна мощност $\Delta P_{\text{елек}}$, вследствие на несиметричните и несинусоидални товари и отклонението на напрежението, в промишленото предприятие е решена след определяне на минималната и максимална стойност на целевата функция (6), при удовлетворяване на следните ограничителни условия: $-10 \leq X_1 \leq 10$; $0 \leq X_2 \leq 2$; $0 \leq X_3 \leq 5$). Предвид нелинейния характер на (10) и наложените областни ограничения екстремалните точки са локализирани по метода на покоординатното движение със стъпки: $\Delta X_1=0.05$; $\Delta X_2=0.05$ и $\Delta X_3=0.05$.

А) Минимални загуби на активна мощност $\Delta P_{\text{елек}}$

Определени са следните стойности: $X_{1\min}=2$; $X_{2\min}=0$; $X_{3\min}=1,8$, $Y_{\min}(2;0;1,8)=3,0145$.

Б) Максимални загуби на активна мощност $\Delta P_{\text{елек}}$

Определени са следните стойности: $X_{1\max}=-10$; $X_{2\max}=2$; $X_{3\max}=5$, $Y_{\max}(-10;2;5)=3,5933$.

3. Заключение

Посредством натрупани експериментални данни и използвайки стъпков регресионен анализ, е определен математически модел на влиянието на несиметричните и несинусоидални товари и отклонението на напрежението върху загубите на активна мощност в предприятие от електротехническата промишленост. На негова база са определени минималните и максимални относителни активни загуби и условията, които ги определят. Взаимодействието на факторите $X_1 X_3$ и X_1^2 оказва несъществено влияние върху целевата функция Y , в регламентирания диапазон на изменението на X_1 и X_3 , и не влияе съществено върху относителните загуби на активна мощност за разглеждания обект.

Литература

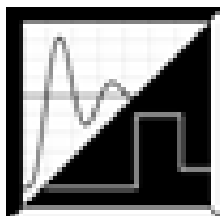
- [1]. Парушев П. Изследване на влиянието на несиметрични и нелинейни производствени агрегати върху показателите на качеството на електрическата енергия, Дисертация, 2014г.
- [2]. Киров Р. М., Василев Р. Н., Комплексен многофакторен подход при минимизиране нивото на качествените показатели на ел. енергия в електропотребителната система на промишлените предприятия, Научна конференция, Технически университет Габрово, Сборник доклади стр.113-119, Габрово, 23-25 октомври, 1991.
- [3]. Василев Р. Н., Изследване влиянието на законите на разпределение върху критериите за проверка на хипотезите за математическото очакване и дисперсията в метрологически задачи, 2 Международен конгрес по машинно електроинженерство и морска индустрия, МЕЕМИ 2005, т.І, стр. 135÷139, 7÷9 октомври 2005г., Варна
- [4]. Пламен Парушев, Владимир Чиков, Валентин Гюров, Росен Василев, Никола Македонски, Изследване показателите на качеството на електрическата енергия в условията на несиметрично и нелинейно натоварване, Годишник на ТУ-София, том 63, книга 6, 2013г., стр.219-227, ISSN:1311- 0829, V-та конференция на Електротехнически факултет „ЕФ 2013“, 2-5 Септември 2013г., Созопол, България.
- [5]. Генов, Д. Идентификация на системи, ТУ- Варна, 2007, 380 с.

За контакти:

доц. д-р инж. Росен Н. Василев
катедра "Теоретична и измервателна електротехника"
E-mail: rsnvasilev@tu-varna.bg

гл. ас. д-р инж. Пламен В. Парушев
катедра „Ел. снабдяване и ел. обзавеждане“
E-mail: pvparushev@abv.bg

доц. д-р инж. Димитър Г. Генов
E-mail: dggenov43@gmail.com



ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРИЛОЖЕНИЯТА НА УЕЙВЛЕТ ФУНКЦИИТЕ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА СИСТЕМИ

Марияна Г. Тодорова, Ренета Д. Иванова

Резюме: През последните години уейвлет функциите намират все по-широко приложение в инженерната дейност, в това число и при идентификация на динамични системи. В настоящата статия са разгледани особеностите и свойствата на уейвлет функциите и приложението им при решаване на задачи за идентификация. Направени са изводи и са набелязани потенциални бъдещи изследователски приложения.

Ключови думи: ортогонални функции, уейвлет функции, уейвлет преобразуване, идентификация на системи.

Research on wavelet function applications in system identification

Mariana G. Todorova, Reneta D. Ivanova

Abstract: In recent years the wavelet functions are becoming more widely used in engineering, including identification of dynamical systems. The characteristics and properties of wavelet functions are examined in the present paper and an overview of their application in solving various tasks (identification) in the field of automatic control is made. Conclusions are made and potential future research directions and applications are identified.

Keywords: orthogonal functions, wavelet functions, wavelet transformation, system identification

1. Въведение

Идентификацията на динамични системи включва въпросите за определяне на структурата на модела и съответните ѝ параметри. При по-сложните системи, особено при тези с разпределени параметри, основен подход при решаване на задачата за идентификация се състои в предварително избиране на вида на уравненията, описващи моделиращата структура, на основата на определена априорна информация за протичащите физически процеси, като по този начин проблемът се свежда до оценка на параметри. Задачата за параметрична идентификация е задача за определяне по експериментални данни на такъв набор неизвестни параметри на математическия модел, при който в границите на желания диапазон на работните условия изходните параметри на модела са близки, в някакъв определен смисъл, към изходните параметри на самия физически процес, при условие, че моделът и процесът се подлагат на аналогични входни въздействия.

При параметрична идентификация на динамични системи все по-често се използват методи, основани на прилагането на ортогонални функции, в частност – на уейвлет функции. Областите на приложение на уейвлет функциите значително нараснаха през последното десетилетие. Уейвлет функциите имат сериозен принос в комуникациите, прогнозирането, анализа на финансовите пазари, медицината, сеизмологията и други области, където е необходимо да бъдат обработвани силно зашумени сигнали. Уейвлет анализът е мощна алтернатива на класическия анализ на Фурие, осигуряващ по-гъвкава техника за обработка на сигнали. Той позволява изследването на данни, като дава възможност за компресиране, филтриране и анализ на информация. С помощта на базовите уейвлет функции успешно могат да бъдат решени редица задачи за моделиране на динамични системи.

В настоящия доклад е направен литературен обзор на научните статии и доклади, засягащи въпросите за идентификация на динамични системи посредством използване на

уейвлет функции. Литературните източници са групирани според годината на издаване, разглежданите проблеми, особеностите на обектите за идентификация и използваните уейвлет функции. Опитът на авторите в разглежданата област е обобщен и са направени съответните изводи.

2. Уейвлет преобразуване

Елементарните вълни са специален вид ортогонални функции, които се използват за разлагане на функции или непрекъснати във времето сигнали по честотни елементи и изучаването на всеки честотен елемент с разделителна способност, съответстваща на мащаба му. Те осигуряват много добра разделителна способност по време за високи честоти и удовлетворително разрешение по честота за ниски честоти. Това е възможно дори при отсъствие на информация за характера на времевите и честотните параметри на сигнала.

Съществуват няколко подхода за определяне на елементарните вълни: посредством мащабиращ филтър, мащабираща функция и уейвлет функция. Уейвлетите биват ортогонални, полуортогонални и биортогонални. Уейвлет функцията може да бъде симетрична, асиметрична и несиметрична, с компактен домейн и липса на такъв, като имат различна степен на гладкост. Съществува голямо разнообразие от семейства елементарни вълни, които са доказали, че са особено полезни при обработката на сигнали. Някои от тях са вълничките на Haar, Daubechies, Morlet, Meyer, Coiflets, вълничките „мексиканска шапка“, биортогоналните вълнички и други.

Уейвлет функциите принадлежат на $L^2(R)$ пространството и имат нулева средна стойност.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0 \quad (1)$$

При някои уейвлет функции, наречени уейвлети от m -та степен, е възможно не само нулевият, но и всички m момента да са равни на нула [1].

$$\int_{-\infty}^{\infty} t^j \psi(t) dt = 0, \quad j = 0, 1, \dots, m \quad (2)$$

Уейвлетите от дадено семейство $\psi_{a,b}(t)$ се определят чрез функцията $\psi(t)$ (майчин уейвлет) и мащабиращата функция $\phi(t)$ (бащин уейвлет) във времевата област. Те са мащабирани и транслирани копия на вълната-майка $\psi(t)$, която обикновено е бързо затихващо трептение или такова с крайна дължина. В израз (3) вълната-майка е мащабирана с коефициент a и транслирана с коефициент b .

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad a, b \in R, a \neq 0 \quad (3)$$

Вълничковото (уейвлет) преобразуване представлява представяне на функции с помощта на уейвлет функции. Основната идея на вълновата трансформация е, че тя трябва да позволява само промените в големината, но не и във формата на вълната. Това се влияе от избора на подходящи базисни функции.

Уейвлет преобразуването често се сравнява с преобразуването на Фурие, в което сигналите са представяни като сума от синусоиди. Обратно на Фурие, уейвлет анализът позволява да се проследи развитието във времето на спектъра на честотите, съдържащи се в сигнала. Уейвлетите са локализирани едновременно и по честота, и по време, докато при стандартното преобразуване на Фурие има само локализация по честота. Предимството му пред класическото преобразуване на Фурие се проявява най-вече при представянето на

функции с остри скокове, точки на прекъсване, както и за точното разлагане и възстановяване на крайни непериодични сигнали или на променливи сигнали.

Уейвлет преобразуването на дадена функция $f(t)$ може да се представи по следния начин:

$$Wf(b, a) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{a}} \psi^*\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (4)$$

Вълновите коефициенти c_{jk} могат да бъдат изчислени по следната формула

$$c_{jk} = [Wf(b, a)](2^{-j}, k2^{-j}), \quad (5)$$

където $2^{-j}a$ се нарича двоична дилатация, а $k2^{-j} = b$ се нарича двоична позиция.

Уейвлет преобразуванията се разделят на дискретни и непрекъснати. Непрекъснатите преобразувания използват всички възможни мащаби и трансформации, докато дискретните преобразувания използват само някои мащаби и трансформации от предварително зададен масив. Характерното за дискретния и непрекъснатия вълничков анализ е, че дискретното преобразуване се използва за конвертиране и кодиране на сигнали, а непрекъснатото - за анализ на самия сигнал.

В днешно време уейвлет трансформацията е една от най-популярните честотни трансформации. Тя намира широко приложение в много математически и инженерни области.

3. Процедура за идентификация посредством уейвлет функции

Най-общо алгоритъмът за идентификация може да се представи със следните основни стъпки:

Стъпка 1. Уравненията от математическия модел на разглеждания обект се интегрират по времето t в границите $[0; t]$, ако математическият модел е във вид на обикновено диференциално уравнение или система обикновени диференциални уравнения. В случаите, когато обектът е с разпределени параметри и за математическото описание на динамичното му поведение се използват частни диференциални уравнения или системи частни диференциални уравнения, интегриране се извършва и по пространствените координати.

Стъпка 2. Функциите от получените след интегриранията уравнения се разлагат по предварително избрани уейвлети.

Стъпка 3. Получените разложения се заместват в уравненията от Стъпка 1.

Стъпка 4. В резултат от прилагането на свойствата на елементарните вълни се получава система уравнения, която за удобство може да бъде представена в матрична форма (във вид на матрично уравнение).

Стъпка 5. Векторът, съдържащ оценките на параметрите от математическия модел, се определя при решаване на матричното уравнение, получено в Стъпка 4.

4. Приложения на уейвлет функциите при идентификация на системи

Възможността за идентификация на динамични системи посредством уейвлет функции е използвана от множество изследователи.

Pati и Krishnaprasad в [26] представят алгоритъм за идентификация на линейна система на базата на уейвлет функции. Проблемът за оценяване на параметрите на линейни системи с помощта на уейвлет функции е във фокуса на внимание на редица статии ([3], [4], [8], [14], [15], [17], [25], [27], [31], [32], [40], [44], [48], [56], [61]).

Още през 1990 г. Willsky и колектив [51] анализират проблема за приложение на уейвлет трансформациите при идентификация на стохастични процеси. По-късно Lee и

Chung [18] извършват идентификация на стохастични процеси в реално време. Уейвлет функции са използвани за същите цели и от други автори ([11], [12], [30], [41], [53]).

През 1992 г. Tsatsanis и Giannakis [5] прилагат елементарни вълни при идентификация на нестационарни системи. Възможността за използване на свойствата на уейвлет функциите при решаване на подобни проблеми е използвана по-късно от множество автори ([3], [8], [10], [23], [25], [32], [49], [55], [57]).

Уейвлет функции са използвани и при идентификация на инвариантни линейни и нелинейни системи ([6], [15], [27], [31]).

Прави впечатление значителният брой научни статии и доклади, посветени на въпроса за идентификация на нелинейни системи посредством уейвлет функции ([5], [9], [10], [13], [14], [16], [19], [20], [22], [28], [31], [34], [36], [37], [38], [39], [42], [43], [45], [48], [52], [58], [63]). Majhi, Sahrnbi и Atherton в [22], а по-късно и Liang Jin-Wei в [19], извършват идентификация на нелинейни системи в реално време.

Сравнително малък е броят на научните изследвания, в които възможностите на уейвлет преобразуването са използвани за идентификация на обекти с разпределени параметри ([4], [21], [44], [61], [65]).

Използваните идентификационни процедури са в off-line режим и само незначителна засега част от тях - в режим на реално време ([3], [19], [22]).

Забелязва се, че предимно се работи със симулирани данни на литературни обекти ([6], [20], [22], [40], [43], [46], [55], [65]) и по-рядко са използвани входно-изходни данни за изследваните обекти, получени от провеждането на реален експеримент ([18], [24], [44], [45], [53], [56], [63]).

Честа практика е за точността на получените математически модели да се съди посредством сравняване на получените оценки на параметрите от модела с техни предварително известни стойности ([41]).

За по-голяма нагледност литературните източници са подредени по годината на издаване в Таблица 1.

Таблица 1. Приложения на уейвлет функциите при идентификация на системи

Година	Номер на литературата	Приложение
1990	[51]	Идентификация на стохастични процеси
1992	[26]	Идентификация на линейни системи
	[5]	Идентификация на нестационарни системи
1993	[31]	Идентификация на инвариантни линейни и нелинейни системи
	[47]	Параметрична идентификация на нестационарни системи
1994	[27]	Идентификация на инвариантни линейни системи
1995	[38]	Идентификация на нелинейни системи
1996	[7]	Идентификация на нестационарни линейни системи
1997	[18]	Идентификация на стохастични процеси в реално време
	[24]	Идентификация на непрекъснати системи
	[13]	Идентификация на нелинейни системи
	[4]	Идентификация на обекти със съсредоточени и разпределени параметри посредством функции на Хаар

1998	[37]	Идентификация на нелинейни системи
	[49]	Параметрична идентификация на нестационарни системи
	[20]	Идентификация на нелинейни системи
	[40]	Идентификация на линейни системи
	[28]	Идентификация на нелинейни системи
	[16]	Идентификация на нелинейни динамични системи
1999	[39]	Идентификация на нелинейни системи
	[12]	Идентификация на стохастични процеси
	[52]	Идентификация на нелинейни системи
2000	[42]	Идентификация на нелинейни динамични системи
		Идентификация на нестационарни линейни системи
	[55]	Идентификация на нелинейни динамични системи
	[36]	Идентификация на нестационарни системи
	[57]	Идентификация на стохастични процеси
	[11]	Идентификация на стохастични процеси
	[30]	Идентификация на дискретни ситеми
	[64]	Идентификация на линейни нестационарни динамични системи
	[8]	
	[21]	Редукция на реда на модела на обект с разпределени параметри посредством уейвлет функции
2001	[9]	Параметрична идентификация на нелинейни системи
	[22]	Параметрична on-line идентификация на нелинейни системи
	[5]	Идентификация на нелинейни системи
2002	[16]	Идентификация на нестационарни системи
	[10]	Идентификация на нелинейни системи
	[43]	Параметрична идентификация на нелинейни обекти.
	[59], [60]	Приложение на нехармонични ортогонални функции при идентификация на технологични обекти с особени динамични характеристики
2003	[14]	Идентификация на линейни и нелинейни системи
	[63]	Оценяване на параметрите на плаващи съоръжения
	[2]	Структурна идентификация
	[35]	Оценяване на степента на затихване
2004	[61]	Структурна и параметрична идентификация на линейни обекти с разпределени параметри

2005	[44]	Идентификация на процес за аеробно биологично пречистване на отпадъчни води, протичащ в системата „биобасейн – утаител”
	[45]	Идентификация на плаващи съоръжения посредством функции на Хаар
2006	[32]	Параметрична идентификация на линейни нестационарни динамични системи
	[56]	Параметрична идентификация на линейна система
2007	[41]	Идентификация на стохастични процеси
	[53]	Идентификация на стохастични процеси
2008	[6]	Идентификация на инвариантни линейни системи
	[25]	Идентификация на линейни нестационарни системи
	[3]	On- line идентификация на линейни нестационарни системи
2009	[34]	Идентификация на нелинейни системи
	[15]	Идентификация на инвариантни линейни системи
2010	[65]	Анализ на проблемите, свързани с прилагането на функциите на Хаар при идентификация на динамични обекти
	[29]	Параметрична идентификация посредством многомерни уейвлет функции
2012	[48]	Идентификация на линейни и нелинейни системи в честотната област
	[63]	Идентификация на нелинейни системи
	[17]	Параметрична идентификация на линейни стационарни системи
2013	[23]	Идентификация на нестационарни системи
	[19]	On- line идентификация на нелинейна система
2014	[58]	Идентификация на нелинейни системи със специална структура, където неизвестните променящи се във времето параметри са представени като линейна комбинация от базисни уейвлет функции.

Прави впечатление, че в по-голямата част от разгледаната литература, касаеща използването на уейвлет функциите за целите на идентификация на системи, авторите се спират на конкретни уейвлет функции ([6], [18], [30], [40], [53], [56], [63], [64]), без да е направен предварителен анализ дали избраните функции са най-подходящи за конкретния случай ([39], [41]).

В идентификационните процедури са прилагани различни уейвлет функции, но най-често използваните са тези на Хаар ([4], [11], [12], [21], [25], [28], [38], [39], [43], [44], [45], [53], [59], [60], [63], [65], и др.) и Добеши ([6], [7], [10], [30], [40], [55], [64] и др.). В [6] и [30] са направени сравнения между различните вълнички от семейство Добеши (**dbN**, където **N** е редът на фамилията уейвлети).

Елементарните вълни на Хаар и Добеши се характеризират с това, че са ортогонални и имат компактна поддръжка. Вълните на Хаар са сравнително по-често използвани от тези на Добеши. Това се дължи на факта, че освен че са едни от първите и най-простите в

изчислително отношение вълни, те същевременно са и много добре локализирани в пространството.

Заклучение

Уейвлет анализът има съществени преимущества, които произтичат от самите свойства на уейвлет функциите. Чрез подходящ избор на параметрите **a** и **b** на уейвлет функцията могат да се отделят като ниско-, така и високо-честотните компоненти на сигнала и да се анализират локалните му особености. Тези качества на вълничковото преобразуване определят неговото предимство при изследване на нестационарни и сложни сигнали.

Базовите уейвлет функции дават възможност да бъдат решени задачи, свързани с идентификацията и моделирането на процеси с особени характеристики, на сложни нелинейни нестационарни процеси, както и на процеси с разпределени параметри.

До настоящия момент задачата за създаване на пълна теория и строгото описание на съществуващата уейвлет технология е нерешена в своята цялост, въпреки че съвременните езици за програмиране вече позволяват да се изграждат завършени програмни модули с висока скорост на уейвлет преобразуванията. Поради своите уникални възможности уейвлет технологиите ще продължават да се развиват интензивно.

Благодарности

Изследванията са осъществени благодарение на Научноизследователски проект “Разработване на системи за размито и адаптивно управление на класове обекти”.

Литература

- [1]. Mallat S. A wavelet tour of signal processing, Second Edition, Academic Press, 1999, pp. 620.
- [2]. Alvin K.F., A.N. Robertson, G.W. Reich, K.C. Park. Structural system identification: from reality to models// Computers and Structures, 2003, №81, pp. 1149–1176-
<http://people.duke.edu/~hpgavin/SystemID/References/Alvin-C+S-2003.pdf>
- [3]. Basu B., S. Nagarajaiah, A. Chakraborty. Online Identification of Linear Time-varying Stiffness of Structural Systems by Wavelet Analysis// Structural Health Monitoring, 2008, № 7 (1): 0021–16, pp. 21- 36.
- [4]. Chen C. F., C. H. Hsiao. Haar wavelet method for solving lumped and distributed parameter systems// IEEE Proceedings – Control Theory and Applications, 1997, vol. 144, № 1, pp. 87 – 94.
- [5]. Coca D., S. A. Billings. Non-linear system identification using wavelet multiresolution models// International Journal of Control, 2001, № 74(18), pp. 1718–1736.
- [6]. Cohen E., I. Cohen. System identification in the wavelet domain with crossband filters// ©2008 IEEE.
- [7]. Doroslovacki M., H. Fan. Wavelet-based Linear System Modeling and Adaptive Filtering// IEEE Transactions on signal processing, 1996, vol. 44, № 5, pp. 1156- 1167.
- [8]. Ghanem R., F. Romes. A wavelet-based approach for the identification of linear time-varying dynamical systems// Journal of Sound and Vibration, 2000, № 234(4), pp. 555–576.
- [9]. Ghanem R., F. Romes. A wavelet-based approach for model and parameter identification of non-linear systems// International Journal of Non-Linear Mechanics, 2001, № 5, pp. 835–859.
- [10]. Hasiewicz Z., P. Sliwinski. Identification of non-linear characteristics of a class of block-oriented non-linear systems via Daubechies wavelet-based models// International Journal of Systems Science, 2002, № 33(14), pp. 1121–1144.

- [11]. Ho K.C., W. Prokopiw, T. Y. Chan. Modulation identification of digital signals by the wavelet transform// IEE Pruc.-Radur; Sonar Navig., 2000, № 4, pp. 169- 176.
- [12]. Hong L., K. C. Ho. Identification of digital modulation types using the wavelet transform // IEEE © 1999, pp. 427- 431.
- [13]. Huang D., Y. Jin. The Application of Wavelet Neural Networks to Nonlinear Predictive Control// IEEE ©1997, pp. 724- 727.
- [14]. Kijewski T., A. Kareem. Wavelet transforms for system identification in civil engineering // Computer- Aided Civil and Infrastructure Engineering, 2003, Vol. 18, No. 5, pp. 339-355.
- [15]. Kiran S. R., S. S. N. Raju, S. Varadarajan, E. A. Shankar, J. C. Herrera, J. A. Alvarez, I. Rivera, M. Olguin, S. Arumugam, S. Ramareddy, et al. LTI system identification using wavelets // Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2009, Vol. 10, No. 1. pp. 1-8.
- [16]. Kitada Y. Identification of nonlinear structural dynamic systems using wavelets// Journal of Engineering Mechanics, October 1998, № 10, pp. 1059–1066.
- [17]. Kumar R., Ch. Kumar, K. Arti. A Wavelet Approach for Identification of Linear Time Invariant System// International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), July 2012, Vol. 50, №20, pp. 13- 16.
- [18]. Lee W. K., J. H. Chung. Automatic Real-Time Identification of Fingerprint Images Using Wavelets and Gradient of Gaussian// IEEE © 1997, pp. 917- 920.
- [19]. Liang J. W. On-Line Identification via Haar Wavelet Expansions// Journal of Control Engineering and Technology (JCET), October 2013, Vol. 3, № 4, pp. 189-198.
- [20]. Liu G.P., S.A. Billings, V. Kadirkamanathan. Nonlinear System identification using wavelet networks// UKACC International Conference on CONTROL '98, 1-4 September 1998, Conference Publication № 455, © IEE 1998, pp. 1248- 1253.
- [21]. Mahadevan N., K. A. Hoo. Wavelet – based model reduction of distributed parameter systems// Chemical Engineering Science, 2000, №55, pp. 4271 – 4290.
- [22]. Majhi S., J. S. Sahnbi, D. P. Atherton. Relay feedback and wavelet based estimation of plant model parameters// Proceedings of the 40th IEEE, Conference on Decision and Control, Orlando, Florida USA, December 2001, pp. 3326- 3331.
- [23]. Mate S. N., A. B. Patil. Identification of Time Varying System Using Recursive Estimation Approach and Wavelet Based Recursive Estimation Approach// International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT), May 2013, Vol. 2, №3, pp. 526- 532.
- [24]. Nakano K., T. Tabaru, S. Shin, M. Satou. Wavelet Analysis Approach to Identification of Systems with Dead Time- Application to Boiler Process// Proceedings of the 36th, Conference on Decision & Control, San Diego, California USA, December 1997, pp. 3375- 3380.
- [25]. Park S.J., K. J. Kim, S. W. Nam. Identification of a linear time-varying system using Haar wavelet// Proceedings of the 7th WSEAS International Conference on SIGNAL PROCESSING (SIP'08), Istanbul, Turkey, May 27-30, 2008, pp. 43- 46.
- [26]. Pati Y. C., P. S. Krishnaprasad, Analysis and synthesis of feedforward neural networks using discrete affine wavelet transforms// IEEE Transactions on Neural Networks, 1992.
- [27]. Pati Y. C., P. S. Krishnaprasad. Rational Wavelets in Model Reduction and System Identification// Proceedings of the 33rd Conference on Decision and Control Lake Buena Vista, FL - December 1994, pp. 3394- 3395.
- [28]. Pawlak M., Z. Hasiewicz. Nonlinear System Identification by the Haar Multiresolution Analysis// IEEE Transactions on circuits and systems—I: Fundamental theory and applications, September 1998, vol. 45, № 9, pp. 945- 961.
- [29]. Preisig H.A. Parameter estimation using multi-wavelets // 20th European Symposium on Computer Aided Process Engineering in: Computer Aided Chemical Engineering, Elsevier. 2010, Vol. 28., pp. 367-372. - <http://www.aidic.it/escape20/webpapers/265Preisig.pdf>
- [30]. Sato T., Y. Tada. Noise Reduction and Identification of Subsurface Radar Images Using Recursive Wavelet Decomposition// © 2000 IEEE, pp. 660- 662.

- [31]. [a] Schoenwald D. A., O. Ridge. System Identification Using A Wavelet-Based Approach, Proceedings of the 32nd Conference on Decision and Control, San Antonio, Texas, 1993, pp. 3064 – 3065.
- [32]. Shi Z. Y., L. Shen, S. S. Law. Parameter identification of LTV Dynamical systems based on wavelet method// 4th International Conference on Earthquake Engineering, Taipei, Taiwan, October 12-13, 2006, No. 202.
- [33]. Sliwinski P.. On–line Wavelet estimation of Hammerstein system nonlinearity// Int. J. Appl. Math. Comput. Sci., 2010, Vol. 20, No. 3, pp. 513–523.
- [34]. Sliwinski P., J. Rozenblit, M. W. Marcellin, R. Klempous. Wavelet amendment of polynomial models in non- linear system identification// IEEE Transactions on Automatic Control 2009, № 54(4), pp. 820–825.
- [35]. Slavic J., I. Simonovski, M. Boltezar: Damping identification using a continuous wavelet transform: application to real data// Journal of Sound and Vibration, 2003, № 262, pp. 291–307-
<http://lab.fs.uni-lj.si/ladisk/data/pdf/Damping%20identification%20using%20a%20continuous%20wavelet%20transform%20-%20application%20to%20real%20data.pdf>
- [36]. Song, Zhihuan, Nonlinear Dynamic System Identification Based on Wavelet Approximation// Proceedings of the 3rd World Congress on Intelligent Control and Automation, June 28-July 2, 2000, pp. 2226- 2229.
- [37]. Staszewski W. Identification of non-linear systems using multi-scale ridges and skeletons of the wavelet transform // Journal of Sound and Vibration, 1998, Vol. 214, № 4, pp. 639-658.
- [38]. Sureshbabu N., J. A. Farrell. Wavalet based system identification for nonlinear control applications// ©1995 IEEE, pp. 236- 241.
- [39]. Sureshbabu N., J. A. Farrell. Wavelet based system identification for non-linear control// IEEE Transactions on Automatic Control, 1999, № 44(2), pp. 412–417.
- [40]. Tachibana Y., Y. Suzuki. Identification of Dead Time Using Wavelet// 1998 IEEE, pp. 1370-1375.
- [41]. Tan H., A. C. Tan, P.Y. Khong, V.H. Mok. Best Wavelet Function Identification System for ECG Signal Denoise Applications// International Conference on Intelligent and Advanced Systems 2007, pp. 631- 634.
- [42]. Tan Y., X. Dang, F. Liang, Ch. Y. Su. Dynamic Wavelet Neural Network for Nonlinear Dynamic System Identification// Proceedings of the 2000 IEEE, International Conference on Control Applications, Anchorage, Alaska, USA September 25-27,2000, pp. 214- 219.
- [43]. Todorova M., D. Genov. Identification of non – linear distributed parameter systems via Haar wavelets, International Conference on Automation and Informatics, 2002, ISBN 954-9641-30-9 (vol. 1), pp. 233 – 237, Sofia.
- [44]. Todorova M., T. Pencheva. Haar orthogonal functions based parameter identification of Wastewater Treatment Process with Distributed Parameters, Chemical and Biochemical Engineering Quarterly (CABEQ), Croatia, ISSN 0352 - 9568, 2005, Volume 19, No 3, pp. 275 – 282.
- [45]. Todorova M., V. Nedeva. Implementation of Haar orthogonal functions for identification of the connected motions of the immersed towed trolling depressor, Южнославянский институт Киевского славистического университета, Николаев, Україна, 2005.
- [46]. Tsatsanis M. K., G. B. Giannakis, Timevarying system identification using wavelets// Proceedings of the 26th Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers, Pacific Grove, CA, 1992, pp. 125-129.
- [47]. Tsatsanis M. K., G. B. Giannakis. Time-Varying System Identification and Model Validation Using Wavelets// IEEE Transactions on signal processing, December 1993, Vol. 41, № 12, pp. 3512- 3523.

- [48]. Váňa Z., H. A. Preisig. System identification in frequency domain using wavelets: Conceptual remarks // *Systems & Control Letters*, 2012. Vol. 61, № 10, pp. 1041-1051.
- [49]. Wang G., Li-Qun Zhang. Identification of Time-Varying Joint Dynamics Using Wavelets// *Proceedings of the 20th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 1998, Vol. 20, № 6, pp. 3040- 3043.
- [50]. Wei H.L., S.A. Billings. Identification of time-varying systems using multiresolution wavelet models // *International Journal of Systems Science*, 2002, Vol. 33, №15, pp. 1217-1228.
- [51]. Willsky A. S., K. C. Chou, M. Basseville, A. Benveniste. Wavelet transforms, multiresolution dynamical models, and multigrid estimation algorithms, *Proceedings of the 11th IFAC World Congress*, Tallinn, Estonia, 1990, pp. 143-147.
- [52]. Xu J., D. W. C. Ho. Adaptive Wavelet Networks for Nonlinear System Identification// *Proceedings of the American Control Conference San Diego, California*, © June 1999, pp. 3472- 3473.
- [53]. Z., H. Mohamadian, Y. Ye. Information Measures for Biometric Identification via 2D Discrete Wavelet Transform// *Proceedings of the 3rd Annual, IEEE Conference on Automation Science and Engineering Scottsdale, AZ, USA, Sept 22-25, 2007*, pp. 835- 840.
- [54]. Zabel V.. Applications of Wavelet Analysis in System Identification (Dissertation)// *Bauhaus-Universitat Weimar*, 2002.
- [55]. Zhao H., J. Bentsman. Wavelet-based Identification of Fast Linear Time-Varying Systems Using Function Space Methods// *Proceedings of the American Control Conference, Chicago, Illinois June 2000*, pp. 939- 943.
- [56]. Zhao L., J. Cui, J. Wan, H. Wang, L. Jiang. Research on the Parameters Identification of Direct Thrust Control System Using Wavelet Transform// *Proceedings of the Sixth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA'06)*, © 2006.
- [57]. Zheng Y., Z. Lin, Time-Varying Autoregressive System Identification Using Wavelets// *IEEE*, pp. 572- 575.
- [58]. Сакрутина Е. А., Н. Н. Бахтадзе, Идентификация систем на основе вейвлет-анализа, XII всероссийское совещание по проблемам управления, ВСПУ, Москва, 2014, стр. 2868 – 2889.
- [59]. Тодорова М. Приложение на нехармонични ортогонални функции при идентификация на технологични обекти с особени динамични характеристики – I част, *Известия на Съюза на учените – Варна*, 2002, ISSN 1310-5833, “Технически науки”, Стр. 21 – 24.
- [60]. Тодорова М. Приложение на нехармонични ортогонални функции при идентификация на технологични обекти с особени динамични характеристики – II част, *Известия на Съюза на учените – Варна*, 2002, ISSN 1310-5833, “Технически науки”, Стр. 25 – 27.
- [61]. Тодорова М.. Структурна и параметрична идентификация на линейни обекти с разпределени параметри посредством използване на дискретни ортогонални функции на Хаар, *Международна конференция „Автоматика и информатика”*, София, 2004, ISBN 954-9641-39-2, стр. 235 – 238.
- [62]. Тодорова М., Д. Генов, Т. Коларов. Оценяване на параметри на плаващи съоръжения посредством използване на дискретни ортогонални функции на Хаар, *Международна конференция „Автоматика и информатика”*, София, 2003, ISBN 954-9641-34-X (том 2), стр.31 – 35.
- [63]. Cordova J. J., W. Yu, X. Li, Haar Wavelet Neural Networks for Nonlinear System Identification// *2012 IEEE International Symposium on Intelligent Control (ISIC)*, Part of 2012 IEEE Multi-Conference on Systems and Control, October 3-5, 2012. Dubrovnik, Croatia.
- [64]. Haiqing W., S. Zhihuan, L. Ping. Wavelet-Based Frequency Band Weighting Approach to Control-Relevant Process Identification// *Proceedings of the American Control Conference Chicago, Illinois June 2000*, pp. 944- 948.

[65]. Тодорова М. Параметрична идентификация на динамични обекти посредством изместени ортогонални функции на Хаар, Годишник на ТУ-Варна, 2010, том 1, ISSN 1311-896X, стр. 92 - 97.

За контакти:

Доц. д-р инж. Марияна Г. Тодорова
катедра „Автоматизация на производството”
Технически университет - Варна
E-mail: mgtodorova@tu-varna.bg

Докторант инж. Ренета Данчева Иванова
катедра „Автоматизация на производството”
Технически университет - Варна
E-mail: renetaivanova1@gmail.com



ОБЩ ПРЕГЛЕД НА СИСТЕМА ЗА ПРИДВИЖВАНЕ НА РОБОТ В ЛАБИРИНТ

Ивайло П. Пенев, Милена Н. Карова, Венцислав Г. Николов

Резюме: Статията представя обща структура на система за придвижване на робот от зададена начална позиция до крайна цел в лабиринт. Системата използва снимка на лабиринта, направена предварително с външна камера. Направеното изображение се изпраща към робота, който го преобразува в подходящ формат, намира най-кратък път до крайната цел, формира и изпълнява команди за придвижване на робота. Представени са резултати от приложението на системата за идеализирано изображение на примерен лабиринт.

Ключови думи: робот, лабиринт, придвижване, камера

An Overview of a Robot Movement System in a Labyrinth

Milena N. Karova, Ivaylo P. Penev, Vencislav G. Nikolov

Abstract: The paper presents the general structure of a system for robot movement from a given initial position to a final destination in a labyrinth. The system uses a picture of the labyrinth, shot in advance by an external camera. The image is sent to the robot, which transforms the image in a proper format, finds the shortest path to the final destination, then forms and executes commands for moving the robot. Results from the application of the system with an ideal image of an example labyrinth are presented.

Keywords: robot, labyrinth, movement, camera

1. Увод

В последните години все по-голяма популярност придобиват платформи, които позволяват лесно конструиране, програмиране и тестване на роботизирани системи. Такива платформи са например Arduino, Raspberry Pi, Lego Mindstorms.

Придвижването на робот в лабиринт е една от задачите с широко приложение в много области, поради което задачата е обект на голям изследователски интерес.

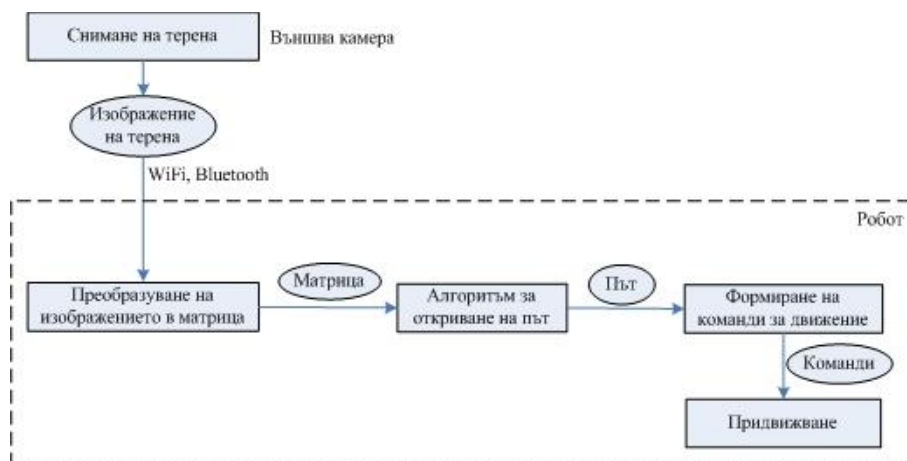
Основните проблеми, които трябва да бъдат решени, са представяне на лабиринта в подходящ формат и разработване на алгоритъм за придвижване на робота от начална позиция до крайна цел (изход) в лабиринта. В съществуващите решения обикновено се използват сензорите на робота или вградената в робота камера, която може да направи снимка само на част от лабиринта [1, 2, 3]. В резултат на това информация за препятствията (стените) в лабиринта се получават по време на движение на робота. Този подход е полезен, когато роботът се придвижва в непозната или динамично променяща се среда, но притежава следните недостатъци:

- изисква постоянно преизчисляване на траекторията на движение;
- не позволява да бъдат приложени добре изучени и изтествани ефективни алгоритми за намиране на най-кратък път.

Настоящата статия представя система за придвижване на робот в лабиринт, чрез предварително заснемане на терена от външна камера. Полученото изображение се изпраща към робота, който изчислява път за придвижване до крайната цел, трансформира пътя в команди за движение, които в последствие изпълнява.

2. Обща структура на системата за придвижване на робот в лабиринт

Общият алгоритъм на работа на системата преминава през следните стъпки (фигура 1):



Фиг. 1. Обща схема на системата за ориентиране на робот в лабиринт

- Заснемане на лабиринта

Снимка на целия лабиринт може да бъде направена от височина. Идеята е, че в съвременни условия може да се използва камера на летящ обект тип дрон, която да заснема различни терени.

- Изпращане на изображението към робота

Всички платформи за роботи съдържат (или могат да бъдат лесно оборудвани) със средства за безжична връзка (Bluetooth, WiFi). Заснетото изображение на лабиринта (в стандартен графичен формат – IMG, JPG, GIF или друг) се изпраща към робота.

- Преобразуване на изображението във формат, подходящ за алгоритмична обработка

Повечето известни реализации използват представяне на лабиринт чрез граф. Това преобразуване не е съвсем лесна задача. В представената реализация изображението се преобразува в матрица, в която с подходящи символи са маркирани препятствията (стените), началната позиция и крайната цел в лабиринта. Матрица на примерен лабиринт е представена в експерименталните изследвания.

- Алгоритъм за намиране на път до крайната цел

След като изображението на лабиринта е представено в подходящ формат, се прилага алгоритъм за откриване на път от началната позиция до крайната цел.

Намиране на път в лабиринт е оптимизационна задача, за решаването на която са изследвани и експериментирани множество алгоритми. Наличното изображение на целия лабиринт предоставя възможност да се използват и адаптират ефективни алгоритми за намиране на най-краткия път. В настоящата реализация е използван модифициран алгоритъм на Дийкстра, описан подробно в [4]. Промяната на класическия алгоритъм се състои в това, че при придвижването на робота се прави проверка дали размерите му съответстват на размерите на проходите в лабиринта, т.е. дали роботът може да премине през дадено място.

- Очертаване на пътя.

Намереният път се маркира с подходящи символи.

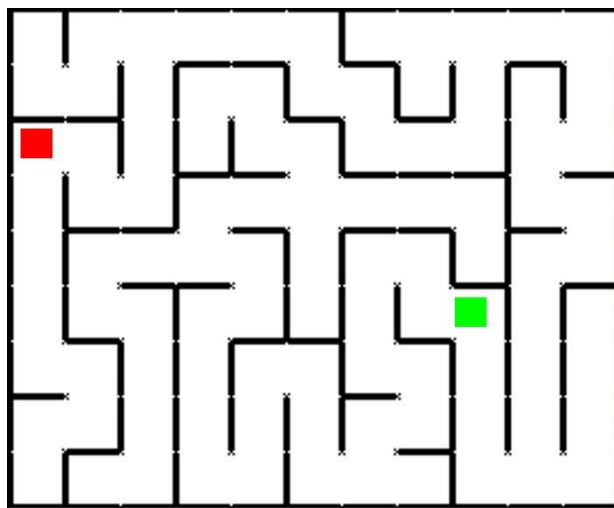
- Формиране и изпълнение на команди за движение.

В резултат от направената маркировка се формират команди за движение (напред, назад, наляво, надясно), чрез които роботът се придвижва от началната позиция до крайната цел.

3. Експериментални резултати

В настоящата реализация е използвана платформата на LEGO MINDSTORMS EV3 [5]. Това е робот, който разполага с всички необходими функционалности: процесор, сензори, модул за безжична връзка. Инсталирана е изпълнителна среда LejOS, осигуряваща средства за програмиране на робота на популярния език Java [6].

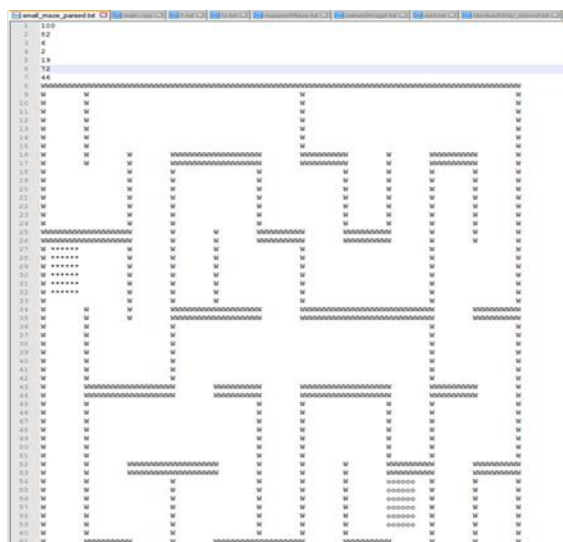
Направени са експерименти с примерно изображение на лабиринт. Важно е да се отбележи, че представеното изображение е обработено допълнително (фигура 2). Изгладени са ръбовете на изображението, добавени са червено квадратче, маркиращо началното положение на робота и зелено квадратче за крайната цел (изхода на лабиринта). Автоматичното обработване на заснетото изображение е трудна задача, изискваща прилагане на допълнителни методи и алгоритми.



Фиг. 2. Идеализирано изображение на лабиринт с маркирани начална позиция и крайна цел

- Преобразуване на изображението във формат, подходящ за алгоритмична обработка

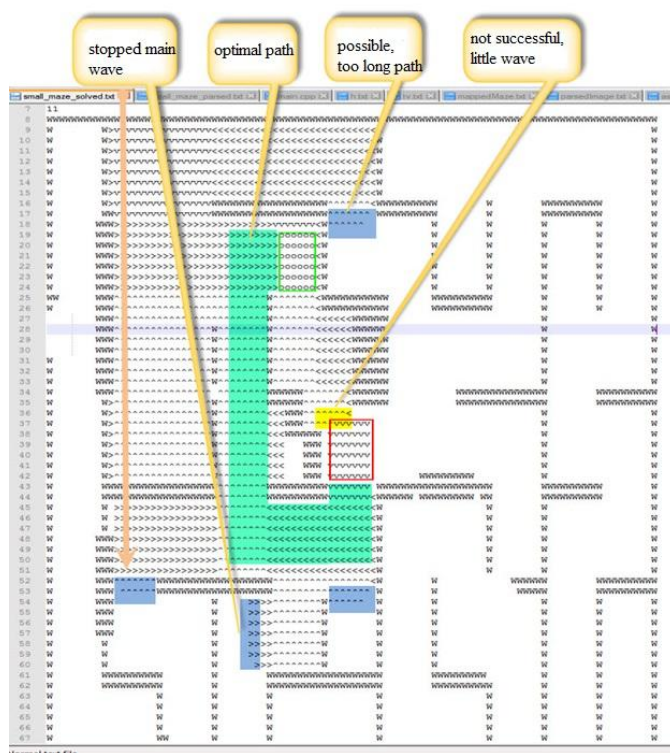
Този формат представлява матрица, в която са отбелязани стените на лабиринта, началната позиция на робота и крайната цел (фигура 3).



Фиг. 3. Матрица на лабиринта

- Откриване на път в лабиринта до крайната цел

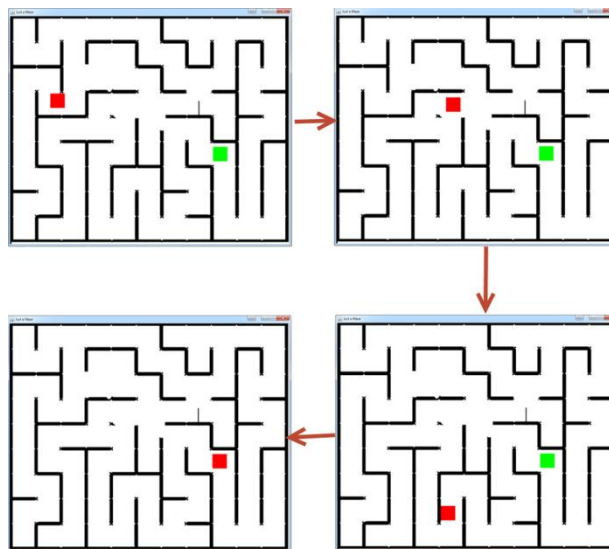
Използваният алгоритъм за откриване на пътя маркира в различен цвят пътя на робота от началната позиция до крайната цел (фигура 4). Маркираният път се трансформира в команди за движение (наляво, надясно, напред, назад).



Фиг. 4. Лабиринт с маркиран път до крайната цел в лабиринта

- Придвижване на робота

Изпълнението на формираните команди придвижва робота (червения маркер на фигура 5) до крайната цел (зеления маркер на фигура 5). Маркираният на фигура 5 път е съобразен с размерите на робота и възможността да преминава през празните пространства.



Фиг. 5. Изпълнение на командите за движение

Проведени са експерименти с изображения на примерни лабиринти с различна резолюция. Времената за изпълнение на отделните етапи от общия алгоритъм на работа на

системата са представени в таблица 1. Резултатите показват, че представеният алгоритъм обработва сравнително голямо изображение (1600 x 1013 пиксела) за по-малко от 500 мс.

Таблица 1. Експериментални резултати с изображения на примерни лабиринти с различна резолюция

Ширина на лабиринта (пиксели)	Височина на лабиринта (пиксели)	Време за формиране на матрицата (милисекунди)	Време за откриване на път (милисекунди)	Общо време, вкл. формиране на команди за движение (милисекунди)
100	82	39	12	63
480	304	110	68	187
480	304	129	62	201
480	304	113	105	243
1000	820	171	106	300
1000	820	187	107	305
1600	1013	304	140	460

4. Заключение

Представената система има следните отличителни характеристики в сравнение с други известни решения:

- Използва предварително направена снимка на целия лабиринт, което създава възможности за ефективен анализ на лабиринта и лесно откриване на най-кратки пътища;
- Използва опростено представяне на лабиринта в матрична форма, което е лесно за реализация и чрез което могат да се решават различни оптимизационни задачи.

Системата може да послужи в учебни дисциплина за изучаване и програмиране на роботи както и за сравняване на различни алгоритми за откриване на най-кратък път в лабиринт.

Важна насока в предстоящата работа по системата ще бъде обработване на изображението на заснетия лабиринт. Целта е системата да работи с реално заснето изображение, а не с идеализирано, както е в настоящата реализация.

Благодарности

Работата, представена в този доклад, е подкрепена от НП № 9, 2015, Технически университет – Варна, „Изследване на алгоритми от изкуствения интелект за управление на подвижни обекти“.

Литература

- [1].Chauhan, S. S., A. K. Bajpai. Collision Free Autonomous Robot Path Planning. B. International Journal of Engineering Research & Technology, Vol. 1, Iss. 8, e-ISSN: 2278-0181, 2012.
- [2].Hachour, O. The proposed path finding strategy in static unknown environments. B International Journal of Systems Applications, Engineering & Development, Iss. 4, Vol. 3, 2009.
- [3].Hachour, O. Path planning of Autonomous Mobile robot. B. International Journal of Systems Applications, Engineering & Development, Iss. 4, Vol. 2, 2008.
- [4].Karova M., D. Zhelyazkov, M. Todorova, I. Penev, V. Nikolov, V. Petkov. Path Planning Algorithm for Mobile Robot. B. Recent Researches in Applied Computer Science. Proceedings of

the 15th International Conference on Applied Computer Science (ACS'15), ISBN: 978-1-61804-307-8, ISSN: 1790-5109, WSEAS Press, 2015, pp. 26-30.

[5]. <http://www.lego.com/en-us/mindstorms/products/31313-mindstorms-ev3>.

[6]. <http://www.lejos.org/>.

За контакти:

Ас. д-р инж. Ивайло П. Пенев
катедра „Компютърни науки и технологии“
Технически университет – Варна
E-mail: ivailo.penev@tu-varna.bg

Доц. д-р инж. Милена Н. Карова
катедра „Компютърни науки и технологии“
Технически университет – Варна
E-mail: mkarova@ieee.bg

Ас. д-р инж. Венцислав Г. Николов
катедра „Компютърни науки и технологии“
Технически университет – Варна
E-mail: v.nikolov@tu-varna.bg



РАЗМИТО МНОГОМОДЕЛНО УПРАВЛЕНИЕ НА ЕДНОМЕРЕН НЕЛИНЕЕН ОБЕКТ

Никола Н. Николов, Веселин Й. Луков, Живко С. Жеков

Резюме: В публикацията е представена една възможност за управление на едномерен по входа и изхода нелинеен обект посредством многомоделно размито модално управление, базирано на регулатори на състоянието.

За целта нелинейната статична характеристика на обекта е представена чрез два линейни участъка. Двете линейни структури са описани в пространството на състоянията и са синтезирани векторите на обратните връзки и мащабиращите коефициенти на модалните регулатори на състоянието.

Превключването на линейните регулатори на състоянието в многомоделното управление е реализирано на базата на размит регулатор.

Ключови думи: размито управление, многомоделно управление, нелинеен обект, линейни структури, модален регулатор на състоянието, наблюдател на състоянието.

Fuzzy multi-model control of SISO nonlinear object

Nikola N. Nikolov, Veselin Y. Lukov, Zhivko S. Zhekov

Abstract: This article presents a possibility for control of single input – single output nonlinear object by multi-model fuzzy modal control, based on state controller.

For that purpose, the nonlinear static characteristic of the plant is presented by two linear parts. These two linear structures are described in state space. The feedback vectors and scale coefficients of the modal controllers are calculated.

The switching over the linear state controllers in the multi-model control is accomplished with fuzzy controller.

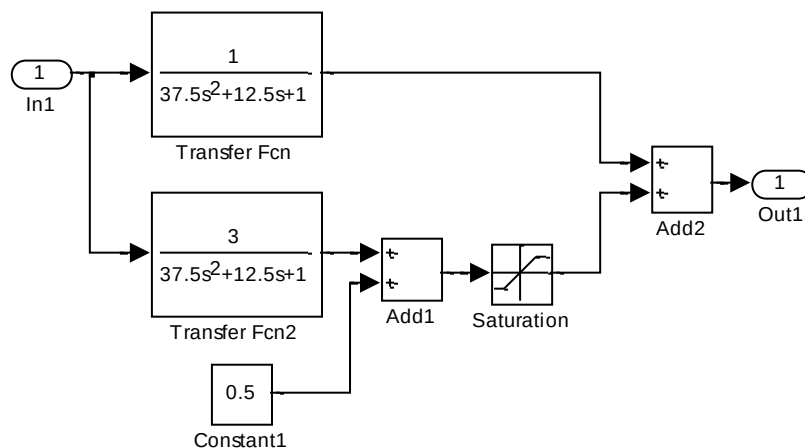
Keywords: fuzzy control, multi-model control, nonlinear object, linear structures, modal state controller, state fbserver.

1. Въведение

Голяма част от промишлените обекти за автоматизация имат нелинейна статична характеристика. Това е съществен проблем при изграждане на система за тяхното автоматично управление.

Настоящата публикация си поставя за цел да моделира и изследва размита многомоделна система за автоматично управление на едномерен нелинеен обект, чрез използване на модални линейни дискретни регулатори на състоянието, превключвани от размит регулатор. Моделирането на нелинейния обект и системата за управление е извършено в средата на MATLAB/Simulink.

Разглежда се хипотетичен нелинеен обект с един вход и един изход, моделиран със следната структура.

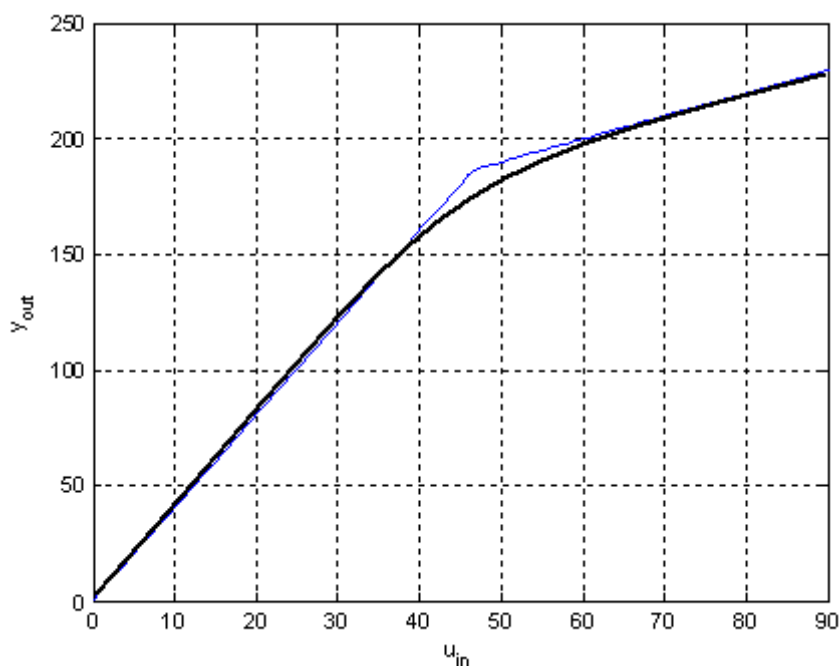


Фиг. 1. Модел на обекта за автоматизация в Simulink

Статичната характеристика на този обект е снета при следните стойности на входното въздействие:

u	0	10	20	30	40	45	46	47	48	49	50	70	80	90
y	0.5	40.5	80.5	120.5	160.5	180.5	184.5	187	188	189	190	210	220	230

и има вида, показан на фигура 2.



Фиг. 2. Статична характеристика на обекта за автоматизация

Статичната характеристика е линеаризирана чрез два линейни участъка. Всеки от тях е описан с линеен стационарен дискретен модел в пространството на състоянията, като обект от втори ред с уравнения на състоянието и на изхода от вида [3, 5]:

$$\mathbf{x}(k+1) = \mathbf{A}\mathbf{x}(k) + \mathbf{b}u(k), \quad \mathbf{x}(0) = \mathbf{x}_0, \quad (1)$$

$$\mathbf{y}(k) = \mathbf{c}\mathbf{x}(k), \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad (2)$$

където $\mathbf{x}(k) \in \mathbb{R}^n$ е вектор на текущото състояние, $\mathbf{x}(0) \in \mathbb{R}^n$ е вектор на началното състояние, $u(k) \in \mathbb{R}^1$ е скаларен вход, $y(k) \in \mathbb{R}^1$ е скаларен изход,

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \vdots & \mathbf{I}_{n-1} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ & \mathbf{a}^T & \end{bmatrix}, \mathbf{a} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix}, \mathbf{b} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}, \mathbf{c} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

На тази фазово-координатна канонична форма с матрица на Фробениус съответства дискретната предавателна функция

$$W(z) = \frac{h_1 z^{n-1} + h_2 z^{n-2} + \cdots + h_{n-1} z + h_n}{z^n - a_n z^{n-1} - \cdots - a_2 z - a_1}. \quad (4)$$

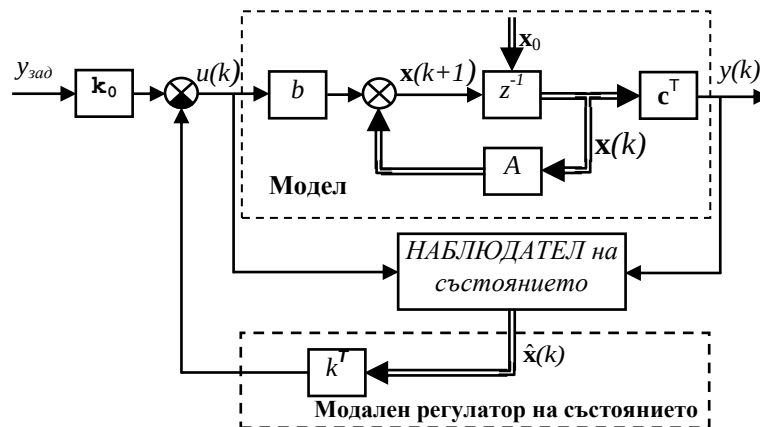
Съответствието между елементите b_i на вектора $\mathbf{b}$, при избраната фазово-координатна канонична форма и коефициентите h_i на полинома в числителя на дискретната предавателна функция (4) се определя с изрази [5]:

$$\mathbf{T}\mathbf{b} = \mathbf{h}, \text{ където} \quad (5)$$

$$\mathbf{h}^T = [h_1 \ h_2 \ \cdots \ h_n], \quad (6)$$

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ -a_n & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ -a_{n-1} & -a_n & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ -a_2 & -a_3 & \cdots & -a_n & 1 \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Задачата е да се синтезират две управляващи структури (за всеки линеен участък по една) с дискретен модален регулатор на състоянието от следния вид (фигура 6) [6]:



Фиг. 3. Структурна схема на дискретен модален регулатор на състоянието

При този тип структури нулирането на статичната грешка по задание се осъществява чрез мащабиране на заданието с коефициент k_0 , а векторът на обратната връзка $\mathbf{k}^T$ се синтезира чрез алгоритъм за модално управление.

Определянето на мащабиращия коефициент k_0 , може да се извърши със зависимостта [4]

$$k_0 = \left[\mathbf{c}^T (\mathbf{I} - \mathbf{A} + \mathbf{b}\mathbf{k}^T)^{-1} \mathbf{b} \right]^{-1}. \quad (8)$$

За реализиране на многомоделно управление трябва да се създаде размит регулатор, чрез който да се осъществява превключването на отделните линейни регулатори на състоянието, при промяна на работният участък.

2. Синтез на многомоделно размито управление

След описанието на двата линейни участъка, в пространството на състоянията, като линейни дискретни системи от втори ред с период на дискретизация $T_0=2$ сек., се получават следните вектори и матрици:

- ❖ за първата структура – $\mathbf{A}_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -0,5403 & 1,4701 \end{bmatrix}$, $\mathbf{a}_1 = \begin{bmatrix} -0,5403 \\ 1,4701 \end{bmatrix}$, $\mathbf{b}_1 = \begin{bmatrix} 0,1606 \\ 0,3668 \end{bmatrix}$, $\mathbf{c}_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$;
- ❖ за втората структура – $\mathbf{A}_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -0,3708 & 1,2736 \end{bmatrix}$, $\mathbf{a}_2 = \begin{bmatrix} -0,3708 \\ 1,2736 \end{bmatrix}$, $\mathbf{b}_2 = \begin{bmatrix} 0,2283 \\ 0,4549 \end{bmatrix}$, $\mathbf{c}_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$;

След прилагане на (8), за мащабиращите коефициенти на двете структури се получават:

$$k_{01}=1,3956; \quad k_{02}=1,1618.$$

Векторите на обратните връзки се изчисляват с М-функцията **SMC** [4], реализираща алгоритъм за модально управление, при зона на устойчивост – 0,35 (т.е. полюсите на затворената система се разполагат в окръжност от комплексната равнина с радиус – 0,35). В резултат на това, за векторите на обратните връзки на двете структури се получава:

$$\mathbf{k}_1^T = [-1,3833 \quad 2,6401]; \quad \mathbf{k}_2^T = [-0,7221 \quad 1,7344].$$

Векторът на състоянието на всяка от линеаризираните структури се оценява с „идентичен“ наблюдател на състоянието от вида

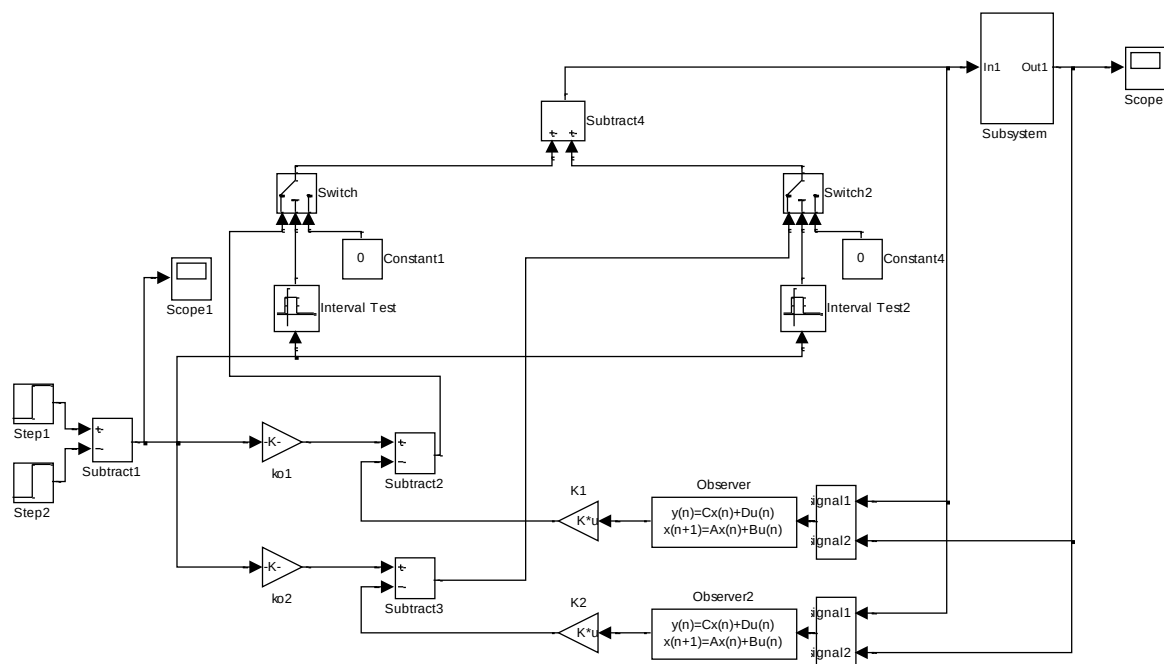
$$\hat{\mathbf{x}}(k+1) = \mathbf{F}\hat{\mathbf{x}}(k) + \mathbf{b}u(k) + \mathbf{g}y(k), \quad \hat{\mathbf{x}}(0) = \mathbf{x}_0, k=0, 1, 2, \dots, \quad (9)$$

където, за линейно описание от втори ред

$$\mathbf{F} = \mathbf{A} - \mathbf{g}\mathbf{c}^T, \quad \mathbf{g}^T = [g_1, \quad g_2]. \quad (10)$$

Векторът $\mathbf{g}$ се синтезира по зададени полюси (в MATLAB с функцията $\mathbf{g}=\text{acker}(\mathbf{A}',\mathbf{c},\mathbf{w})$), така че матрицата $\mathbf{F}$ да има собствени стойности, разположени в единичния кръг по-навътре от собствените стойности на матрицата $\mathbf{A}$.

- ❖ за първата структура – $\mathbf{g}_1 = \begin{bmatrix} 1,4701 \\ 1,6208 \end{bmatrix}$;
- ❖ за втората структура – $\mathbf{g}_2 = \begin{bmatrix} 1,2736 \\ 1,2512 \end{bmatrix}$.



Фиг. 4. Моделираща структура за снемане на експериментални данни

С цел получаване на експериментални данни е разработена горната моделираща структура. Синтезираните линейни модели са заложили в наблюдателите на състоянието „Observer“ и „Observer2“. Векторите на обратните връзки са въведени в матричните „Gain“, означени с K_1 и K_2 , а мащабиращите коефициенти са зададени с k_{01} и k_{02} . Превключването от едната линейна структура към другата се извършва с блоковете „Interval Test“.

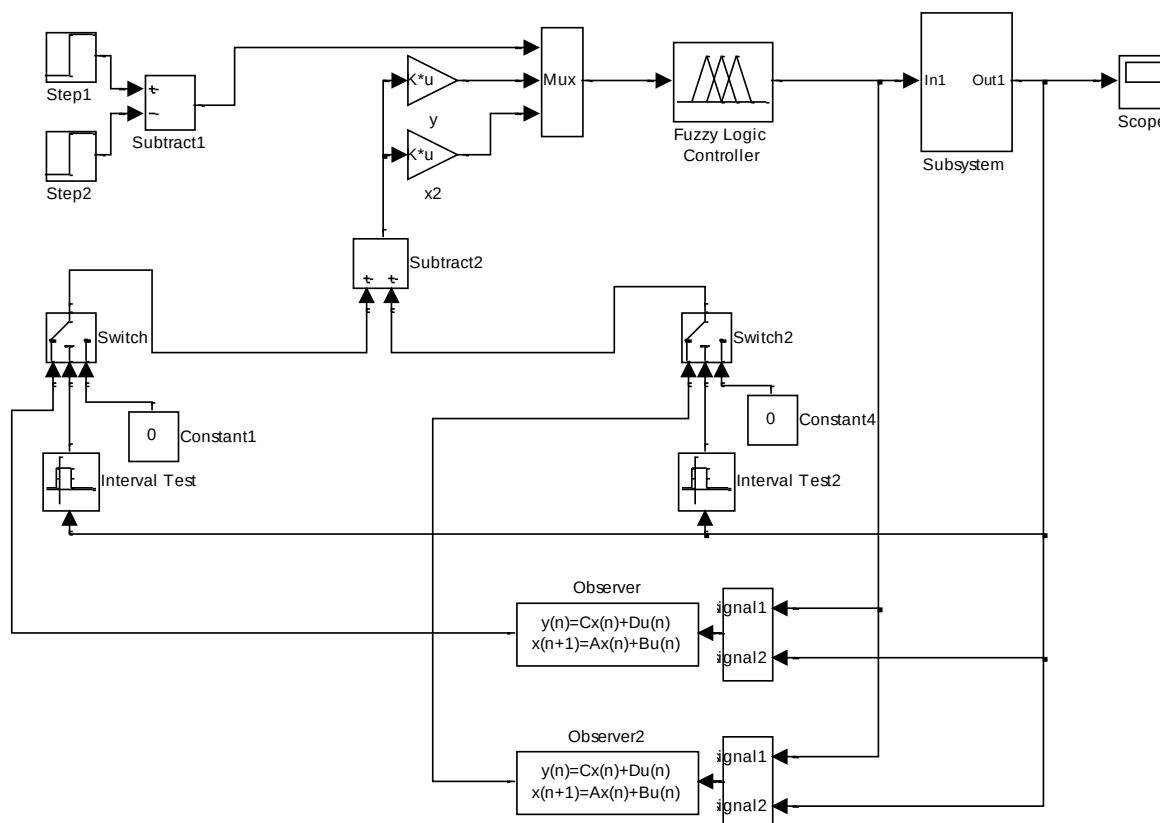
По този начин са снети данни за стойностите на заданието (y_{zad}), векторът на състоянието (y и x_2) и управляващото въздействие към обекта (u).

Синтезирането на размитият регулатор се реализира на база на следните правила [1, 2]:

IF y_{zad} is SMALL and y is Sm1 and x_2 is Sl1, THEN u is M2
 IF y_{zad} is SMALL and y is Sm2 and x_2 is Sl2, THEN u is M1
 IF y_{zad} is HIGH and y is Sm2 and x_2 is Sl2, THEN u is H2
 IF y_{zad} is HIGH and y is Me1 and x_2 is Md2, THEN u is H1
 IF y_{zad} is HIGH and y is La1 and x_2 is Lg1, THEN u is M2
 IF y_{zad} is SMALL and y is La2 and x_2 is Lg2, THEN u is S1
 IF y_{zad} is SMALL and y is La2 and x_2 is Md2, THEN u is M1
 IF y_{zad} is SMALL and y is Me2 and x_2 is Md1, THEN u is M2
 IF y_{zad} is HIGH and y is Me2 and x_2 is Lg1, THEN u is M2
 IF y_{zad} is HIGH and y is La1 and x_2 is Lg2, THEN u is M2
 IF y_{zad} is HIGH and y is La2 and x_2 is Lg2, THEN u is M2
 IF y_{zad} is SMALL and y is Me1 and x_2 is Md1, THEN u is M2
 IF y_{zad} is SMALL and y is Me1 and x_2 is Md1, THEN u is M1
 IF y_{zad} is SMALL and y is Sm2 and x_2 is Md1, THEN u is M1
 IF y_{zad} is SMALL and y is Sm2 and x_2 is Sl2, THEN u is M1

3. Резултати от симулационно изследване с MATLAB/Simulink

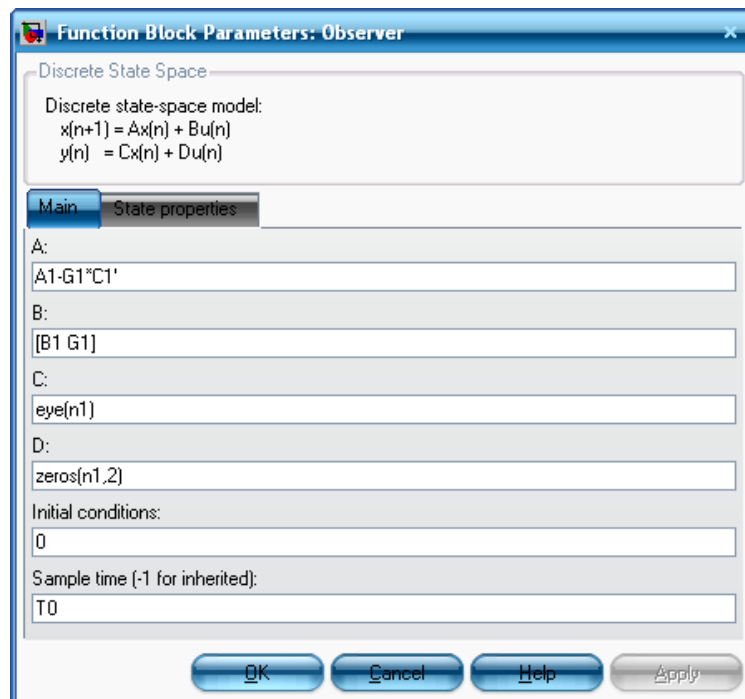
За симулационно изследване на системата с многомоделно размито управление, в средата на MATLAB/Simulink е разработена следната моделираща структура:



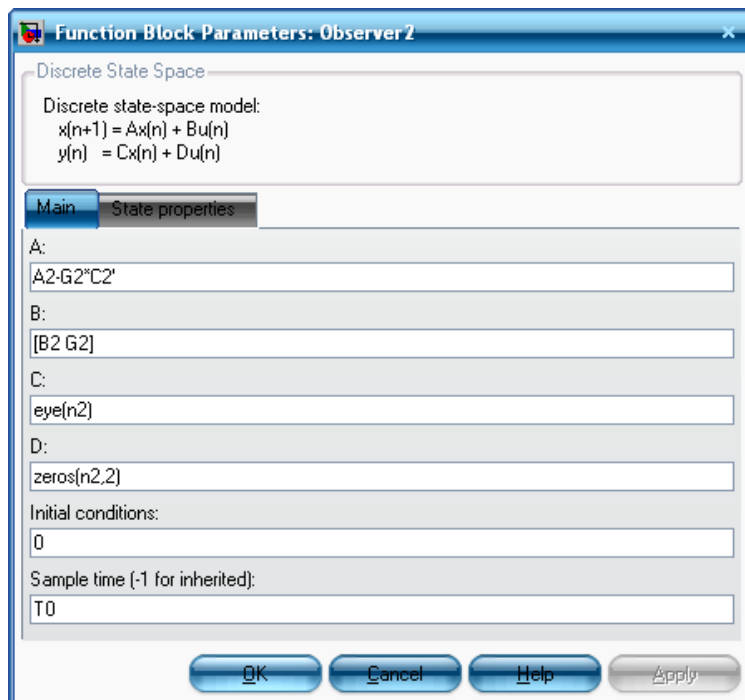
Фиг. 5. Моделираща структура на системата за управление

Обектът за управление е представен с блока „Sub system“. Превключването на наблюдателите за първата и втората структура се реализира с двата блока „Interval Test“, които управляват двата ключа „Swich“, подаващи към входа на размия регулатор „Fuzzy Logic Controller“ информация за моментната стойност на вектора на състоянието. С блоковете „Step1“ и „Step2“ се формира изменението на заданието.

На фигура 6 и фигура 7 са показани прозорците за настройка на наблюдателите на състоянието.

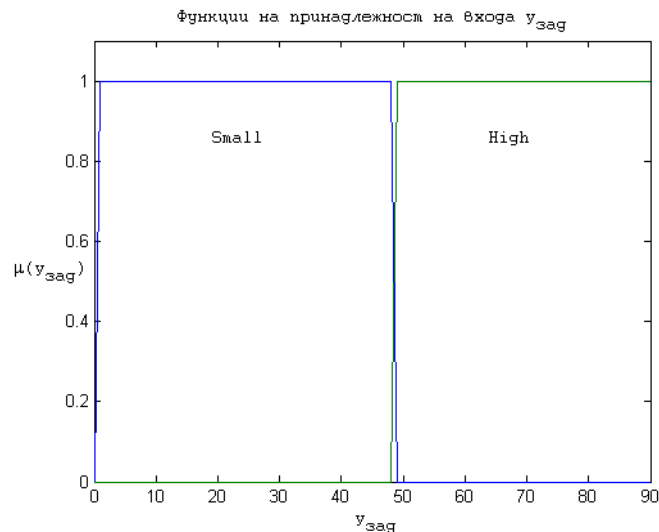


Фиг. 6. Прозорец с параметрите за наблюдателя на състоянието на първата структура

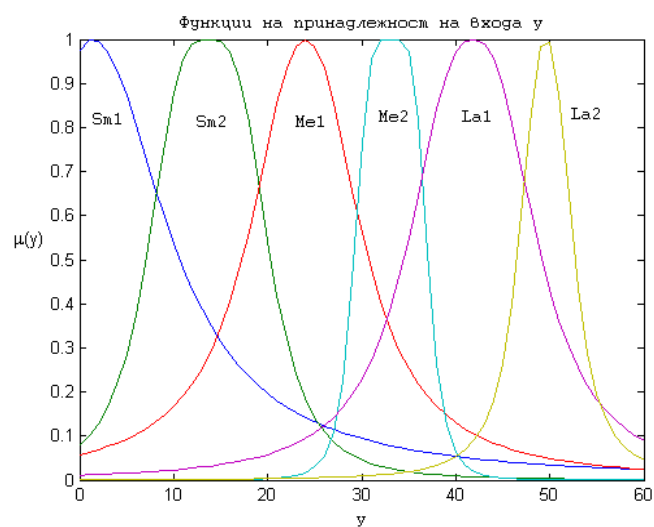


Фиг. 7. Прозорец с параметрите за наблюдателя на състоянието на втората структура

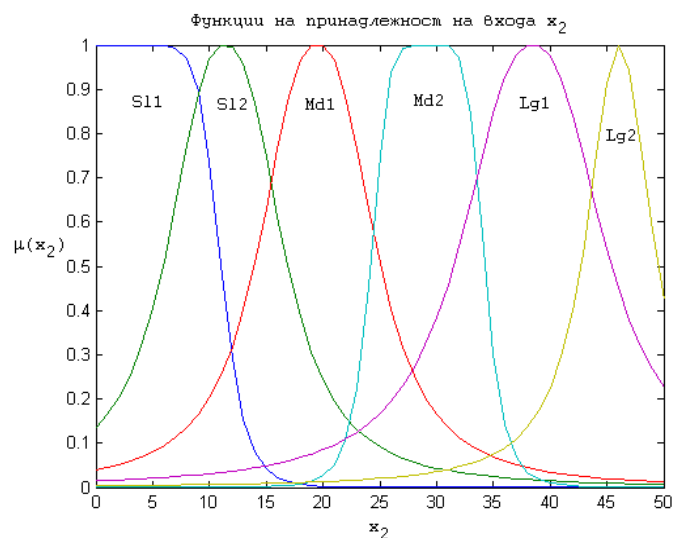
Функциите на принадлежност на входовете $u_{\text{зад}}$, u и x_2 са показани на фигура 8, фигура 9 и фигура 19, а функциите на принадлежност за изхода u на размитият регулатор са показани на фигура 11.



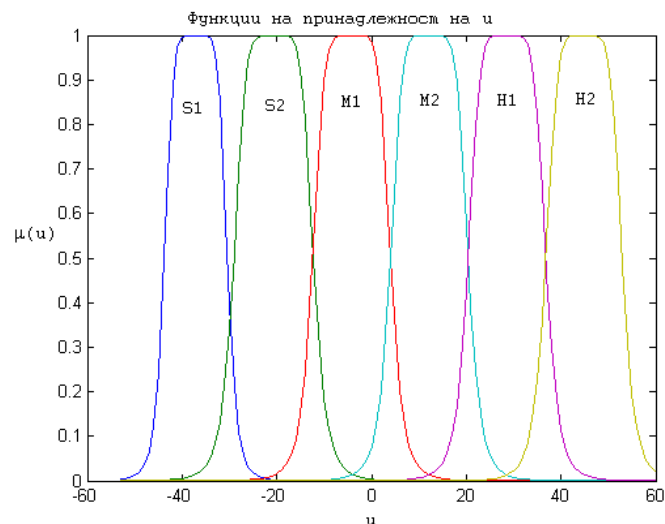
Фиг. 8. Функции на принадлежност за вход $u_{\text{зад}}$ на размития регулатор



Фиг. 9. Функции на принадлежност за вход u на размития регулатор

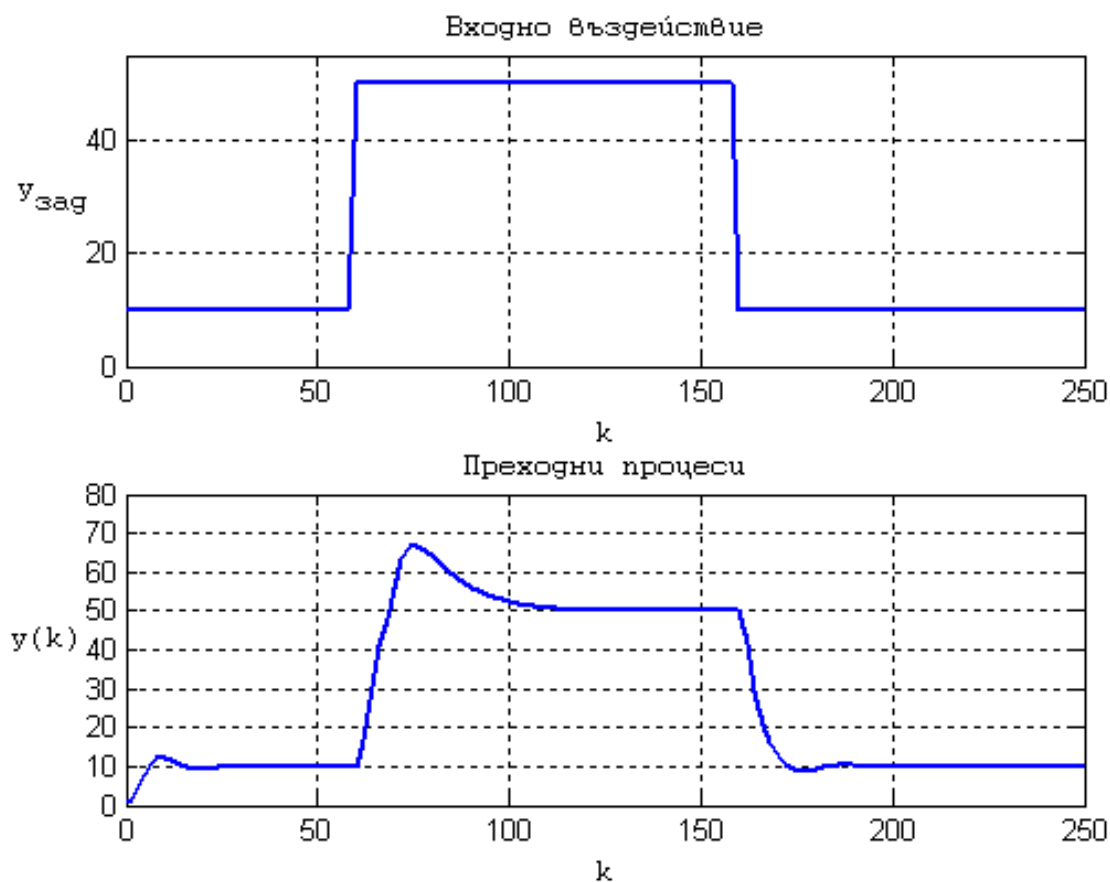


Фиг. 10. Функции на принадлежност за вход x_2 на размития регулатор



Фиг. 11. Функции на принадлежност за изхода u и на размития регулатор

За изследване на работоспособността на моделиращата структура в двата участъка на нелинейната статична характеристика на обекта, се формира изменение на заданието при $k=60$ от 10 на 50, след което, при $k=160$, то се връща на 10. Първата и третата стойност на заданието са в първия линеаризиран участък от статичната характеристика, а втората стойност е във втория линеаризиран участък. Резултатите са поместени на следната фигура.



Фиг. 12. Резултати от изследването

4. Заключение

От резултатите на фигура 12 се вижда, че представената на фигура 5 структура на многомоделно размито управление много точно отработва заданието при преминаване от едната линейна структура към другата. Подобен резултат се получава и при управление на обекта с класическото многомоделно управление, реализирано с моделиращата структура от фигура 4. Разликата между двете структури се състои в това, че при втората не се налага да се въвеждат векторите на обратната връзка и мащабиращите коефициенти.

Представеният по-горе експеримент не отрича възможностите на класическото многомоделно управление. Той само представя една алтернативна възможност за реализиране на многомоделно управление на базата на размит регулатор.

Настоящата разработка е добра основа за разработване на структури на така наречените TSK размити регулатори.

Литература

- [1].Йорданова С., Методи за синтез на размити регулатори за робастно управление на процеси, София, 2011.
- [2]. Младенов В., С. Йорданова, Размито управление и невронни мрежи, София, 2006.
- [3]. Маджаров Н., Е. Хараланова, Инженерни методи за изследване на линейни системи, ТУ-София, 2004.
- [4].Николов Н., Изследване на алгоритми за синтез на модални регулатори на състоянието, дисертация за получаване на ОНС Доктор, ТУ-Варна, 2009.
- [5].Сотиров Л., ТАУ-част II (Теория на дискретните системи за автоматично управление), ТУ-Варна, 2000.
- [6].Nikolov N., Algorithm for Synthesis of Modal Adaptive State Controller, International Conference "AUTOMATICS AND INFORMATICS'07", Proceedings vol.1, p.I-13÷I-16, october 3-6, Sofia, 2007.

Благодарности

Тази разработка е подкрепена финансово от Проект в помощ на докторанти – ПД10, финансиран от ТУ-Варна.

За контакти:

доц. д-р инж. Никола Николов
Технически университет - Варна
e-mail: nn_nikolov@abv.bg

редовен докторант инж. Веселин Луков
Технически университет - Варна
e-mail: vesko_lk@abv.bg

ас. инж. Живко Жеков
Технически университет - Варна
e-mail: fitter@abv.bg

СЕКЦИЯ 4 СТУДЕНТСКА СЕСИЯ

*Трета научна конференция с международно участие
"Компютърни науки и технологии"
25-26 септември, 2015г.
Варна, България*



*Third Scientific International Conference
Computer Sciences and Engineering
25-26 September, 2015
Varna, Bulgaria*

SECTION 4 STUDENT SESSION

P2P БОТНЕТ СИМУЛАТОР

Юлия А. Алексиева

Резюме: В настоящия доклад е представен симулатор за peer to peer (P2P) ботнет с цел изследване на възможностите за P2P комуникации, давайки възможност за изпращане на инструкции към голям брой компютри. Реализиран е на база на най-известния и мащабен P2P Ботнет – Zeus Ботнет. Представени са резултати от работата на симулатора, които потвърждават мащабното влияние на ботнет атаките върху Интернет сигурността и стабилността.

Ключови думи: P2P ботнет, Zeus ботнет, пиър, пиър таблица

P2P Botnet Simulator

Yulia A. Aleksieva

Abstract: This report presents a simulator for peer to peer (P2P) botnet in order to study the possibilities of P2P communications, allowing instructions to be sent to a large number of computers. It is realized on the basis of the most famous and large-scale P2P botnet - Zeus Botnet. The results from the operation of the simulator confirmed the extent of the impact of botnet attacks on Internet security and stability.

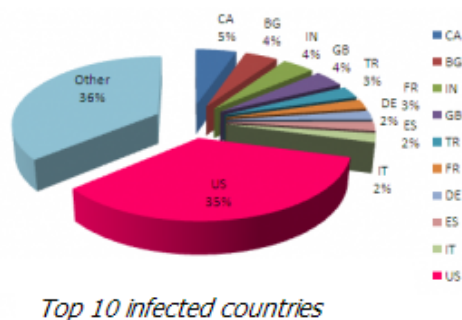
Keywords: P2P botnet, Zeus botnet, peer, peer list

1. Увод

Наред със зловредни кодове като вируси и червеи, ботнет са привлекли значително внимание и са една от най-големите заплахи за Интернет. Ботнет са еволюирали, включвайки P2P (peer to peer) комуникации с цел изпращане на инструкции към голям брой компютри. Затова ботнет са нарастваща опасност за Интернет сигурността и стабилността и трябва да се познават в детайли, за да могат да бъдат спрени.

Според проучване на Symantec, Bkav Security Labs[4] и McAfee [3], в момента една от най-големите известни ботнет заплахи е бързо разпространяващият се Zeus ботнет. Световните мащабни статистики показват, че България е пряко засегната от зловредната заплаха, бивайки трета по процент на заразени компютри от Zeus ботнет (към март 2015), както е показано на фигура 1.

No	Countries	Infected machines	Percentage
1	United States	6505	34.70%
2	Canada	985	5.30%
3	Bulgaria	799	4.30%
4	India	785	4.20%
5	United Kingdom	741	4.00%
6	Turkey	529	2.80%
7	France	435	2.30%
8	Germany	400	2.10%
9	Spain	399	2.10%
10	Italy	398	2.10%



Фиг. 1. Топ 10 заразени страни от Zeus Ботнет – Bkav Security Labs [4]

Ботнет е мрежа от компютри (ботове), заразени със зловреден софтуер, обикновено инсталиран чрез всякакви видове съвременни атакуващи техники, като троянски коне, червеи и вируси. Тези „зомби” компютри се управляват дистанционно от хакер (botmaster). Ботнет използва и набира компютри, превръщайки ги в армия за кибер атака, за да бъдат

използвани за спам, фалшиви уеб сайтове, DDoS атаки, вируси, червеи, задни врати, събиране на информация чрез фишинг и измами. Ботнет са една от най-значимите заплахи за Интернет.

В P2P ботнет няма централен сървър, а ботовете са свързани помежду си и действат като едновременно Command and Control (C&C) сървър и клиент. P2P ботнет е един от най-актуалните феномени, затова кибер-защитата се нуждае от нови техники за компютърен интелект, понеже традиционните методи за откриване на проникване биват осуетени от P2P ботнет-а.

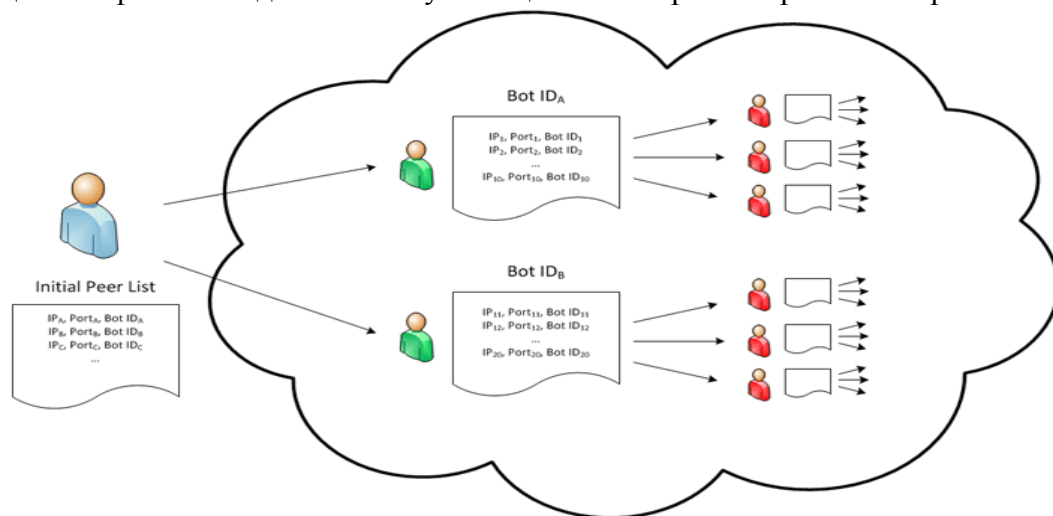
Целта на настоящата разработка е създаване на симулационна среда, в която да бъдат изследвани възможностите на P2P ботнет, представяйки същността и действието му. Така чрез разработването на симулатор може да се вникне в същността на действието на ботнета и съответно да може да се разработи техника за засичане на ботнет, която същевременно може да се тества на симулатора за максимална ефикасност.

2. P2P Ботнет симулатор

А. Същност на Zeus P2P Ботнет

Zeus Ботнет се е появил за пръв път през 2007 година и оттогава насам се е превърнал в най-мощният и опасен ботнет, заразил над 6 милиона компютри по целия свят [2]. След като зловредният P2P Zeus софтуер се стартира, той веднага се свързва със серия от пиърите, които са закодирани в кода му, за да поиска конфигурационни файлове, двоични ъпдейти и таблица на партньорите. Ако закодираните пиъри в двоичните файлове на бота не могат да бъдат достигнати, бота извършва алгоритъм за генериране на домейни (DGA – domain generation algorithm) с текущата дата. Алгоритъмът произвежда 1000 псевдослучайни домейни на ден. Имената на домейни са между 32 и 48 знака, конкатенирани с един от шестте домейни от най-високо ниво (com, net, org, biz, info, ru). Тези резервни домейни осигуряват подновен списък с активни пиъри в мрежата. Всеки запис на пиър съхранява ID на бота, IPv4 адрес, порт, IPv6 адрес и порт. P2P Zeus мрежата поддържа както IPv4 и IPv6 адреси. Все още не са наблюдавани активни пиъри с IPv6 адреси, този сценарий може да се промени с течение на времето, тъй като все повече Интернет доставчици поддържат IPv6 [5].

Комуникацията между пиърите възниква през TCP и UDP портове с номера между 10000 и 30000, които се избират на случаен принцип, когато зловредният софтуер бъде инсталиран. Контролни съобщения като двоични/конфигурационни заявки за версия и партньорска таблица се създават по UDP. По-големият обмен на данни, включително и конфигурационни файлове и двоични актуализации се извършват през TCP портове.

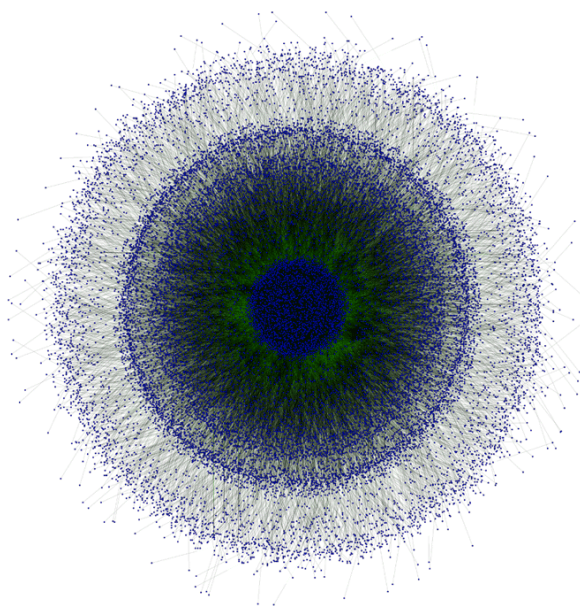


Фиг. 2. Процес на обхождане на P2P Zeus ботнет мрежа

Оценяването на размера на централизирани ботнет е трудно постижима задача, без да се получи достъп до C&C сървъра. Затова съществува метод за преброяване, чрез обхождане на възлите по мрежата [5].

Процесът по обхождане на P2P Zeus ботнет мрежа, показан на фигура 2, започва чрез справка с първоначалната таблица на активните пиъри (в зелено) за техните съседи. По време на заявката съседните пиъри предоставят списък с до 10 пиъри на възела, инициращ заявката. Всеки възел обаче може да съхранява общо 150 записа за даден момент. Недублиращите се записи от всяка пиър таблица (в червено) се добавят към опашка и процесът се повтаря рекурсивно, докато възлите в цялата мрежа се изброят.

Въпреки че размените на пиър таблиците в Zeus P2P мрежата могат да съдържат максимум 10 записа (в сравнение с други ботнети като Kelihos, съдържащи до 250 записа [1, 2]), фигура 3 показва, че мрежата все пак е силно свързана. Графът представя 23196 връзки (заразени компютри) – показани като сини точки, а зелените линии представляват връзката (запис от пиър таблица) между два възела.



Фиг. 3. P2P Zeus ботнет мрежа – граф на свързаността между 23 196 връзки

В. Симулационна среда

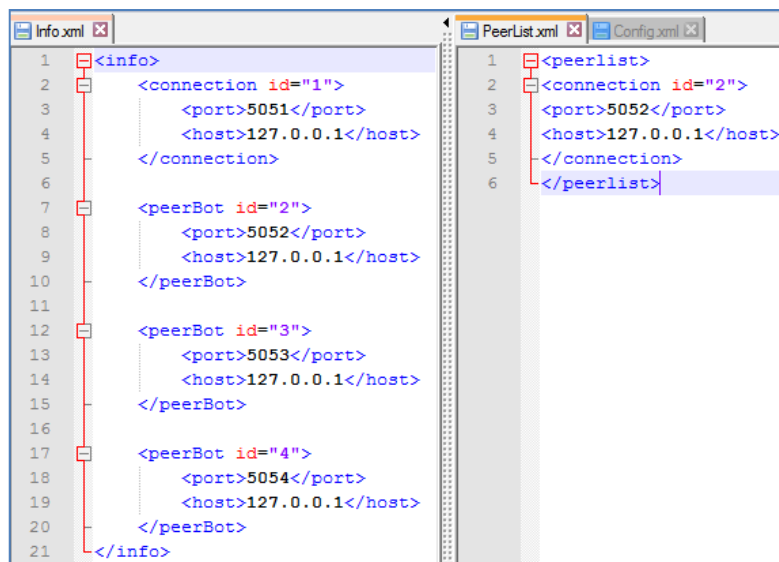
Създаденият софтуер представлява симулация на P2P Ботнет с цел изследване на възможностите на съответната мрежа. Приложението е реализирано на базата на действието на най-известния и мащабен P2P Ботнет – Zeus Ботнет. Софтуерът е разработен на Java (Eclipse) платформа и на този етап приложението е конзолно.

Системата предоставя следните възможности:

- 3 бота, които могат да се включват/изключват към P2P ботнет мрежата;
- показва се състоянието на ботовете;
- обновяват се рег таблиците;
- извежда се кои ботове са активни,
- визуализира се таймер за нереагиращ бот
- при включване на бот той се инициализира и търси партньори;
- при включване на 2 и повече бота се осъществява комуникация между тях;
- при изключване на един от тях системата извежда, че съответният партньор липсва и го премахва от списък;
- записват се потребителски логове, в които се съдържа цялата информация за живота на дадения бот като част от ботнета. Логовете се съхраняват в отделни папки за

всеки бот, като се запазват с момента на включване на бота (дата, час, минути, секунди).

За реализация на симулатора са създадени 11 класа – за инициализиране на ботовете, за свързване на ботнетта и за поддръжка на комуникацията между ботовете. В папките на всеки бот се запазват логовете и има три xml файла за инициализация на бота – Config, Info, PeerList, показани на фигура 4. В Config.xml се пази информация за последната версия на зловредния код. В Info.xml се пази закодираните пиъри, а в PeerList.xml се съхранява пиър-таблицата на съответния бот – един запис.



Фиг. 4. Файлове за инициализация на бота

Симулаторът реализира алгоритъма на действие на Zeus P2P ботнет – обикаля връзките по същия начин и ботовете аналогично комуникират чрез TCP/UDP клиент/сървър.

3. Резултати

А. Описание на алгоритъма

Главният клас е Botnet.java, който създава един бот и го включва към пиър таблицата на останалите. В този клас ботът се инициализира, прикача му се логфайл, отварят се връзките, за да могат да се свържат ботовете помежду си – чрез TCP и UDP клиент/сървър комуникация, след което той взема таблицата от съседите, за да попълни липсващите си партньори (може да попълни до 50 недублиращи се записа), проверява свързаността си с останалите партньори през определено с таймер време и ако пиърът отговаря – записва се в таблицата, като версията на бота се променя и се търси партньора с най-висока версия.

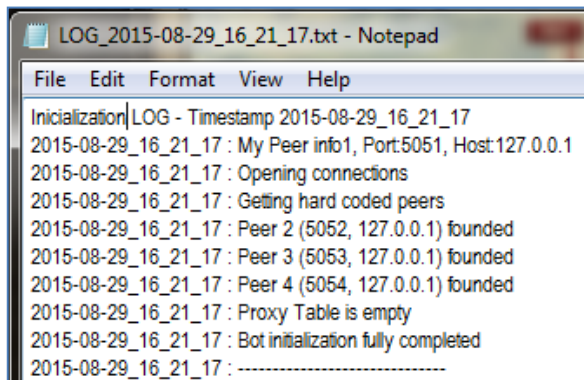
По време на конфигурирането на бота той трябва да извърши еднократни действия, за да работи правилно. Трябва да сваля най-новата версия на зловреден код измежду съседите на пиърите си. Бота трябва да провери връзката си с всеки пиър, който е част от пиър таблицата му, като намира бота с най-нова версия на бота. Ако пиъра не отговаря, той опитва да се свърже още 5 пъти. Ако пиърът не може да бъде достигнат, трябва да бъде премахнат от таблицата – ако е включен към Интернет, представлява заплаха за ботнетта.

Създава се клас за всеки бот, като всеки от тях е инстанция на Ботнет. Това са трите изпълними класове Bot1.java, Bot2.java и Bot3.java – могат да се стартират и спират.

В класа Peer.java се обработват таблиците с партньорите и за даден порт – на партньор се създава TCP и UDP клиент; проверява се версията на таблицата; този клас отговаря за връщането на обновена таблица с партньори.

В класа XMLHandler.java се прочитат XML файловете на бота и се използва информацията в тях. В Info.xml е информацията на бота – IP, порт, hardcodedpeerTable, hardcodedproxyTable. В Config.xml е конфигурационната информация за бота – версията му. В PeerList.xml има информация за пиър таблицата – IP, порт.

В класа LogWriter.java се записват логовите файлове, показани на фигура 5.

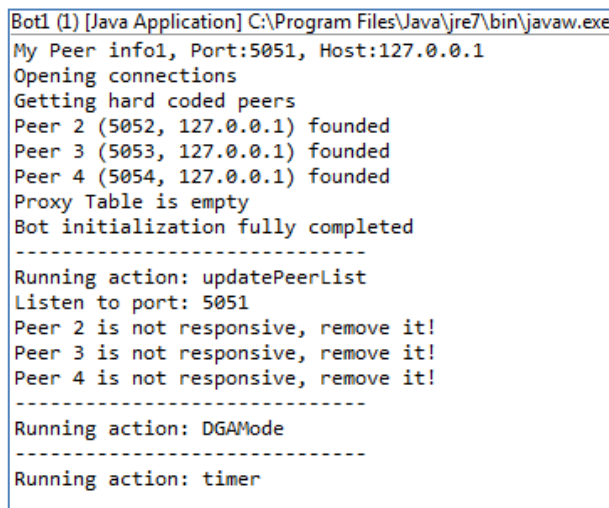


Фиг. 5. Лог файл на бот – съдържа цялата информация за дейността му от пускането до спирането в точния момент

Класовете TCPServer.java; TCPClient.java; UDPServer.java; UDPClient.java обработват комуникациите между партньорите, отварят се връзките между тях и се слуша на портовете за команди, като сървърите ги обработват. През тях се изпраща таблицата с партньорите.

В. Експериментална постановка и резултати

При пускане на първия бот започва да се извежда потребителска информация (която също така се записва и в лог-файлове в папката на бота). Потребителят може да спре бота, може да пусне втория бот/ третия бот. Трите бота могат да се пуснат един след друг и да се следи комуникацията помежду им. Потребителят може да спира ботовете, може да променя конзолата и да избира кой бот да наблюдава (по принцип се вижда активният бот).



Фиг. 6. Стартиране на бот 1

Фигура 6 показва стартирането на бот 1 - бота намира пиърите, които са по подразбиране в таблицата, но при конфигурация изисква новата пиър таблица и получава отговор, че пиърите не отговарят и трябва да бъдат премахнати.

```

Bot2 (1) [Java Application] C:\Program Files\Java\jre7\bin\javaw.exe (12.05.2015, 10:37:41)
My Peer info2, Port:5052, Host:127.0.0.1
Opening connections
Getting hard coded peers
Peer 1 (5051, 127.0.0.1) founded
Proxy Table is empty
Bot initialization fully completed
-----
Running action: updatePeerList
Listen to port: 5052
FROM SERVER:3
Hard coded peer 1 is responsive, add it to peers table and get peer
Getting peerlist (127.0.0.1, 5051)
FROM SERVER:2 5052 127.0.0.1
3 5053 127.0.0.1
4 5054 127.0.0.1

```

Фиг. 7. Стартиране на бот 2, след като бот 1 вече е стартиран

Фигура 7 показва, че първият партньор вече е свързан и бот 2 го добавя към таблицата си. Бот 1 получава отговор от пиър 2 – бот 2 и го добавя в пиър таблицата си (фигура 8).

```

Running action: updatePeerList
FROM SERVER:3
Hard coded peer 2 is responsive, add it to peers table and get peer

```

Фиг. 8. Пиър 2 е активен и бот 1 го добавя в таблицата си

```

Bot3 (1) [Java Application] C:\Program Files\Java\jre7\bin\javaw.exe (12.05.2015, 10:40:32)
Hard coded peer 1 is responsive, add it to peers table and get peer
Getting peerlist (127.0.0.1, 5051)
FROM SERVER:2 5052 127.0.0.1
3 5053 127.0.0.1
4 5054 127.0.0.1

FROM SERVER:3
Peer 2 is responsive, add it to get peerList!
RECEIVED: getVersion
Getting peerlist (127.0.0.1, 5052)
FROM SERVER:1 5051 127.0.0.1

Saving peer list to file
Done
-----
Running action: configuration
Checking connectivity with Peer 1
FROM SERVER:3
Peer 1 connected with version 3
Checking connectivity with Peer 2
FROM SERVER:3
Peer 2 connected with version 3
Post to Controller Comand
Configuring bot

```

Фиг. 9. Добавяне на бот 3

Третият бот получава, че останалите са активни, добавя ги към таблицата си и проверява коя е тяхната версия (фигура 3).

```
Bot3 (1) [Java Application] C:\Program Files\Java\jre7\bin\javaw.exe
Peer 2 connected with version 3
Bot up to date
-----
Running action: timer
RECEIVED: getVersion
Getting peers from file
RECEIVED: peerListRequest
RECEIVED: getVersion
-----
Running action: verificationRound
Checking connectivity with Peer 1
Peer 1 could not be reached
1 try to connect
```

Фиг. 10. Спиране на бот 1 от ботнет мрежата

При спиране на бот 1 от ботнет мрежата (фигура 10) двата бота веднага откриват проблем във връзката и извеждат съобщение.

4. Заключение

По подразбиране комуникациите през Интернет са отворени и неконтролирани. Този факт е в конфликт с нуждите на съвременния компютърно-базиран бизнес, който изисква конфиденциалност на предаваните данни. Нарастването на Ботнет заплахите влияе негативно на сигурната комуникация в мрежите и изисква непрестанно усилие да се осигуряват техники, засичащи Ботнет, които са достатъчно всеобхватни. Затова познаването на този вид заплахи е от ключово значение за създаването на адекватни техники за откриването им.

В този доклад е представено действието на Zeus P2P ботнет – най-мощният ботнет в света и е представена разработката на P2P ботнет симулатор, който е базиран на алгоритъма на Zeus ботнет.

Като цел на бъдеща работа се предвижда разрастването на ботнет симулираната мрежа и добавянето на повече възможности. В симулатора ще бъде имплементиран и Kademia P2P протокол с цел проучване и анализ на ефективността на заразяване при симулации на различни ботнет атаки, както и на техники за предпазване.

Литература

- [7].Bégin, F., BYOB: Build Your Own Botnet and learn how to mitigate the threat posed by botnets, SANS Institute, The SANS Institute, 2011, стр. 1-4, 32-35
- [8].Gañán,C., Cetin,O., An Empirical Analysis of Zeus C&C Lifetime, Proceedings of ASIA CCS'15, 2015, стр. 97-108
- [9].McAfee Labs – Thread Report, <http://www.mcafee.com/uk/resources/reports/rp-quarterly-threat-q1-2015.pdf>, май 2015
- [10]. Le Minh Hung, Tracking Zeus botnet which updates like Conficker, <http://security.bkav.com/home/-/blogs/tracking-zeus-botnet-which-updates-like-conficker/normal>
- [11]. Brett Stone-Gross, Dell SecureWorks Counter Threat Unit, The Lifecycle of Peer-to-Peer (Gameover) ZeuS, юли 2012

За контакти:

Юлия А. Алексиева
катедра „Компютърни науки и технологии“
Технически университет - Варна
E-mail: iulia93@abv.bg

ПОДХОДИ ЗА ПОВИШАВАНЕ КАЧЕСТВОТО И НАДЕЖНОСТТА В ОБЛАСТТА НА DESIGN PATTERNS

Димитричка Ж. Николаева

Резюме: Докладът представя две техники при разработка на софтуер, базиран на Design Patterns: програмиране, осигуряващо надеждно функциониране на програмните системи и повторно използване в софтуерното производство. Те са констатация от анализ, направен в областта на Design Patterns (DP). Изследват се шест критерия: актуалност на темата, анализ на подходите и методите за разработване на DP, определяне на предимствата и недостатъците от прилагането им, изследване на DP според употребата им и целта на софтуерната разработка, анализ на програмните езици за разработване на DP. Те са важни за разработване на софтуер, базиран на софтуерни шаблони. В заключение са обобщени предимствата от използване на DP и е направена заявка за бъдещи проекти.

Ключови думи: Софтуерни шаблони, софтуерно преизползване, качествен софтуер

Approaches to increasing the quality and reliability in the field of Design Patterns

Dimitrichka Zh. Nikolaeva

Abstract: The report presents two techniques in software development based on Design Patterns (DP): programming, providing reliable functioning of the programming systems (PPRF) and reuse of software production (RSP). These are the findings of an analysis made in the field of DP. The report explores six indicators: the actuality of the topic, analysis of the approaches and methods for the development of DP, determining the advantages and disadvantages of implementing DP, study of DP according to their use and according to the purpose of software development, analysis of the programming languages used to develop Software Templates. They are important for the development of Software Based on Software Templates. In conclusion the advantages of using DP are summarized and an application is made for future projects.

Keywords: Software Design Patterns, Software Re-Use, Software Quality

Въведение

През последните 80 години информационните технологии се развиват с бързи темпове. Програмните системи и продукти стават все по-сложни, това е предпоставка за създаване на нови ефективни технологии за разработка. През седемдесетте години на миналия век възниква разработката, базирана на софтуерните шаблони. [37] Те са концепция за разрешаване на често срещани проблеми в областта на обектно-ориентираното моделиране. [35] Предназначени са да дадат стандартизирани и ефективни решения за архитектурни и концептуални проблеми в компютърното програмиране. [32]

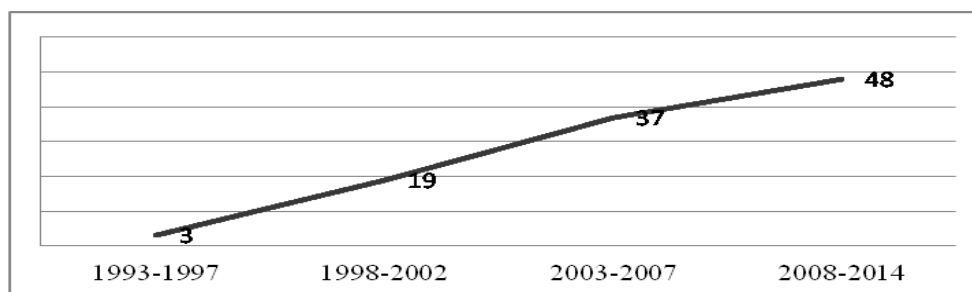
Докладът се състои от четири части. Във втората част е представен анализ, който включва изследване на шест показателя: актуалността на темата, анализ на подходите и методите за разработване на Design Patterns, определяне на предимствата и недостатъците от прилагане на Design Patterns, изследване на Design Patterns според употребата им и според целта на софтуерната разработка, анализ на програмните езици за разработване на Design Patterns. Резултатите от анализа са обобщени графично и таблично. Третата част разисква техниките, използвани при разработка на софтуер, базиран на Design Patterns. Заключениеето подкрепя необходимостта от изучаване и прилагане на подходите в областта на Design Patterns за повишаване на качеството и надеждността на програмните системи и продукти.

Анализ на литературните източници в областта на софтуерните шаблони

Докладът представя резултатите от продължаващите изследвания на автора в областта на “Разработването на софтуер с използване на шаблони за дизайн”. До момента са анализирани 107 литературни източника, като най-важните от тях са цитирани в настоящата публикация. Големият брой публикации по темата недвусмислено доказва актуалността на тематиката (фигура 1 и фигура 2).



Фиг. 1. Групиране на литературните източници



Фиг. 2. Литература издадена/ публикувана 1993-2014 в областта на Design Patterns

Освен потвърждаване на актуалността на тематиката, показателите, които са обект на изследване, целят:

- Анализиране на подходите и методите за разработване на Design Patterns;
- Определяне на предимствата и недостатъците от прилагане на Design Patterns;
- Изследване на Design Patterns според употребата им;
- Изследване на Design Patterns според целта на софтуерната разработка;
- Анализиране на програмните езици за разработване на Design Patterns.

Изводите, които са направени са важни за разработване на софтуер базиран на софтуерни шаблони. Резултати от анализа са представени таблично и графично както следва:

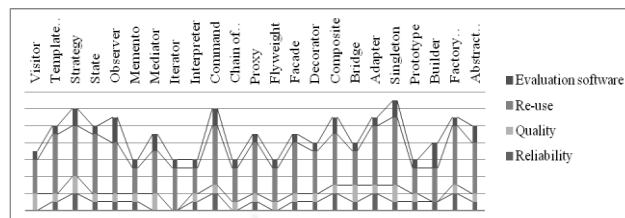
Таблица 1. Обобщен анализ на Design Patterns

1) Анализиране на подходите и методите за разработване на Design Patterns • Стратегии за толериране на софтуерни грешки [1] • Структурен подход за оценка на дизайна на модел-ориентирани и обектно-ориентирани проекти (определя динамичните показатели и представя алгоритъм за анализ на надеждността) [2] • Параметричен подход (идентифицира структурата и поведенческите свойства на моделите, както и взаимодействието между тях) [38, 9] и подход проверка (осъществява ефективен метод за наблюдение) [9] • Създаване на методология за повторно използване, съхраняване и прилагане на програмен код [4] • Разработване на компоненти за повторна употреба (componentization) [5], [8]	• Разработване на библиотеки за многократно използване и лесна конфигурация [19] • Методология за изграждане на динамично свързване на параметри на компонентите (чрез Service Design Patterns) [29] • Подход за моделиране на сложни бизнес домейни [12] • Подход за откриване на дизайн модели (от различни утвърдени приложения) в подкрепа на обратен инженеринг [11, 14, 17] • Метод за създаване на софтуерни модели, който води до многократно употребяван и рентабилен софтуер, в основата на този процес са така наречените мисловни карти [24] • Подход за разработка на Детектор клонинги, като представка към Eclipse IDE [27] 2) Определяне на предимствата и недостатъците от прилагане на Design Patterns
---	--

Предимства		
- Водят до автоматизиране на приложенията [2] - Създават и поддържат сложни, мащабни, гъвкави системи [28], [30] - Водят до пре-използване и разработват компоненти и библиотеки за пре-използване [5], [31] - Опростяват проектирането и оптимизират кода [3] - Развиват високо структурно ниво - Повишават нивото на концептуално мислене [33] - Водят до добри решения [34] - Създават обща база за сравняване и откриване на софтуерни шаблони [22] - Приложими са (дават бърз достъп до база от данни, чрез тях се разработват игри, и др.) - Служат за обмен на опит (помагат на програмисти, дизайнери, архитекти и анализатори за успешно използване на Design Patterns в комбинация с широк спектър програмни езици) [6] - Водят до интегриране на Object-Oriented Programming, Event-Based Programming и Aspect-Oriented Programming – обектно, събитийно и аспектично програмиране [20]		
Недостатъци		
- Архитектурите на някои модели не са оптимални - Не е ясно кой модел в какви ситуации да бъде прилаган - Начинаещите дизайнери допускат грешки при прилагането им - Документацията описваща шаблоните не е точна, това води до различни интерпретации от страна на дизайнерите, които я прилагат [13] - Липсва подходяща функционалност при натоварване, с което се ограничава ползата от дизайн моделите в рамките на една сесия [10] - Сходни сегменти на код, които се появяват в изходния код, повишават производителността, но с това се повишава вероятността за разпространяване на грешки [27]		
3) Изследване на Design Patterns според тяхното прилагане (обхваща всички литературни източници): A. общо (за всички Design Patterns) и B. по групи според предназначението на съответния софтуерен шаблон (B.1. общо и B.2. в проценти)		
3)A.		
Design Patterns (DP)	Употреба на DP	Групи DP според предназначението
Memento	23	Behavioral patterns
Flyweight	24	Structural patterns
Iterator	28	Behavioral patterns
Chain of Responsibility	29	Behavioral patterns
Interpreter	29	Behavioral patterns
Builder	31	Creational patterns
Visitor	32	Behavioral patterns
Prototype	33	Creational patterns
Bridge	35	Structural patterns
Decorator	35	Structural patterns
Mediator	35	Behavioral patterns
Façade	36	Structural patterns
State	38	Behavioral patterns
Command	40	Behavioral patterns
Template method	40	Behavioral patterns
Composite	42	Structural patterns
Adapter	43	Structural patterns
Proxy	43	Structural patterns
Abstract Factory	46	Creational patterns

Observer	47	Behavioral patterns
Design Patterns (DP)	Употреба на DP	Групи DP според предназначението
Singleton	48	Creational patterns
Factory method	49	Creational patterns
Strategy	49	Behavioral patterns
DP според предназначението	3) B.1.	3) B.2.
Behavioral patterns	390	46 %
Structural patterns	258	30 %
Creational patterns	207	24 %
4) Изследване на софтуерните шаблони според целта на софтуерната разработка:		
A. Постигане на надеждно функциониране; [1], [15], [26], [29]		
B. Постигане на качество; [3], [16], [22], [23]		
C. Повторно използване в софтуерното производство; [4], [6], [7]		
D. Оценка на крайния програмен продукт [21], [33]		
5) Анализиране на програмните езици за разработване на софтуерни шаблони.		
A. (Java);		
B. (C++);		
C. (C#);		
D. (Xml);		
E. (Други)		

Design Patterns	4)				5)				
	A	B	C	D	A	B	C	D	E
Abstract Factory	1	1	6	2	26	13	21	5	3
Factory method	2	1	7	1	27	9	22	9	7
Builder	1	0	4	3	18	7	14	4	4
Prototype	1	1	3	1	16	7	15	5	1
Singleton	1	2	8	2	23	12	19	9	7
Adapter	2	1	7	1	23	13	19	6	6
Bridge	1	2	4	1	16	11	17	6	2
Composite	2	1	6	2	25	11	21	7	4
Decorator	1	1	5	1	22	11	19	4	2
Façade	1	1	6	1	20	10	17	6	4
Flyweight	0	1	4	1	13	8	12	5	2
Proxy	1	1	6	1	23	11	17	6	5
Chain of Responsibility	0	1	4	1	18	10	15	3	1
Command	2	1	7	2	25	13	15	6	5
Interpreter	1	1	3	1	17	6	13	4	2
Iterator	0	0	5	1	15	8	12	3	2
Mediator	0	2	5	2	22	11	15	6	3
Memento	1	1	3	1	13	7	11	3	1
Observer	1	1	6	3	27	13	21	7	3
State	1	1	7	1	20	10	15	5	2
Strategy	2	2	6	2	26	15	24	10	4
Template method	1	1	7	1	24	10	17	5	3
Visitor	0	2	4	1	16	11	15	5	1



Фиг. 3. Изследване на софтуерните шаблони според целта на софтуерната разработка

Резултатите от изследването са важни за разработване на подход, базиран на софтуерни шаблони. След обобщаване на данните *могат да се направят няколко извода*:

➤ Темата за софтуерните шаблони е актуална и има засилен интерес към нея в последните години.

➤ Софтуер, базиран на софтуерни шаблони, има практико-приложна насоченост и въпреки недостатъците си е предпочитан за създаване на надежден и качествен софтуер [19].

➤ Софтуерните шаблони предоставят възможност за пре-използване, с което се намалява времето и средствата за разработка. Чрез софтуерните шаблони се автоматизира програмисткия труд.

➤ Най-използваните софтуерните шаблони са: Strategy, Factory method и Singleton, а най-малко са: Memento, Flyweight и Iterator. Най-използваната група софтуерни шаблони са: Behavioral patterns - 46%, следвани от Structural patterns - 30%, а най-малък е процентът на Creational patterns – 24%.

➤ Java е най-използваният програмен език за създаване на Factory method и Observer. Програмните езици: C++, C# и Xml са най-често употребявани за създаване на софтуерните шаблони Strategy. Най-използваният език за създаване на приложения с Design Patterns е Java, следван от C# и C++, а най-малко Xml.

От направените изводи в 2) и 3) можем да заключим, че две са основните техники за разработване на софтуер, базиран на софтуерни шаблони: програмиране, осигуряващо надеждно функциониране на програмните системи (ПОНФ) [1], [2], [9], [11], [14], [17] и повторно използване в софтуерното производство (re-use) (ПИ) [4], [5], [8], [19], [29], [12], [24].

Техники, използвани при разработка на софтуер, базиран на Design Patterns.

Разработването на качествен софтуер е свързано с конструкционни и валидиращи процеси. Конструкционните са свързани с Fault avoidance (prevention) - избягване на дефекти и Fault tolerance - разработване на софтуер с приемливо ниво на грешки. Валидиращите са свързани с валидиране на създадения софтуер съответно: Fault removal - откриване и отстраняване на грешки и Fault/failure forecasting - даване на прогноза. [40] Такива процеси протичат и при създаване на софтуер, базиран на софтуерни шаблони.

Техниката ПОНФ, използвана за разработване на софтуер, базиран на софтуерни шаблони, е свързана с оценка на:

- ✚ надеждност - честота на сриговете в системата;
- ✚ сриг на системата – работна ситуация, необичайна реакция на софтуера;
- ✚ дефект – програмна грешка във входните данни, водеща до сриг.

ПОНФ засяга три съвременни подхода за разработване на софтуер (фигура 4):

- ✚ разработване на софтуер с минимизиране на дефектите в него (Fault avoidance) [25];
- ✚ разработване на софтуер с приемливо ниво на грешки (Fault tolerance) [1];
- ✚ защитно програмиране (Defensive programming) [16], [18].



Фиг. 4. Подходи, използвани в ПОНФ техника

Същността на първия подход Fault avoidance е да намали грешките в софтуерната разработка. Fault tolerance е софтуер, който е проектиран така, че да продължава да работи дори и при наличие на грешки. Защитно програмиране (Defensive programming) е подход, при който се вграждат механизми за откриване, оценка и отстраняване на потенциални грешки.

Принципите на Fault tolerance включват:

- ✚ Принцип на повтарящите се елементи – за постигане на надежно функциониране.
- ✚ N-версно програмиране (N-Version Programming) - при него за една и съща дейност се прилагат различен брой компоненти, всяка от тях извършва определени функции, резултатите се сравняват и програмата продължава с най-често повтарящия се резултат [1].
- ✚ Възстановяващи блокове (Recovery Block) - програмни единици, включващи алтернативен код за повторно изпълнение при срив [1].
- ✚ Exception handlers - компоненти за обработка на изключенията/съобщение, което преустановява изпълнението.

Функции на Fault tolerance:

- ✚ Прогнозиране или откриване на дефекти (Fault/failure forecasting и Fault removal);
- ✚ Оценка на пораженията след срив на системата;
- ✚ Възстановяване след срив [1];
- ✚ Локализиране и отстраняване на дефектите, предизвикали срива на системата.

Принципи на Fault-free software са:

- ✚ Създаване на прецизни спецификации;
- ✚ Използване на проектиране, позволяващо капсулиране на информацията;
- ✚ Механизми за осигуряване на качество на софтуера;
- ✚ Планиране и тестване на системата.

Втората техника ПИ е съвкупност от дейности, водещи до употреба на съществуващи софтуерни елементи. Прилагането им ще е успешно, ако се спазват някои изисквания: програмните компоненти трябва да се проектират така, че да се настройват лесно, да се обмисли процеса на клониране, да се регламентира механизъм за съставяне на имената на променливите за предотвратяване на грешки, компонентите да са преносими [36].

В резултат от направения анализ в Таблица 1 - Обобщен анализ на Design patterns, 1) Анализирани на подходи и методи за разработване на Design Patterns, можем да заключим, че във втората техника ПИ за разработване на софтуер, базиран на софтуерни шаблони (reuse) са регистрирани четири групи тенденции (фигура 5):

- ✚ Проектиране на библиотеки от елементи за пре-използване;
- ✚ Създаване на компоненти за многократна употреба;
- ✚ Създаване на стандарти за интегрирано използване на библиотеките от елементите за повторна употреба;
- ✚ Създаване на модели за процеса на повторно използване и на съответни инструментални средства, поддържащи разработването за и с повторно използване



Фиг. 5. Тенденции, използвани в ПИ техника

Повторната употреба на съществуващи програмни елементи води до няколко предимства: увеличаване на производителността на програмисткия труд, подобряване на

качеството на създадения софтуер, бързо създаване на нови продукти, тъй като се намалява времето за разработка. Успехът на този подход се дължи и на техниките за съхраняване и извличане на компоненти. Механизмите за търсене обикновено са свързани с търсене по ключова дума, текстови описания на естествен език, фасетна техника чрез съставяне на описания от различна гледна точка.

Принципът на работа на техниките е различен, но това, което ги обединява, е възможността за подобряване на качеството и надеждността на софтуера. При ПОНФ това се постига чрез различни подходи за намаляване на софтуерните грешки, а при ПИ - чрез преизползване на програмни елементи, чиито свойства са вече проверени. Изборът на подход зависи от приложната област и конкретните изисквания към създавания програмен продукт [1].

Заклучение и бъдеща работа

Докладът прави обобщение на техниките за разработка на софтуер, базиран на Design Patterns (ПОНФ и ПИ). За целта е изследвано голямо количество литература в областта на Software Design Patterns, проведен е анализ и са получени и представени интересни за по-нататъшната ни работа резултати. Налага се изводът, че използването на Software Design Patterns от една страна спестява време и средства за разработка, повишава производителността на програмисткия труд, а от друга - води до минимизиране на програмните грешки, с което се постига качество и надеждност на създадения софтуерен продукт. Нашите изследвания в областта на Design Patterns продължават. Идеята е да се разработи и изследва подход за разработка на софтуер, базиран на хибриден софтуерен шаблон. Създаването на подобен подход е свързано с решаването на редица изследователски проблеми, както методологични, така и практически.

Литература

- [1]. Daniels, F., Kim, K., & Vouk, M. A., The reliable hybrid pattern: a generalized software fault tolerant design pattern. In Int. Conf. PloP'97, (pp. 1-9)
- [2]. Yacoub, S.M. Pattern-Oriented Analysis and Design (POAD): A Methodology for Software Development. Doctoral dissertation, West Virginia University Morgantown, 1999 (pp. 1-343)
- [3]. Tahvildari, L. Assessing the Impact of Using Design-pattern-based Systems. Doctoral dissertation, University of Waterloo, Ontario, Canada, 1999 (pp.1-163)
- [4]. Cinnéide, M. Ó. Automated Application of Design Patterns: A Refactoring Approach. Doctoral dissertation, Trinity College, Dublin, October 2000 (pp. 1-231)
- [5]. Althammer, E. Reflection Patterns in the Context of Object and Component Technology. Doctoral dissertation, Der Universität Konstanz, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Sektion, Fachbereich Informatik und Informationswissenschaft Konstanz, 2001 (pp. 1-194)
- [6]. Mahemoff, M.J., B.Sc., B.Eng. Design Reuse in Human-Computer Interaction and Software Engineering. Thesis, University of Melbourne Victoria, Australia, Department of Computer Science and Software Engineering, 2001 (pp.1-367)
- [7]. Jamal, S. & Eric, S. Pattern-Based Approach for Object Oriented Software Design. Department of Computer Science K.U.Leuven, Leuven, Belgium, August 18, 2003 (pp.1-201)
- [8]. Arnout, K. From Patterns to Components, Doctoral dissertation, ETH No. 15500, Zürich, 2004 (pp. 1-422)
- [9]. Hallstrom, J.O. Design pattern contracts. Doctoral dissertation, Computer & Information Science, the Ohio State University, 2004 (pp. 1-192)
- [10]. Boyce, Al. Pattern Language Writers Assistant. Doctoral dissertation, University of Strathclyde, September, 2005 (pp. 1-57)

- [11]. Maggioni, St. Design Pattern Detection and Software Architecture Reconstruction: an Integrated Approach based on Software Micro-structures. Doctoral dissertation, Università degli Studi di Milano-Bicocca, Dipartimento di Informatica, Sistemistica e Comunicazione, 2008 (pp.1-150)
- [12]. Hoftmann, Kl. B. Domain-driven design in action. Thesis, University of Copenhagen, Designing an identity provider, Department of Computer Science, spring 2009 (pp.1-151)
- [13]. Blaimer, N., A. Bortfeldt and G. Pankratz.: Patterns in Object-Oriented Analysis, Working Paper No. 451, Faculty of Business Administration and Economics, University of Hagen (Germany), 2010 (pp. 1-80)
- [14]. Rasool, G. Customizable Feature based Design Pattern Recognition Integrating Multiple Techniques, Doctoral dissertation, Fakultät für Informatik und Automatisierung Technische Universität Ilmenau, October, 2010 (pp. 1-177)
- [15]. Qi, X. Language Support for Reliable, Extensible Large-Scale Software Systems. Doctoral dissertation, Cornell University, 2010 (pp. 1-228)
- [16]. Abramov, J. A Pattern Based Approach for Design and Implementation of Secure Databases. Thesis, BEN-GURION UNIVERSITY OF THE NEGEV, November, 2010 (pp.1-112)
- [17]. Dong, J., Zhao, Y., and Peng, T.: A review of design pattern mining techniques. International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, 19(06), 823-855, 2009 (pp. 1-29)
- [18]. Vransky J. Supporting Multiple Languages in Virtual Machines. Doctoral dissertation, Czech Technical University in Prague, the Faculty of Information Technologies, September, 2010 (pp. 1-109)
- [19]. BYNENS, M.: A System of Patterns for the Design of Reusable Aspect Libraries. Doctoral dissertation, © Katholieke Universiteit Leuven – Faculty of Engineering, Belgium, 2011 (pp.1-138)
- [20]. López, A. R. N. Un modèle de programmation intégrant classes, événements et aspects. Doctoral dissertation, 2011 (pp.1-202)
- [21]. O’Ryan, C. Empirical Evaluation of Design Patterns for Publisher-Subscriber Distributed Systems. Doctoral dissertation, University of California, Irvine, 2002 (pp. 1-65)
- [22]. Binun, A. High Accuracy Design Pattern Detection. Doctoral dissertation, Universitäts- und Landesbibliothek Bonn, 2012 (pp.1-144)
- [23]. Ferenc, R. Advances in Software Product Quality Measurement and its Applications in Software Evolution. Doctoral dissertation, University of Szeged, 2014 (pp.1-124)
- [24]. Fayad, M. E. Sanchez, H. A., Hegde, S. G., Basia, A., & Vakil. A Software Patterns, Knowledge Maps, and Domain Analysis, CRC Press, 2014 (pp. 1-448)
- [25]. Ebneenassir, A., & Cheng, B. H.: A Pattern-Based Approach for Modeling and Analysis of Error Recovery. Michigan Technological University, Houghton, Michigan 49931, USA, Department of Computer Science, 2007 (pp. 1-27)
- [26]. Pawson, R. Naked objects. Doctoral dissertation, Trinity College, Dublin June 2004 (pp. 1-223)
- [27]. Zibran, M. F. Management Aspects of Software Clone Detection. Doctoral dissertation, University of Saskatchewan, Saskatoon, June 2014 (pp. 1-205)
- [28]. Alexandrescu, A. Modern C++ design: generic programming and design patterns applied. Addison-Wesley, 2001, ISBN 0201704315 (pp.1-351)
- [29]. Rasool, G., A. I., & At. M.: A Comparative Study on Results of Design Patterns Recovery Tools. World Applied Sciences Journal 28 (9): 1316-1321, 2013 (pp. 1316- 1321)
- [30]. Vernon, V. Implementing domain-driven design. Addison-Wesley, 2013 (pp. 1-656)
- [31]. Khwaja, S. A.: Towards Design Pattern Definition Language (DPDL). Doctoral dissertation, King Fahd University of Petroleum and Minerals, 2010 (pp. 1-186)
- [32]. Gustavson, P. Title: A Developer's Perspective on Patterns. In Borland Developer's Conference, 2005 (pp. 1-44)

- [33]. Trad, A., & Trad, C. Audit, Control and Monitoring Design Patterns (ACMDP) for Autonomous Robust Systems (ARS). International Journal of Advanced Robotic Systems, 2(1), 25-38, 2005
- [34]. Coady, Y., Eide, E., & Lorenz, D. H.: Aspects, Components, and Patterns for Infrastructure Software, 2003
- [35]. Наков Св., В. Колев и колектив, "Въведение в програмирането със C#", Академия на Телерик за софтуерни инженери, София, 2011, <http://www.introprogramming.info/intro-csharp-book/read-online/>, (pp. 863-864)
- [36]. Ескенази А. М., Н. М. Манева, Софтуерни технологии, издателство Анубис, 2001 (стр.1-196)
- [37]. Erich Gamma et al, Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software, ISBN: 0201633612, Addison-Wesley Publ. Co., January 15, 1995 (pp. 1-431)
- [38]. Sridhar, N. Dynamically reconfigurable parameterized components. Doctoral dissertation, The Ohio State University, 2004 (pp. 1-147)
- [39]. Pullum, Laura L. Software fault tolerance techniques and implementation, Artech House, 2001 (pp. 1-358)
- [40]. Proceeding of Symposium of Software Reusability, Seattle, Washington, April 28-30, 1995

За контакти:

Димитричка Ж. Николаева
катедра „Компютърни науки и технологии”
Технически университет - Варна
E-mail: dima.nikolaeva@abv.bg



АНАЛИЗ И ПРИЛОЖЕНИЕ НА FPGA ПЛАТФОРМА ЗА РЕАЛИЗАЦИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НА АУДИО

Меглена Х. Станчева, Вяра Н. Колева-Ефремова

Резюме: Универсалната структура на FPGA платформите определя многобройните им приложения като например изчисления на сложни алгоритми и обработка на данни с висока скорост и надеждност. От друга страна, визуализацията на звук представлява предизвикателство от гледна точка на съпоставяне на звуковите честоти и тяхното изменение във времето. За анализ на възпроизвежданите аудио файлове се извършват множество изчисления за единица време. Използваният алгоритъм за обработка на данните е Дискретното преобразуване на Фурие. Ускоряването на изчисленията е между 4 и 16 пъти в зависимост от използвания алгоритъм, а основните приложения се очаква да бъдат в сферата на научните изследвания.

Ключови думи: Интегрална схема, FPGA, ASIC, Аудио визуализация, Фурие.

Analysis and application of FPGA platform for audio implementation and preview

Meglana H. Stancheva, Vyara N. Koleva-Efremova

Abstract: The universal structure of FPGA platforms determines their many applications, such as calculations of complex algorithms and data processing with high speed and reliability. On the other hand, the visualization of sound is a challenge about the sound frequencies and their changes over time. For analysis of playing audio files we made multiple calculations per unit time. The algorithm used for data processing is Discrete Fourier Transform. Acceleration of calculations is between 4 and 16 times, depending on the used algorithm, and the main applications are expected to be in the field of the since researches.

Keywords: Integrated circuit , FPGA, ASIC, audio visualization, Fourier.

1. Увод

Динамичното развитие на интегралните схеми в условията на съвременната глобализация води до повишаване изискванията към микрочиповете в посока по-висока производителност и надеждност. Възниква необходимост от създаване на все по-сложни дизайни с по-сложна реализация. Непрекъснато се разширява функционалността на чипове с различно приложение, което поставя нови предизвикателства към техните разработчици и утежнява процеса на верификация и валидация. Тези причини налагат все по-широкото използване на FPGA платформите в разработването на схеми и верификацията им.

FPGA (Field-Programmable Gate Array) представлява цифрова интегрална схема, съдържаща конфигурируеми логически блокове. Тя може да бъде препрограмирана, което позволява внасяне на модификации във физическия дизайн още преди реализацията на чипа, което спестява много време и средства на разработчици и производители. За разлика от интегралните схеми със специфично приложение (Application Specific Integrated Circuits - ASICs), където устройството е изградено за определен дизайн, FPGA могат да бъдат програмирани за желаното приложение или спрямо функционалните изисквания. Програмируемите логически елементи могат да бъдат програмирани да дублират функциите на основните логически елементи (като например AND, OR, XOR, NOR и т.н.) или по-сложни функции като комбинационни декодери или математически функции [1].

Някои FPGA имат аналогови функции в допълнение към цифровите. Най-често срещаните аналогови функция са програмируемата стръмност на сигнала и възможността за определяне на импеданса на всеки изходен пин.

От своя страна, визуализацията на звук представлява предизвикателство от гледна точка на съпоставяне на звуковите честоти и тяхното изменение във времето. Нагледното презентиране на тези промени с цел анализ на възпроизвежданите аудио файлове поставя условия за висока производителност с оглед броя на извършваните изчисления за единица време.

Оттук възниква въпросът за методите на реализация на поставения проблем, а именно, за визуализация на звук и изследване на алгоритмите за изчисление изменението на звуковите честоти в реално време.

2. Изложение

Още в началото на разработване на дизайна, който трябва да се имплементира, трябва да се вземе предвид броя на вътрешните структури и блокове, необходими за реализацията на дадено устройство.

FPGA е полупроводниково устройство, базирано на матрица от конфигурируеми логически блокове (Configurable Logic Block - CLB), йерархично свързани с програмируеми връзки. За разлика от интегралните схеми със специфично приложение (Application Specific Integrated Circuits - ASICs), където устройството е изградено за определен дизайн, FPGA могат да бъдат програмирани за желаното приложение или спрямо функционалните изисквания.

Приложната верига в FPGA трябва да бъде добре обмислена. Докато броят на необходимите логически блокове и входно-изходни портове може да бъде лесно определен в зависимост от дизайна, то броят на свързващите пътечки, които са необходими, може да се различава значително при различните дизайни, дори броят на логическите блокове да е един и същ. Тъй като неизползваните свързващи пътечки увеличават стойността на продукта (и намаляват производителността), производителите на FPGA се опитват да осигурят достатъчен брой от тях. По този начин повечето дизайни се вписват по отношение на справочните таблици, така че входовете и изходите да могат да бъдат маршрутизирани.

Стандартно, логическите матрици са изградени от логически блокове (наречени конфигурируеми логически блокове – ‘CLB’ или логически блоков масив ‘LAB’, в зависимост от производителя), входно-изходни пинове и канали за връзка. Някои програмируеми логически матрици използват по-различни градивни единици. Например в серията Virtex-5 на Xilinx се използват адаптивни логически модули (Adaptive Logic Module, ALM), които са с 8 входа и освен LUT съдържат регистри, суматори и мултиплексори [2]. Допълнително принципно предимство на използването на по-сложни основни възли е намаляване на броя на свързващите пътечки, което означава спестяване на площ и е предпоставка за повишаване на бързодействието.

Вторият тип възли са входно-изходните, всеки от които чрез програмиране осигурява желан режим на работа на своите изводи (Programmable Input/Output pin - PIO). Така те могат да имат две или повече от следните състояния – вход, изход, изход с трето състояние, изход с отворен дрейн, изход с отворен сорс. Практически винаги броят на PIO е над 100, например в FPGA от серията AT40KAL на Atmel те са между 128 и 384. Някои FPGA са само с едно логическо ниво на PIO (например CMOS ниво в AT40KAL) или има възможност за програмирането му (8 нива в серията Stratix на Altera, между които LVCMOS и LVTTL и 40 нива в серията Stratix III). Максималната скорост на обмен на данни по PIO в някои FPGA вече надхвърля 1 Gbps.

Трети тип възли са паметите, които обикновено са повече от една, а видът, обемът и организацията им зависят от конкретната FPGA. Практически задължителни са паметите с произволен достъп (RAM) с аналогично предназначение както в компютрите, но с възможност за осъществяване на запис по време на програмирането. В някои FPGA част от

паметта е разпределена (Distributed RAM) на различни места от подложката на ИС, а други съдържат и независими от останалите им възли статични памети SRAM, които разширяват приложенията.

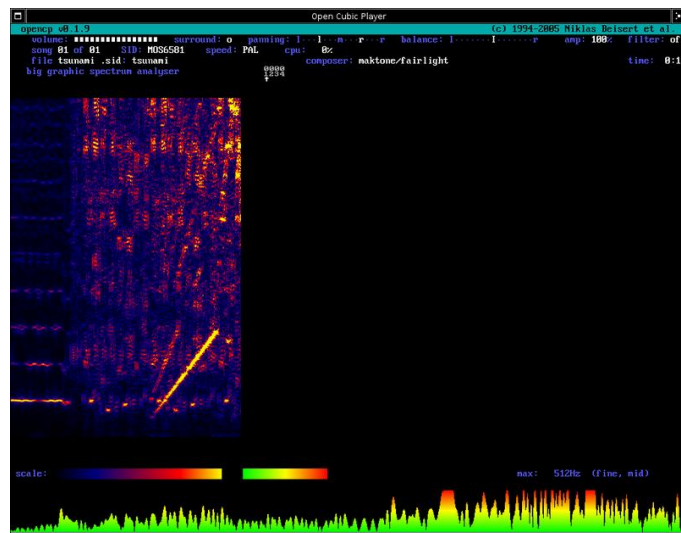
Както при всяка сложна цифрова схема, така и за нормалната работа на FPGA са необходими тактови импулси с много стабилни параметри. За целта на специални изводи се подават импулси от много стабилен външен генератор, границите на чиято честота (Input Frequency) IF са дадени в каталога. Например в споменатата серия Virtex-5 те са от 1 до 715 MHz. Чрез специален блок в FPGA, съдържащ схеми с фазова донастройка на честотата (PLL) или подобни на тях, се създава група от импулси (обикновено между 8 и 48) за различните възли, предавани по специална тактова шина. Все повече са FPGA с две части на шината – за импулси с висока честота, използвани при необходимост от голямо бързодействие и за импулси с ниска честота - за работа на FPGA в режим на малка постояннотокова консумация[3].

Даденото дотук кратко описание на принципа на действие на FPGA показва, че те представляват система с много възможности, която може да бъде един от най-важните блокове на различни устройства. Сигурността на данните е пряко свързана с тази в самата FPGA. Това е причината все повече FPGA да се произвеждат със записан в тях ключ под формата на двоично число (в серията Stratix III то е 128-разредно) и да се използва популярното AES кодиране.

В типичния процес на проектиране разработчикът на FPGA приложение симулира дизайна на няколко нива, докато завърши процеса. Първо RTL (Register-Transfer Level) описанието, написано на VHDL или Verilog се симулира чрез т. нар. test bench за симулации и наблюдаване на резултатите. При RTL дизайнът е представен като съвкупност от комбинаторна логика и запомнящи елементи (D-тригери). След това, след като синтезиращите инструменти изчертаят връзките на дизайна, симулацията се повтаря на ниво логически елементи (Gate Level simulations), докато премине без грешки. Симулациите се пускат при абсолютно еднакви условия в RTL и Gate Level ниво и се следи поведението на всеки от елементите [4]. Накрая дизайнът се програмира в FPGA, където могат да бъдат добавени закъснения при разпространението на сигналите, които могат да бъдат добавени към списъка с изградените връзки.

Звуковата визуализация е възможност, която повечето аудио плейъри предлагат. Тя представлява последователност от анимирани изображения, базирани на промяната на звук (на честотата и силата на звука). В повечето случаи въпросното изображение е генерирано, изразено в реално време и синхронизирано с музиката, която изразява. Техниките за визуализация са разнообразни – от прости такива като симулации, работещи на осцилоскоп, до сложни, които често включват множество комбинирани ефекти. Промените в силата на звука на музиката и честотния спектър са част от основните входни параметри на визуализацията на звук.

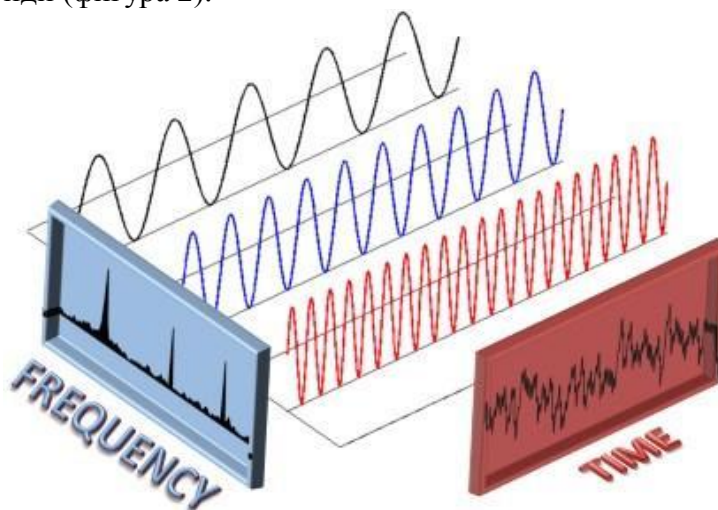
Визуализацията на музика може да бъде дефинирана като контраст на текущо генерираното изображение с предишното такова, при положение че тези характеристики се генерират в реално време. Някои визуализатори на аудио се различават по това, че позволяват възможността да създават различни визуализации на една и съща музика всеки път, когато програмата е изпълнена.



Фиг. 1. Аудио визуализация чрез Open Cubic Player

Съществуват най-различни видове софтуер, които поддържат визуализация на звук. Примерът на фигура 1 изобразява визуализацията на музика, която предоставя Open Cubic Player. Реализацията е базирана на STFT (Short Time Fourier Transform) трансформация [5].

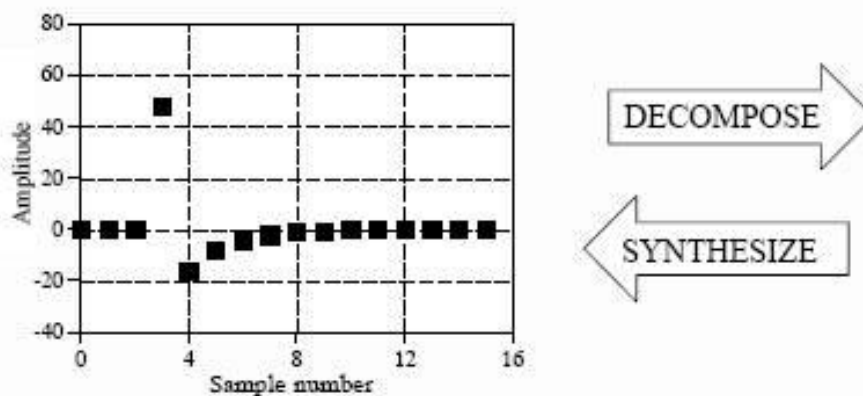
Един от методите за изчисление на поставения проблем е трансформацията на Фурие. Тя представляват семейство от математически техники, които са базирани на разлагане на сигналите на синусоиди (фигура 2).



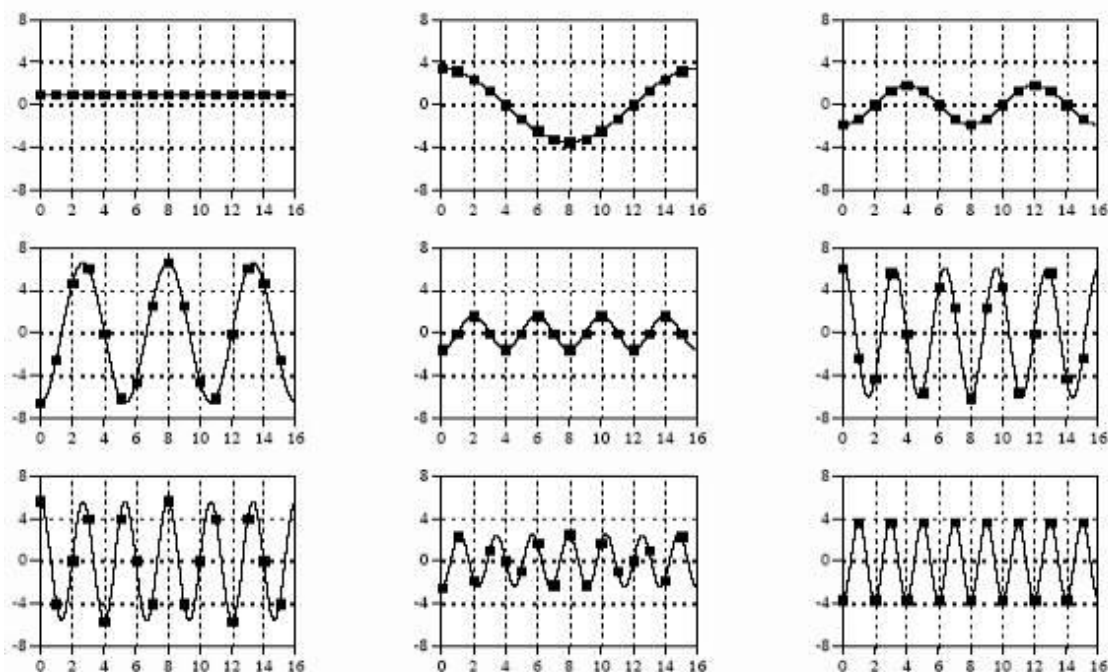
Фиг. 2. Преобразуване на Фурие – съпоставя времето и честотата на сигнал

Цел на разлагането е да се получи нов вид на сигнала, който е по-лесен за анализ и обработка. Синусоидалните и косинусоидалните вълни са по-прости в сравнение с входния сигнал. Те притежават свойството синусоидална точност. Когато входният сигнал на една система е синусоиден, изходният сигнал винаги също е синусоиден. Амплитудата и фазата на сигнала може да се променят, но честотата и формата остават същите. Само синусоидалните вълни имат това свойство.

На фигура 3 е показан примерен сигнал с дължина 16 точки, от номер 0 до номер 15. Фигура 4 и фигура 5 показват разлагането на този сигнал на 9 косинусоидни и 9 синусоидни сигнала, всеки от които с различна честота и амплитуда.

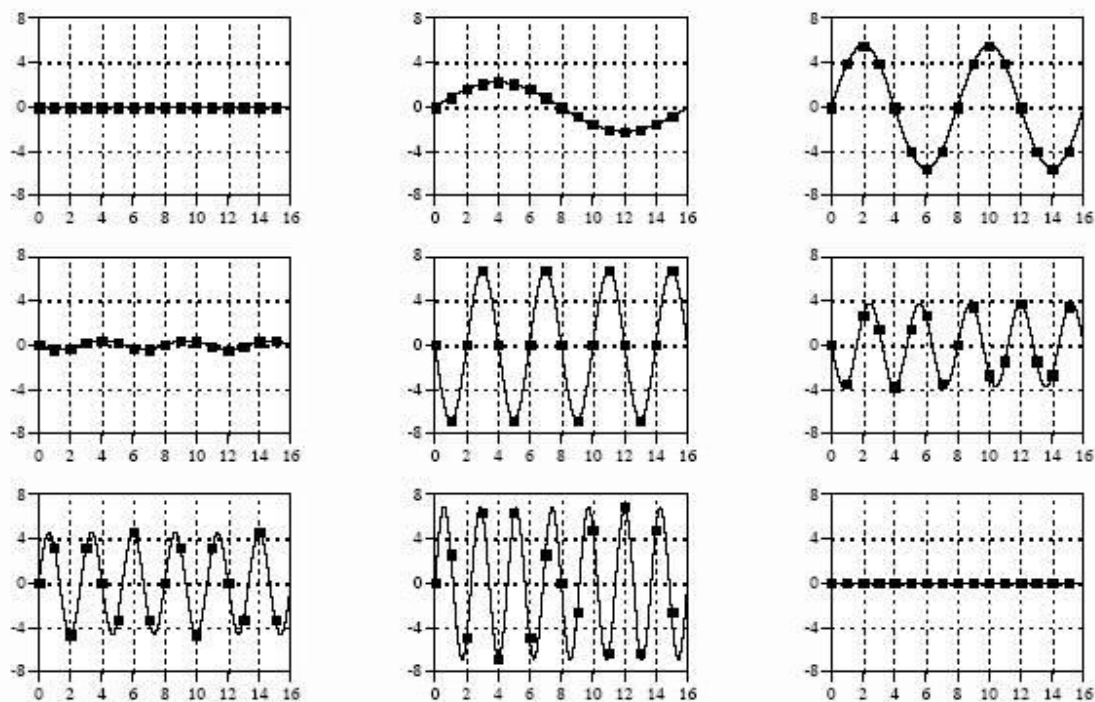


Фиг. 3. Входен сигнал



Фиг. 4. Косинусоидни съставки на сигнала от фигура 3

Единственият тип преобразуване на Фурие, което може да се използва в цифровата обработка на сигналите, е Дискретното преобразуване на Фурие (което от своя страна бива апериодично и периодично), тъй като компютрите могат да работят само с дискретни и крайни стойности. Оказва се, че 16 дискретни стойности на сигнала от фигура 3 се разлагат на 18 синусоиди, всяка от които се състои от 16 стойности. Формално погледнато тези 16 дискретни стойности на сигнала биха могли да се разглеждат като един сегмент на безкрайно дълъг периодичен сигнал. Подобно, всяка от 18-те синусоиди би могла да се разглежда като един 16 точков период на безкрайно дълъг сигнал. На първо време изглежда, че е все едно дали се разглежда, че един безкраен сигнал е синтезиран от безкрайно дълги синусоиди или че един 16 точков краен сигнал е синтезиран от 16 точкови синусоиди.



Фиг. 5. Синусоидни съставки на сигнала от фигура 3

Необходимостта да се допуска безкрайна продължителност на сигналите се изисква от математическия апарат, който се използва. Обикновено е без значение откъде и по какъв начин е получен сигналът. Дискретното преобразуване на Фурие (1) променя входен сигнал, който се състои от N точки в два $N/2 + 1$ точкови изходни сигнала. Входният сигнал съдържа сигнала, който трябва да се разложи, докато двата изходни сигнала съдържат амплитудите на компонентите (синусоидни и косинусоидни вълни) с определени амплитуди. Казва се, че входният сигнал е във времеви домейн (time domain). Това е по причина, че най-общо сигналите, които се подлагат на цифрова обработка, се състоят от дискретни стойности, които се отчитат през еднакви периоди време. Терминът честотен домейн (frequency domain) се използва, за да се опишат амплитудите на синусоидалните и косинусоидалните съставки.

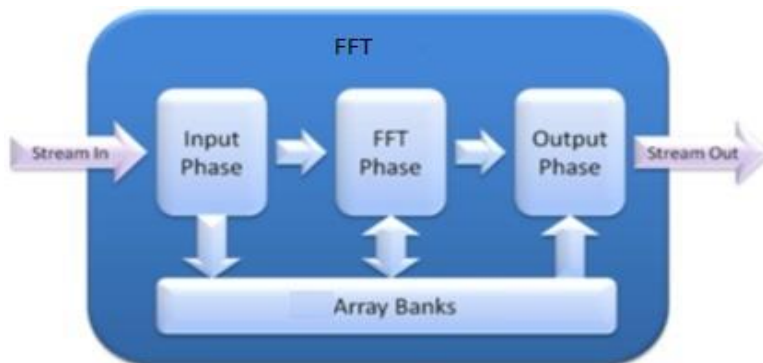
Честотният домейн съдържа точно същата информация, каквато се съдържа във времевия домейн, но в различна форма. Ако е известен единият домейн, другият може да бъде изчислен. Процесът на изчисляване на честотния домейн от времевия домейн се нарича право преобразуване на Фурие или анализ на Фурие. Изчисляване на времевия домейн с входна величина от честотния домейн се нарича обратно преобразуване на Фурие (inverse Fourier transform) или синтез [6].

Броят на дискретните стойности във времевия домейн се представя посредством променливата N . Тя е цяло положително число и тъй като най-ефективният алгоритъм за изчисляване на дискретното преобразуване на Фурие - Бързото преобразуване на Фурие (фигура 6), използва N като степен на 2, то обикновено се избира $N = 128, 256, 512$ и т.н. Бързата трансформация на Фурие представлява алгоритъм за дискретна трансформация, който редуцира изчисленията от $O(N^2)$ до $O(N \log N)$, чрез разлагане. Уравнението на $x(n)$ за дискретна трансформация на Фурие се изразява чрез формулата:

$$x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} X(V) e^{2\pi jtv} . dv \quad (1)$$

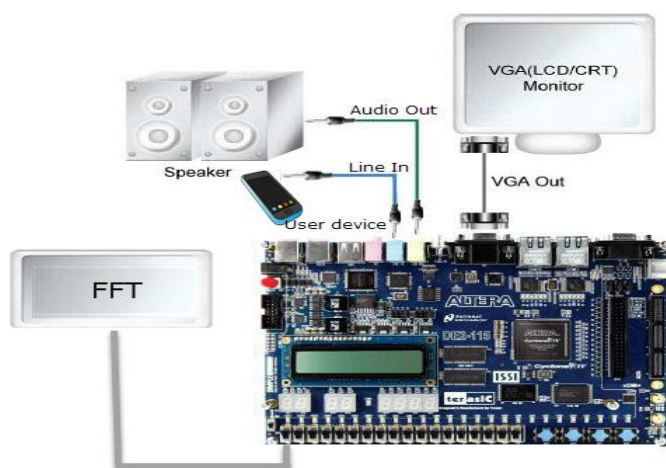
където $k = 0, 1, \dots, N-1$; N = брой на точките

В реализирания пример броят на точките $N = 32768$. Използвайки метода за децимация във времето (DIT), дизайнът разделя входните данни на четни и нечетни мостри, които подава на два отделни 16-точкови FFT блока, имплементирани паралелно. FFT модулът прочита сложни даннови мостри $x[k, m]$ от вътрешната памет в паралел и ги пренаreja. След това 4-степенната база развива подредените мостри, за да формира изхода $G[k, m]$.



Фиг. 6. Принципна схема на бързо преобразуване на Фурие

Платформата DE2-115 включва 15-пинов D-SUB конектор за VGA изход. VGA синхронизацията на сигнали се осигурява директно от Cyclone IV програмируемата логическа матрица. Цифрово-аналогов преобразувател се използва, за да възпроизведат аналогови даннови сигнали (отговарящи на червен, зелен и син цвят). От гледна точка на време, VGA синхронизацията на RGB данни има няколко основни изисквания за всеки ред и колона (хоризонтала и вертикала), изобразени на фигура 7 [7]. Краят на всеки ред данни и началото на следващия се специфицира чрез пулс на сигнал с активна стойност 0 и с определена дължина. Входен порт – Line In е необходим за приемане на аудио сигнал от устройство по избор на крайния потребител. Изходен порт – Audio Out е необходим за възпроизвеждане на звука с помощта на слушалки или говорител. Изходните данни към монитора трябва да бъдат нулирани за определен период от време, след като hsync пулсът се появи. По време на изобразяване на даннов интервал, RGB данните са управлявани пиксел по пиксел за всеки изобразен ред. Таймингът на вертикалната синхронизация е подобен на вече описания, с разликата, че vsync пулсът съобщава за край на текущият кадър и начало на следващия.



Фиг. 7. Опитна постановка

3. Заключение

Altera предоставя отлична възможност за проектиране и реализация на дизайн посредством платформата за разработка Quartus II и програмируемата логическа матрица DE2-115. Благодарение на алгоритми за математически анализ като преобразуване на Фурие, възможностите за визуализация на звук са разнообразни.

В бъдещата си реализация, дизайнът следва да мине всички етапи на верификация и валидация, включително допълнително синтезиране и не само RTL, но и Gate Level симулации. След това може да бъде пренесен на компактен чип. Натрупаните знания и опит в областта на обработка на сигнали ще спомогнат за надграждане на текущите възможности на интегралната схема. Пример за допълнителна възможност на проекта е декодиране и четене на аудио файлове (.wav и .mp3) директно от картата памет или през USB интерфейс, добавяне на допълнителни режими на визуализация на звука, 3D ефекти.

Благодарности

Издаваме благодарности за подкрепата и съдействието по време на работата по проекта на доц. д-р инж. Слава М. Йорданова и инж. Нейтан Елнатан.

Литература

- [1]. <https://bg.wikipedia.org/wiki/FPGA>
- [2]. <http://engineering-review.bg/engineering-statii.aspx?br=41&rub=430&id=1134>
- [3]. <http://www.xilinx.com/fpga/index.htm>
- [4]. <http://www.asic-world.com/verilog/veritut.html>
- [5]. https://en.wikipedia.org/wiki/Music_visualization
- [6]. https://bgaudioclub.org/uploads/docs/Electroacoustics/L7_The%20Discrete%20Fourier%20Transform.htm
- [7]. <http://www.altera.com/products/fpga.html>

За контакти:

инж. Меглена Станчева
катедра „Компютърни науки и технологии“
Технически университет - Варна
E-mail: meglena.hs@gmail.com

докторант Вяра Колева-Ефремова
катедра „Компютърни науки и технологии“
Технически университет - Варна
E-mail: viarakoleva@yahoo.com

ЗАСНЕМАНЕ И ПРЕДАВАНЕ НА ИЗОБРАЖЕНИЯ ЧРЕЗ ДРОН

Гергана В. Спасова, Сава Ив. Иванов

Резюме: В доклада се прави обосновка на избора на апаратни и програмни средства за заснемане на обекти от въздуха и за защита на данните, когато те се предават в реално време. Предвижда се да се ползва летателно средство тип „дрон“ (квадракоптер IRIS+), снабден с камера за заснемане и предаване на данни.

Ключови думи: дрон, предаване на данните

Capture and Transfer Images using Drones

Gergana V. Spasova, Sava Iv. Ivanov

Abstract: The report presents the motivation of the choice of hardware and software equipment for capturing objects in the air and protection the data when they are transmitted in real time. It is planned to use the aircraft type "drone" equipped with a camera to capture and transmit data.

Keywords: drone, data transmission

1. Увод

Дронът е безпилотен летателен апарат. Задвижва се чрез дистанционно управление или по предварително зададен с помощта на GPS маршрут. Има много различни видове дронове - според броя на перките, размерите и обхвата им.

Най-честото му използване е по военно предназначение - за разузнаване и бойно. В днешно време започва все повече да навлиза в гражданската сфера. Намира приложение в следенето на обекти, разкриване на престъпления, разнос на хранителни стоки, сигнализиране за пожари и др. Най-честото му използване си остава за любителски цели. В бъдещата разработка ще се използва за заснемане и предаване на изображения в реално време. Необходимо е да се избере камера, която да е съвместима с наличният вече дрон IRIS+ и да осигурява необходимото качество на снимките.

2. Изложение

2.1. Апаратни средства

Безпилотния робот (квадракоптер), който ще се използва, е 3DR IRIS+ [1] (фигура 1).



Фиг. 1. Дрон IRIS+

Теглото на този дрон е 600 грама. Времето за полет с една батерия е 16 - 22 минути в зависимост от товара (максимум 400гр.), атмосферните условия, надморската височина, стила на управление и пилотските умения. Посоченото време на полет е при надморска височина под 600 метра. Обхватът на дрона е в радиус от 300 метра и 100 метра във височина. Платформата IRIS+ може да се приземи сама или да се върне към точката на излитане, в случай че излезе от обхват или батерията се изтощи.

Режими на полет:

- *Режим „Следвай ме“* - Технологията за 3rd Person View на 3DR превръща IRIS+ в снимачен екип, управляван отдалечено. Дронът IRIS+ лесно се конфигурира да следва всеки Android телефон, оборудван с GPS.
- *Планиране на мисии* – С помощта на безплатното приложение DroidPlanner, потребителите на IRIS+ могат да планират полети като просто нарикуват летателния план на всеки подходящ Android таблет или телефон. Това позволява автономен контрол на полета, тоест дронът ще отиде където му посочите. Лимит на точките за обхождане няма, дори може да зададете на IRIS+ да е ориентиран през целия полет към една и съща област която е важна за полета и видеото. Това дава възможност за заснемане на забавни автономни пътешествия от автоматично стабилизираната камера, което иначе би било невъзможно.

За да се заснемат изображения, е необходимо да се избере камера, която да работи в синхрон с управлението на дрона, да осигурява връзка по WiFi или Bluetooth, да има по-добро качество на снимките, паметта ѝ да стига за запис на маршрута, ако дронът лети по зададени точки/маршрут.

Таблица 1. Сравнителни характеристики на камери GoPro Hero 3+ Silver и GoPro Hero 4 Silver

	GoPro Hero 3+ Silver	GoPro Hero 4 Silver
Тегло на камерата	76 гр.	84 гр.
Тегло на камерата с подложка за свързване към дрон	136 гр.	147 гр.
Батерия	Li-ion 1050mAh	Li-ion 1160mAh
Фото резолюция	10 MP	12MP
Видео резолюция 4K (16:9) 2.7K (16:9) 1440P	Не Не Не	15, 12.5 кадри за секунда 30, 25, 24 кадъра за секунда 48, 30, 25, 24 кадъра за секунда
1080p (16:9)	60, 50, 30, 25 кадъра за секунда	60, 50, 48, 30, 25, 24 кадъра за секунда
1080p SuperView (16:9)	Не	60, 50, 48, 30, 25, 24 кадъра за секунда
960p	120, 100, 60, 50 кадъра за секунда	100, 60, 50 кадъра за секунда
720p (16:9)	120, 100, 60, 50 кадъра за секунда	120, 60, 50, 30, 25 кадъра за секунда
720p SuperView (16:9)	Не	100, 60, 50 кадъра за секунда
WVGA (16:9)	120, 100, 60, 50 кадъра за секунда	240 кадъра за секунда

Скорост на запис	До 25Mb/s	До 45MB/s
Touch дисплей	Не	Да
Wi-Fi	Да	Да
Bluetooth	Не	Да
Памет - MicroSD	До 64GB	До 64GB
Цена	599 лв.	849 лв.

Според сравнителните характеристики камерата, която ще се използва е GoPro Hero 4 Silver Edition [3], [4], [5]. Изборът на тази камера се базира на това, че е камера от най-ново поколение и отговаря на заложените изисквания за бъдещите приложения.



Фиг. 2. Камера GoPro Hero 4 Silver

GoPro Hero 4 Silver Edition е първата камера с вграден touch дисплей. Управлението на камерата, прегледът на заснетите кадри и работата с настройките са ултра лесни - само с едно докосване на екрана. Това е едно от предимствата ѝ пред камера GoPro Hero 3+ Silver. GoPro Hero 4 Silver Edition осигурява професионално качество на видеото чрез висока резолюция (12Mpx) и висока скорост на кадрите в сравнение с GoPro Hero 3+ Silver . Има различни режими за снимки и видео:

- ✓ правене на единични снимки (single), чрез натискане на бутон;
- ✓ снимки за секунда (burst [Photos/sec]) - 30/1, 30/2, 30/3, 10/1, 10/2, 5/1, 3/1. Камера GoPro Hero 3+ Silver може да прави (burst [Photos/sec]) - 3/1, 5/1, 10/1.
- ✓ непрекъснато снимане (за burst режим) – 3/1, 5/1, 10/1 . Този режим липсва при GoPro Hero 3+ Silver.
- ✓ режим Time Lapse за автоматично заснемане на снимки през интервал от 0.5, 1, 2, 5, 10, 30 или 60 сек. Интервалът на снимане е същият и при GoPro Hero 3+ Silver.
- ✓ Снимане на снимки и видео едновременно - прави снимка на всеки 5, 10, 30 и 60 сек. или при ръчно натискане на бутон. Този режим липсва при GoPro Hero 3+ Silver.

Заснемането на видео може да е с резолюция fullHD и 60 кадъра за секунда или HD резолюция и 120 кадъра. Камерата GoPro Hero 4 Silver има нови допълнителни режими, които при Hero 3+ Silver липсват. Режимът Low Light Mode служи за автоматично нагласяне

на честотата на кадрите за оптимално заснемане при ниска осветеност, при движение в среда с различно осветени участъци. С новата опция „**HiLight Tag**“ може да се отбелязват ключови моменти по време на самото заснемане за лесен преглед, обработка и споделяне. За тази нова функция има специален бутон на камерата и на дистанционното управление Smart Remote. Впоследствие, когато се гледа клипа или се обработва с GoPro Studio, може да се видят маркерите с отбелязаните моменти. При запис на видео се осъществява и аудио запис с високо качество. Снетите данни се записват в карта памет, която се поставя в камерата. Максималният обем данни, който може да се запише, е 64GB. При обем на картата 64GB може да се прави HD видео с резолюция 4K в продължение на 4 часа. Това е напълно достатъчно за един полет на дрона, тъй като неговата батерия издържа до 20 минути на полет.

GoPro HERO4 Silver е с вграден Wi-Fi и Bluetooth, което позволява свързване към камерата с безплатното приложение GoPro APP или към дистанционното управление Smart Remote. По този начин всеки смартфон или таблет се трансформира в универсално дистанционно. Може да се види какво се е записало, какво се записва в момента, да се сподели чрез съобщение, email, Facebook и други. Чрез дистанционното управление Smart Remote има възможност да се управляват до 50 камери на разстояние 180 метра. Теглото на тази функционална камера е 147гр с подложката за прикрепяне към дрона. Самостоятелно е 84 грама. Камерата има собствена батерия, която издържа от 1:20ч до 3:05ч в зависимост от избраната резолюция, дали се прави снимка или видео и каква е връзката – дали е по Wi-Fi, Bluetooth или изображенията се записват в картата памет.

Таблица 2 Живот на батерията на камерата

Видео режим	Включен Wi-Fi + GoPro APP приложение	Включен Wi-Fi + отдалечено свързване	Изключен Wi-Fi
4K 15fps	1:40	1:50	2:00
2.7K 30fps	1:30	1:40	1:50
1440p 48fps	1:30	1:40	1:50
1080p 60fps	1:20	1:30	1:40
1080p 30fps SuperView	1:30	1:40	1:50
720p 120fps	1:35	1:45	1:55

За стабилизиране на камерата към дрона IRIS+ се използва двуосна гимбал стабилизация, като по този начин се осигурява заснемането на видео кадри от невъзможни перспективи.

Гимбалът, който ще се използва, е Tarot T-2D [2] (фигура 3 и фигура 4).



Фиг. 3. Гимбал Tarot



Фиг. 4. Гимбал с елементи за монтаж

T-2D автоматично компенсира най-малкото движение, което дава възможност за заснемане на видео дори при ветровито време. Управлението може да стане и ръчно.

Гимбълът се състои от безчеткови мотори с честота на задвижване 20 kHz и двудрен 32-битов високоскоростен ARM процесор. Създаден е за свързване на камери GoPRO. Теглото му без камерата е 200 грама.

Към дистанционното на дрона може да се свърже Live View Kit устройство [6], което се състои от 7-инчов монитор, антена за директно предаване на видеото и видео трансмитер.



Фиг. 5. Live View Kit

Live View Kit (фигура 5) е малък, лек и мощен 5.8 GHz, 32-канален безжичен приемник. Позволява предаване на видео от далечни разстояния, дори когато сигналят от квадراكоптера стане слаб. Дава възможност за визуализиране на два канала едновременно за контрол при изпълнение на сериозни мисии.

На фигура 6 е показана схемата на свързване на всички апаратни части.



Фиг. 6. Схема на свързване на апаратната част

2.2. Защита на данните

Защитата на данните е необходима за запазване на целостта на данните при предаване. При предаване на важна информация, когато каналът за предаване е заплашен от

подслушване или при промяна на предаваната информация, е необходимо данните да се защитят. В бъдещото приложение е заложено да се предават видео и снимки в реално време, по време на полет на квадрокоптера. Предаваните данни между камерата и наземната станция трябва да се защитят от нерегламентиран достъп. Данните, които се обменят, трябва да се криптират.

Видове заплахи за сигурността при предаване на информация между наземната станция и квадрокоптера:

- Нормален трафик - трафикът протича нормално, без да има наличие на външно вмешателство или нерегламентирано подслушване.
- Прекъснат трафик – прекъсване на нормалния трафик.
- Подслушван трафик – трафикът се подслушва или прихваща. Подслушването може да се осъществява отдалечено, като чрез подходяща апаратура се прихваща излъчваният сигнал, моделира се и се превежда в удобен за четене вид.
- Модифициран трафик - подменен е оригиналният трафик. При него има симулиране на трафик, като се подменят данните от изпращача.

За да се избегнат заплахите за сигурност, е необходимо да се използва криптиране на информацията при предаване (фигура 7).



Фиг. 7. Криптиране и декриптиране на информация

Основната цел на криптирането е информацията да се запази възможно най-дълго, нарушителят да вложи повече ресурс, време или средства в разбиването на системата, отколкото ще получи след разбиването ѝ.

Криптографските алгоритми служат за преобразуване на входните данни в неразбираеми последователности от символи и за тяхното правилно обратно възстановяване. Те биват симетрични (криптографски алгоритми със секретен ключ) и несиметрични (криптографски алгоритми с публичен ключ). При симетричните криптографски алгоритми източникът и получателят на данните използват един и същ ключ и е препоръчително само те да са запознати с него. При асиметричните криптографски алгоритми всеки получател на шифрограми разполага с два различни ключа (двойка ключове): публичен ключ K_p и секретен ключ K_s , като от изчислителна гледна точка е много трудно да се определи секретният ключ, ако се знае само публичният ключ. Публичният ключ на получателя се използва за шифриране на предназначения за него съобщения, а секретният ключ - за дешифриране на приетите шифротекстове.

При предаване на данни между камерата на квадрокоптера и наземната станция е необходимо изображенията да се компресират. Това се прави с цел предаване на по-малки по обем данни. Има два вида компресия на графични файлове – с големи загуби (Lossy) и без загуби (Lossless). Методът, който е заложен да се използва, е компресия без загуби, чрез използване на минимизация на логически функции. След предварителна обработка изображението може да се раздели на битови равнини, които да се разделят на по-малки блокове. Блоковете се превръщат в булеви функции, минимизацията на които води до компресия на изображението. Обикновено цифровото изображение (JPEG) съдържа 512×480 пиксела. При три байта на пиксел (по един за червения, зеления и синия компонент), изображението изисква 737280 бита памет. За предаване на некомпресиран образ по даден 64kb/s канал са необходими около 1,5 минути. JPEG алгоритъмът предлага коефициент на

компресия 24 и така се намалява необходимата памет за съхранение на цветното изображение с размер 512x480 пиксела до 30720 бита и времето за предаване на около 3,8 секунди. При заснемане с дрон, в някои приложения това забавяне може и да е фатално. Например, при обследване на конструкцията на мост такова забавяне няма да е проблем, тъй като се заснема моментното състояние на моста и се прави план за експлоатацията му. За такова приложение от по-голяма важност е качеството на снимката, която ще се прави, за да се обследва моста в най-малките детайли. В друго приложение като проследяване на газопровод за възникнала авария не е нужно снимката да е от най-високо качество, важно е да се локализира аварията и времето, за което ще се предаде снимката. Забавянето при предаване води до забавяне в действията за отстраняване на проблема. Алгоритмите, които ще се използват в бъдещата разработка, трябва да намалят това закъснение.

3. Заключение

В доклада се правят начални и по-общи разчети и изисквания към апаратната част и бъдещите приложения.

Използвана литература

- [1] <http://3drobotics.com/kb/iris/>
- [2] <https://store.3drobotics.com/products/tarot-t-2d-brushless-gimbal-kit>
- [3] <http://shop.gopro.com/EMEA/cameras/hero4-silver/CHDHY-401-EU.html?gclid=CP2xxer458cCFSkYwwodQtEAIg>
- [4] <http://screambikes.eu/bg/kameri/10545-kamera-gopro-hero-4-silver-edition.html>
- [5] <http://www.xcosports.com/index.php?section=store&prg=15&p=1412>
- [6] <https://store.3drobotics.com/products/3dr-iris-plus-fpv-kit-for-gopro-hero>
- [7] <http://eprints.iisc.ernet.in/6618/1/lossless.pdf>

За контакти:

инж. Гергана В. Спасова
катедра „Компютърни науки и технологии”
Технически университет - Варна
E-mail: g.spasova11@abv.bg



ИЗПОЛЗВАНЕ НА ДРОН ЗА ОБСЛЕДВАНЕ НА ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТИ

Илиян Ж. Бойчев, Сава Ив. Иванов

Резюме: В настоящата статия се прави обзор на предлаганите безпилотни летателни апарати (дронове) и сравнение на основните им параметри. Разглеждат се някои техни типични приложения, предлагат се нови области за използването им и се прави избор на дрон за обследване на определени технически обекти.

Ключови думи: безпилотен летателен апарат, дрон, технически обект

Usage of Drones for Investigation of Technical Objects

Iliyan. Zh. Boychev, Sava Iv. Ivanov

Abstract: This article provides an overview of the proposed unmanned aerial vehicles (drones) and comparison of their basic parameters. Some of their typical applications are considered. New areas of usage are suggested. A choice of a drone for investigation of certain technical objects is made.

Keywords: unmanned aerial vehicle, drone, technical object

1. Увод

Дронът[1] или т. нар. безпилотен летателен апарат (БЛА) представлява устройство, което се задвижва чрез дистанционно управление или по предварително зададен маршрут с помощта на GPS.

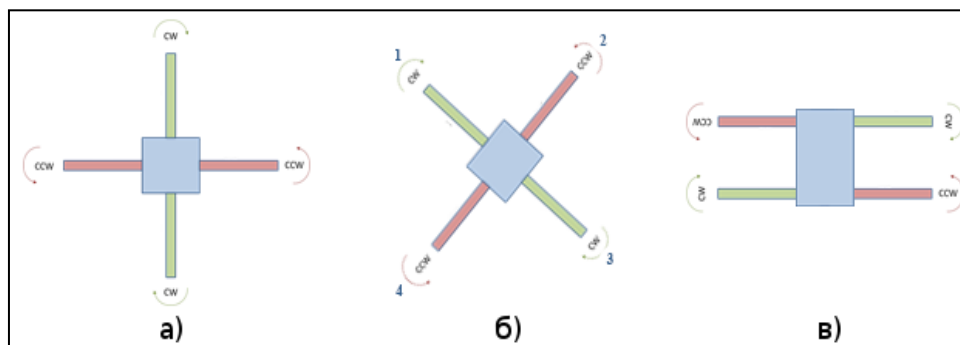
Задвижването на дрона се извършва с помощта на перки, турбини или двигатели с вътрешно горене. Излитането става по два начина: вертикално нагоре или след набиране на хоризонтална скорост, подобно на самолетите. Размерите на дроновете варират от няколко сантиметра дължина до няколко метра.

2. Изложение

Дроновете се делят на 2 основни вида според Международната организация за гражданска авиация (International Civil Aviation Organization, ICAO):

- Автономен летателен апарат - към момента се считат за неподходящи за регулация, поради различни притеснения относно законността им и отговорността, носена от производителите им.
- Дистанционно управляван летателен апарат - подлежат на регулация според ICAO и съответните държавни органи, регулиращи авиацията (за България - Главна дирекция "Гражданска въздухоплавателна администрация").

Любителските устройства най-често са с три или четири перки в различна конфигурация. БЛА с четири витла могат да се разглеждат в поне три основни конфигурации на витлата - „+“, „х“ и „Н“ (фигура 1).



Фиг. 1. Конфигурации на БЛА

- конфигурация „+“ (а) - рамката е съставена от перпендикулярни рамене, като срещуположните витла се въртят в една посока.
- конфигурация „х“ (б) - раменете на рамката са разположени на кръст, като срещуположните витла също се въртят в една посока.
- конфигурация „Н“ (в) - витлата са разположени върху две успоредни рамена на рамката.

Едната двойка срещуположни перки се върти по посока на часовниковата стрелка, докато другата двойка перки – обратно на часовниковата стрелка. По този начин се противодейства на обратната тяга, създавана при въртенето, и дронът се поддържа в стабилно състояние.

Минималната конструкция на един дрон се състои от:

- рамка;
- захранващ модул (батерия);
- електродвигатели с перки;
- контролер за стабилизация и управление;
- модул за радиокомуникация и телеметрия;
- наземната станция за радиуправление.

Рамка - върху рамката се разполагат всички основни блокове. От голямо значение е как ще се разположи батерията спрямо рамката, защото от това зависи баланса на устройството. Ако батерията не е центрирана, част от устройството ще е по-тежка и контролерът ще се опитва да компенсира това. Резултатът ще бъде нестабилен полет и по-бързо изхабена енергия.

Контролер за стабилизация и управление - съдържа основната логика за управление на полета и реагиране на възникващи събития по време на полета на дрона. За да запази баланса по време на полет, контролерът трябва постоянно да измерва показанията на сензорите и да прави съответните корекции на скоростта на всеки от двигателите. Тези корекции се изчисляват въз основа на заложените в контролера алгоритми за управление. Основният алгоритъм, използван в контролерите, е т.нар. PID (пропорционален - интегрален - диференциален) контролен цикъл.

Контролерът управлява летателните свойства на дрона. Основните свойства биват:

- Жироскопична стабилизация - способността на контролера лесно да запази баланса на дрона и да го държи в хоризонтална позиция при поява на външни въздействия и по време на управление;
- Самонивелиране - контролерът запазва дрона в хоризонтално състояние, вместо да стои под наклон;
- Управление без значение от завъртането на дрона - при подаване на команда „напред“, „назад“, „наляво“, „надясно“, „нагоре“ или „надолу“ устройството да се движи в избраната посока, независимо накъде сочи предният му край;

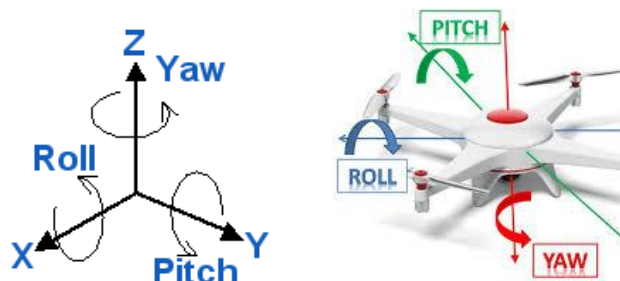
- Запазване на текущата височина - способността на дрона да се носи на определена височина от земята, без да се налага ръчна корекция на скоростта на двигателите му;
- Задържане на позиция - дронът остава на определено място, без значение от външните въздействия;
- Връщане към начална точка - автоматично връщане на дрона към мястото на излитане. Това свойство е полезно при летене на голямо разстояние или загубване на връзка с наземната станция за радиоуправление.
- Навигиране по точки - възможност за задаване на точки по карта, които дронът да следва като част от план за полет.

Модул за радиокомуникация и телеметрия - осъществява връзка между наземната станция за радиоуправление на дрона и контролера за управление в дрона, като изпраща и приема сигнали.

Наземна станция за радиоуправление - управлява непосредствено дрона, използвайки стикове за навигиране в ръчен режим; може да задава различни режими на полет на дрона (ръчен, автоматичен и др.); управлява допълнителните модули към дрона, има дисплей за визуализиране на най-различни параметри на дрона и на самия полет:

- географски (GPS) координати на дрона: дължина (longitude), ширина (latitude), височина (altitude);
- статус на батерията на дрона и модула;
- GPS статус;
- скорост на летене;
- брой GPS сателити, с които има връзка дрона;
- други.

Дронът се управлява чрез въртене по координатните оси (фигура 2.): въртене по x (движение по крен (от англ. roll)), въртене по ос y (движение по тангаж (от англ. pitch)) и въртене по z (движение по лъкатушене (от англ. yaw)). Въртенето по всяка ос се контролира, като се регулира скоростта на въртене на точно определени мотори.



Фиг. 2. Движения на дрона по трите оси- X , Y и Z

При квадрокоптерите управлението се извършва чрез регулиране на оборотите на съответните двигатели:

- Движение по крен (наляво/надясно) - скоростта на мотори 1 и 4 се увеличава, а на 2 и 3 се намалява за въртене по оста x . За обратното движение - скоростта на 1 и 4 се намалява, а на 2 и 3 се увеличава.
- Движение по тангаж (напред/назад) - при увеличаване скоростта на мотори 3 и 4 и намаляване на 1 и 2, квадрокоптерът се наклонява напред (или положителна посока на оста Y). Аналогично за движение назад - 1 и 2 се завъртат по-бързо, а 3 и 4 намаляват оборотите си.

- Лъкатушене (завъртане около Z) - за завъртане по часовниковата стрелка скоростта на мотори 1 и 3 се увеличава, а на 2 и 4 - намалява. Аналогично за въртене обратно на часовниковата стрелка.
- Промяна на височината - за излитане нагоре се увеличава скоростта на всички мотори, а за приземяване - скоростта на всички мотори се намалява.

Управлението на дрона чрез наземната станция за радиоуправление е много по-просто в сравнение когато на дрона е зададен маршрут от точки, по които да се движи. В първия случай човекът, манипулиращ със станцията, чрез стиковите за управление, задава желаната посока на движение. Тя се приема от контролера в дрона, който регулира скоростта на съответните мотори за движение в желаната посока. Във втория случай контролерът трябва непрекъснато да следи зададените GPS координати на точките, да прави изчисления в коя посока трябва да се движи дронът, след което да вземе решение, на кои двигатели в кой момент от време да бъде регулирана скоростта, така че дронът да се придвижи до следващата точка.

TopTenREVIEWS представят десетте най-добри дрона за 2015, като класацията е на база цялостните им характеристики, които са разпределени в следните групи: производителност, възможности, аксесоари и хранения и помощ и поддръжка.

В интернет страницата на TopTenREVIEWS [2] е представена цялата класация и всички параметри на дроновете, като в статията ще бъдат дадени само най-важните от тях, играещи основна роля за избор дрон.

В таблица 1 са представени само първите пет дрона с част от характеристиките им. Някои от параметрите са представени в удобни за нас мерни единици.

Таблица 1. Класация и параметри на 5-те най-добри дрона според TopTenREVIEWS

Параметър\Дрон	DJI Phantom 2 Vision +	DJI Phantom 2	Parrot AR.Drone	Walkera QR	3DR IRIS +
Скорост [m/s]	14.98	14.98	6.07	20.12	17.88
Полет [minutes]	25	25	12	25	16
Работен обхват [meters]	609	304	50	1000	1000
Бордова камера	да	да	да	отделно ¹	отделно
Резолюция на камерата	14 Мрх	14 Мрх	14 Мрх	в зав. от камерата	в зав. от камерата
Видео резолюция	1080p	1080p	1080p	в зав. от камерата ²	в зав. от камерата
Стабилизационен гимбал	да	да	не	да	отделно
Батерия	5200mAh LiPo	5200mAh LiPo	1000mAh	5200mAh LiPo	5100mAh LiPo
Време за зареждане на батерията [h]	3	3	1,5	1	3
Цена [долари]	\$949.00	\$686.27	\$295.53	\$570.53	\$570.00

3. Приложения на дроновете

В последно време интересът към дроновете нараства непрекъснато. Разрастват се и областите, в които те намират приложения.

¹ За дроновете Walkera QR и 3DR IRIS + камерите и стабилизационните гимбали се закупуват отделно. И двата вида дрона работят с камерите на GoPro- Hero 3 и Hero 4.

² В зависимост от това каква камера е избрана за дрона, се различават и фото- и видеорезолюциите. Камерата Hero 4 е с по-добрите резолюции, които достигат: 12 MPx за изображенията и 4K за видеото.

Първоначално тези летателни апарати са били използвани в авиацията и за военни цели. Именно по това време те са били и с по-големи размери (до няколко метра дължина). В следствие техните размери намаляват и се намират нови области на приложение. Тъй като няма нужда в тях да стои човек, дроновете започват да се използват във високорискови области за разузнавателни или бойни действия.

С високите темпове на развитие на техниката дроновете се модифицират така, че към тях да могат да бъдат монтирани допълнителни устройства като камери и сензори за пренасяне на обекти. Благодарение на тези си възможности дроновете започват все по-масово да се използват за любителска и професионална фотография, за доставка на стоки до различни места.

Пример за използване на дронове в България е реализиран проект [3] за охрана на земеделски земи чрез напълно автоматизирани летателни апарати. Интересното в тази разработка е, че управлението на дроновете се извършва автоматично, без участието на човек, използвайки предварително зададен маршрут. В зависимост от софтуера летателните апарати могат да се използват и за следене на хора или анализиране растежа на посевите.

В обществената сфера дроновете набират все по-голяма популярност. Различни обществени мероприятия като концерти на открито, спортни състезания, национални празници и много други биват записвани чрез фотокамери, монтирани на тези летателни машини.

В настоящата разработка се предлагат няколко нови области, където дроновете могат да бъдат използвани за обследване на технически обекти:

- Изследване състоянието на мостови и висящи конструкции - за тези конструкции има много високи мерки за устойчивост и здравина. С времето те се амортизират и трябва да бъдат периодично наблюдавани, обследвани, а в някои случаи и ремонтирани. Това налага периодично да имат технически преглед, който към този момент се извършва от хора. В много случаи осигуряването на достъп на техническите лица до тези конструкции е трудно и свързано с много ресурси. Дроновете в този случай могат да се използват за много по-често обследване на тези конструкции, достъп до най-трудни места.
- Изследване състоянието на газопроводи, нефтопроводи - голяма част от тези съоръжения се разполагат на десетки километри и над земната повърхност. Изложени са на най-различни механични и климатични влияния. Това ги прави уязвими и съответно, ако възникне авария, тя ще доведе освен до загуба на съответното преносимо вещество, но и ще нанесе вреда на околната среда. Възникването на такава авария може да не се открие веднага и да мине сравнително много време до локализирането и отстраняването ѝ. Използвайки дронове, тези проводи могат да бъдат подложени на непрекъснато наблюдение и подобна авария ще бъде открита за много малко време.
- Изследване състоянието на електрически далекопроводи - характерно за тях е, че пренасят ток със стотици и хиляди волтове напрежение. Някои от тях пренасят ток през високо и труднодостъпни места. Подложени са на сериозни метеорологични въздействия, поради което една авария, породена от такова въздействие, е възможно да остави стотици хора без ток за дълго време. Ако аварията е в труднодостъпен район, отстраняването ѝ ще бъде забавено за дълъг период от време. И в този случай, използвайки дронове, много бързо ще бъде локализиран проблемът.

Всяко едно от описаните приложения поставя въпроса как ще бъдат използвани дроновете, за да може достатъчно бързо да се получи информация за състоянието на дадения технически обект.

Единият вариант е така нареченият "offline". При него дроновете разполагат с камери с карти памети, на които записват видео или набор от снимки. След това записите се снемат и

се разглеждат при необходимост. Вторият вариант е така нареченият “online”, при който дроновете снимат и изпращат в реално време изображенията или видеото към компютърна система с необходим софтуер за обработка на данните.

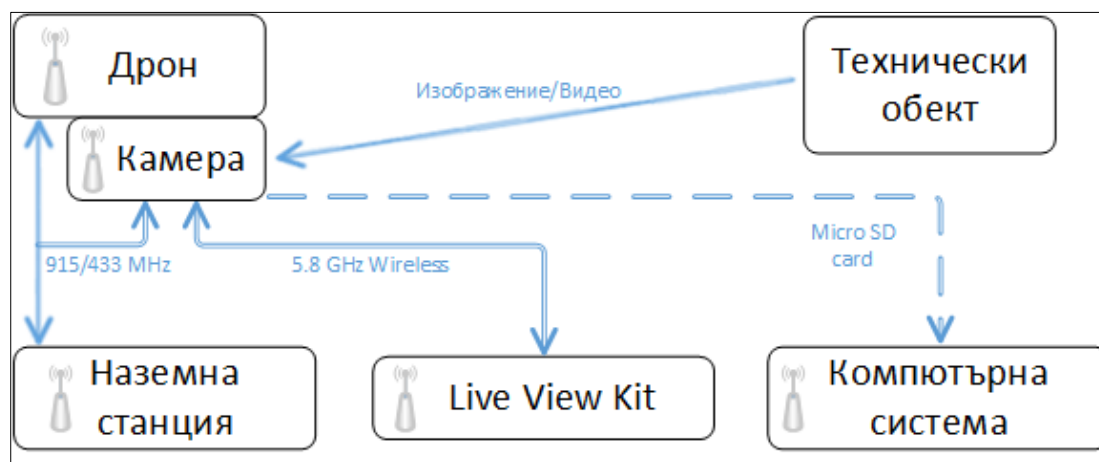
Кой от двата варианта ще бъде избран, е въпрос на това, до колко важно е информацията да пристига в реално време.

В зависимост от конкретното приложение, трябва да бъде избран дрон (или няколко дрона), който, с необходимите параметри, ще бъде най-подходящ за обследване на техническия обект. Спрямо предложените обекти за изследване, дронът трябва да отговаря на следните характеристики:

- батерията на дрона да е с голям капацитет - по този начин, ще се осигури по-дълъг период на летене и повече време за събиране на информация по време на полет;
- да има по-голям обхват между дистанционното и дрона - това осигурява по-голям периметър на обхвата на дрона;
- да има достатъчно голяма товароносимост - по-високата товароносимост осигурява възможност да бъде монтирана каквато и да е камера (ако това е възможно), с произволно тегло (в границите на възможностите на дрона);
- камерата да разполага с високо качество на изображенията и видеото.

На база описаните характеристики в таблица 1 и тези, на които трябва да отговаря дрона, се избира 3DR IRIS +. Както се вижда от таблицата, той разполага с една от най-високите скорости при полет - близо 18 m/s, сравнително голямо време за полет (16 мин), работен обхват - до 1000 метра. Най-голямото му предимство обаче, е възможността камерата да се закупи отделно и да се монтира допълнително. За тази цел е нужен и стабилизационен гимбал, който да поддържа камерата стабилна по време на полет. Към този дрон може да се закупи една от най-добрите камери на GoPro - Hero 4, която разполага с 12 MPx качество на изображенията и 4K видео. В сравнение с останалите дрона, тази камера предоставя малко по-ниско качество на изображенията, но за сметка на това в пъти по-добро видео.

На фигура 3. е дадена блоковата схема на свързване на дрона с наземната станция за управление и техническия обект за обследване.



Фиг. 3. Блокова схема на свързване на дрона

Схемата се състои от следните компоненти:

- Дрон - в случая това е избраният 3DR IRIS+.
- Камера, монтирана към дрона - използва се камера GoPro Hero 4 Silver Edition. Заедно с камерата се използва и стабилизационен гимбал Tarot T-2D. Камерата заснема изображения или видео на техническия обект, които се съхраняват на карта памет в камерата.

АНАЛИЗ НА НАТОВАРВАНЕТО В ОБЛАКОВА СРЕДА И ПРЕДЛАГАНЕ НА МЕТОД НА КОНСОЛИДАЦИЯ ЗА НАМАЛЯВАНЕ НА КОНСУМАЦИЯТА НА ЕНЕРГИЯ

Деян П. Атанасов, Трифон И. Русков

Резюме: Облаковите изчисления са съвременна технология, при която се предоставят ИТ инфраструктура и приложения, като стандартна услуга, на крайни потребители срещу заплащане. Някои от критичните предизвикателства, пред които облаковите изчисления са изправени, са сигурност, консумация на енергия, обединяване на сървъри, миграция на виртуални машини (ВМ) и други. Целта на този доклад е да предложи метод, който обединява разнородни натоварвания по ефективен начин, постигащ максимално използване на ресурсите и същевременно намаляване на потреблението на енергия от центъра за данни. В резултат на това се цели постигане на енергийна ефективност в облаковите изчисления.

Ключови думи: облакови изчисления, център за данни, симулация, работно натоварване

Analysis of cloud environment workload and proposed consolidation technique for power minimization

Deyan P. Atanasov, Trifon I. Ruskov

Abstract: Cloud computing is a recent advancement wherein IT infrastructure and applications are provided as 'services' to end-users under a usage-based payment model. Some of critical challenges that Cloud computing is facing are data security, energy consumption, server consolidation, virtual machine migration, etc. The aim of this paper is to propose a technique which consolidates the heterogeneous workloads in an efficient way, so that resource utilization can be maximized and energy consumption of the data center could be minimized, resulting in achieving energy efficient computing.

Keywords: cloud computing, data center, simulation, workload

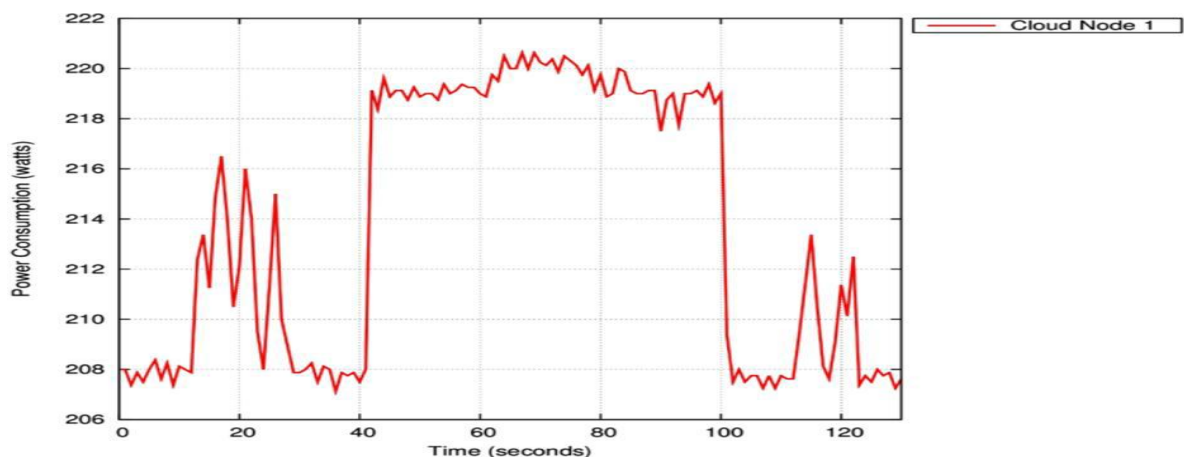
1. Въведение

Облаковите изчисления се базират на виртуализацията и осигуряват на своите клиенти надежден, сигурен и лесен достъп до изчислителни ресурси и услуги. Облаковите изчисления са динамичен модел, в който доставчиците на услуги продават или препродават услуги на клиенти или други доставчици. Динамиката на модела се обуславя от факта, че клиентът използва дадена услуга, когато има нужда и заплаща единствено за периода на използване на дадената услуга.

Виртуализацията дава възможност центровете за данни да отдават виртуални машини (ВМ) на крайни потребители. Тя повишава ефективността на самите центрове, като намалява количеството на необходимите физически машини, чрез консолидиране на съществуващите услуги и изпълняване на множество виртуални машини на една физическа машина, постигайки по-голямо използване на наличните изчислителни ресурси. Високото ниво на оползотворяване на ресурсите в даден център за данни води и до постигане на енергийна ефективност.

На фигура 1 е показана консумацията на енергия от ВМ в интервалите на стартиране (от $t=10$ до $t=30$), натоварване (от $t=40$ до $t=100$) и спиране (от $t=110$ до $t=122$). В първия и в третия интервал от време ВМ използва доста по-малко количество енергия. Основната идея

тук е, че дадена виртуална машина трябва да бъде поставена в енергийно спестяващ режим (Sleep mode), когато не се използва.



Фиг. 1. Консумация на енергия на ВМ

Миграцията на виртуални машини, която се използва за прехвърляне на дадена ВМ между физически сървъри, е основният подход за постигане на по-добра енергийна ефективност в центровете за данни. Като цяло съществуват два основни вида миграция: обикновена и жива миграция. При първия вид преместването на ВМ от един хост върху друг става след като се спре първоначално използвания сървър, копира се съдържанието на паметта му, а след това се възобнови на новата дестинация. При живата миграция (live migration) логиката е същата, с тази разлика, че тук няма необходимост от спиране на работата на сървъра, за да се осъществи прехвърлянето. При извършване на жива миграция домейнът продължава своята нормална дейност и от гледна точка на потребителя миграцията трябва да бъде незабележима. Използването на ВМ и технологията за миграция дават възможност ефективно да се управлява и консолидира натоварването като така се постига подобряване на общата енергийна-ефективност [1].

Докладът има за цел да приложи метод за консолидиране на разнородни натоварвания в симулирана облакова среда по такъв ефективен начин, така че да се постигне максимално използване на ресурсите и минимално потребление на енергия. За да се изгради такава симулационна среда, е използван симулационният инструмент с отворен код CloudSim. CloudSim е разширяема платформа за симулации и моделиране на облакови изчислителни системи и среди [2]. Симулираната инфраструктура изпълнява задачи, които се наричат cloudlets. Тези задачи представляват модел на използване на облаково базирана услуга.

2. Управление на консумацията на енергия в облаковите изчисления

Изчислено е, че 53% от оперативните разходи в центровете за данни отиват за енергия за пускане и спиране на използваните ВМ. През 2006г. центровете за данни в САЩ са консумирали повече от 1.5% от общата енергия за тази година [3]. Още повече, тази стойност расте с 8% годишно. Следователно доставчиците на услуги и инфраструктура са под огромен натиск за намаляване на потреблението на енергия. Целта пред тях е не само намаляване на разходите по енергия в центровете за данни, но и спазване на държавните регулации и стандарти за околната среда. Проектирането на енергийно ефективни центрове за данни получи значително внимание в последно време. Към този проблем може да се подходи от няколко посоки. Например, енергийно-ефективна архитектура, която позволява да се забавя скоростта на процесора и изключване на частични хардуерни компоненти е станала нещо обичайно и често използвано. Планиране на натоварването и консолидиране на сървъри са два други начина за намаляване на консумацията на енергия. Ключово предизвикателство в

казаните по-горе методи е да се постигне добър компромис между икономията на енергия и запазването на производителността на приложенията. Енергийно-ефективните изчисления представляват практиката на прилагане на политики и процедури, които подобряват ефективността на изчислителни ресурси по такъв начин, че да се намали консумацията на енергия и въздействието на тяхното използване на околната среда.

3. Политики за осигуряване на ресурси

Съществуват различни политики, които да осигуряват ресурси за обработката на задачи, така че да се максимизира използването на ресурсите и да се минимизира консумацията на енергия. Някои от политиките за разпределение на ресурсите са:

- **Single Threshold** – Тази политика се базира на идеята за поставяне на лимит или праг (threshold) на количеството оползотворени ресурси от даден хост. Заетите от ВМ ресурси не трябва да надвишават този лимит. Целта е да се запазят свободни ресурси за предотвратяване на SLA (Service Level Agreement) нарушения поради консолидацията, в случаите когато използваните от виртуалните машини ресурси се увеличат [4]. Политиката показва, че SLA нарушенията се увеличават с нарастването на използваните ресурси.

- **Minimization of Migrations (MM)** – При тази политика миграциите се свеждат до възможно най-малък брой. В тази политика се поставят горен и долен лимит на използване на ресурсите на хоста. Ако използваните от ВМ в хоста ресурси са под долния лимит, тогава всички ВМ се прехвърлят към други хостове, а хоста домакин се изключва. Ако използваните от ВМ ресурси надвишават зададения лимит, тогава част от ВМ мигрират към други хостове с цел предпазване от потенциални SLA нарушения.

- **Random Choice (RC)** - При тази политика, за да се намали използването на ресурсите на хоста под горния лимит, трябва да мигрират необходим брой виртуални машини, като те се избират според равномерно разпределена случайна променлива.

Общото между последните две политики е, че използването им води до значително по-ниски нива на нарушения, свързани с SLA.

4. Методи и техники за консолидиране на натоварването

Методите на консолидация на натоварването се класифицират според типа на натоварването. Съществуват два типа:

- **хомогенни** – използват се за управление на *близки* по тип натоварвания, имащи фиксиран брой параметри като дължина на инструкциите, брой на процесорите, размер на буфера и други;

- **хетерогенни** – тези техники се използват при *различни* по тип натоварвания, имащи променливи изисквания относно параметри като дължина на инструкциите, брой на процесорите, размер на буфера и други.

Хетерогенните техники на консолидация са приложими в облаковите изчисления и тъй като ние ще симулираме облакова среда, ще разглеждаме само тях. Някои известни техники за управление на хетерогенни натоварвания са описани по-долу.

- ✓ **Cartea** и други [5] имат проучване на проблема с управлението на разнородни натоварвания в центрове за данни. Те предлагат техника, която динамично променя поставеното хетерогенно натоварване на дадена физическа машина. Използването на тази техника увеличава производителността при разнородни натоварвания.
- ✓ **Zhan** и други [6] предлагат **Phoenix Cloud**, който осигурява политика за управление и предоставяне на ресурси при разнородно натоварване в рамките на дадена организация. Резултатите от симулацията са показали, че тази техника води до увеличаване на броя на завършените задачи.

- ✓ Goiri и други [7] предлагат метод за планиране, управляващ хетерогенни натоварвания, като например уеб-базирани приложения за виртуализирани центрове за данни, който има за цел да максимизира ползата на доставчиците на услуги. От потребителите методът осигурява устойчивост на откази и наказания за SLA нарушения. Резултатите от симулацията показват, че доставчиците увеличават приходите си с до 15% чрез подобряване на енергийната ефективност и производителност.

Хетерогенните натоварвания могат да бъдат консолидирани по един добър начин, чрез консолидиране на виртуалните машини. Виртуализацията, на която облаковите изчислителни среди силно разчитат, предоставя възможност за прехвърляне на виртуални машини между физически възли, като използва обикновена или онлайн миграция. Консолидацията на ВМ дава възможност за намаляване на броя на физическите възли според текущите изисквания за ресурси. В резултат на това, незаетите възли могат да бъдат изключени или да бъдат в режим на пестене на електроенергия (например хибернация) за намаляване на общото потребление на енергия до центъра за данни. Проблемът е да се определи какъв вид приложения могат да бъдат разпределени на един-единствен хост, който ще осигури най-ефективно използване на ресурсите.

- ✓ Mann и Chana [8] анализират консумацията на енергия в различни по дължина хетерогенни натоварвания в облаковите изчисления. Те изследват проблемите при комбиниране на различни типове натоварвания в центрове за данни. Използвали сме тяхната методология при реализацията на симулационна среда.

5. Прилагане на техника на консолидиране на разнородно натоварване

Настоящата част от доклада представя техника на консолидация на разнородно натоварване в центъра за данни. За представянето ѝ е използван методът за проектиране и документиране при разработването на софтуер Program Design Language (PDL). Техниката се състои от алгоритъм за изчисляване на консумацията на енергия на централите за данни, изпълняващи разнородни задачи. Алгоритъмът взема като входни данни списъка с всички хостове в центъра за данни. Изходните данни представляват списък с всички миграции и консумацията на енергия. Алгоритъмът най-напред сортира списъка на виртуалните машини в низходящ ред на използване на процесора, след което многократно търси най-добрата ВМ, която да мигрира от даден хост, а също и изчислява на консумацията на енергия на центъра за данни. След приключване на работата си алгоритъмът извежда списък с миграциите на виртуалните машини и мощността, консумирана от центъра за данни.

```

1 Input: hostlist ; Output: migration list, power
2 Foreach host in hostlist Do
3   Vmlist ← host.getVmlist( )
4   Vmlist.sortDecreasingUtilization( )
5   hostUtil ← host.getUtil( )
6   bestUtil ← MAX
7   minPower ← MAX
8   While hostUtil > UP_Threshold Do
9     Foreach Vm in Vmlist Do
10    if host has enough resource for Vm Then
11      Power ← estimate Power( host, Vm)
12    if Vm.getUtil( ) > hostUtil – UP_Threshold Then
13      t ← Vm.getUtil( ) – hostUtil + UP_Threshold
14    if t < bestUtil Then
15      bestUtil ← t

```

```

16 bestVm ← Vm
17 else
18 if bestUtil = MAX Then
19 bestVm ← Vm
20 Break
21 hostUtil ← hostUtil – bestVm.getUtil()
22 migrationlist.add (bestVm)
23 Vmlist.remove(bestVm)
24 return migration list, Power

```

6. Експериментални резултати

Тази част от доклада се фокусира върху използваните инструменти за изграждане на симулираната облакова среда и извършената експериментална работа. Както беше казано по-рано, за построяването на тестовата облакова среда е използван CloudSim. CloudSim осигурява ефективен начин за извършване на експерименти с разнородни натоварвания и помага при изчисляване на потреблението на енергия в центровете за данни, миграции на VM, SLA нарушения и др.

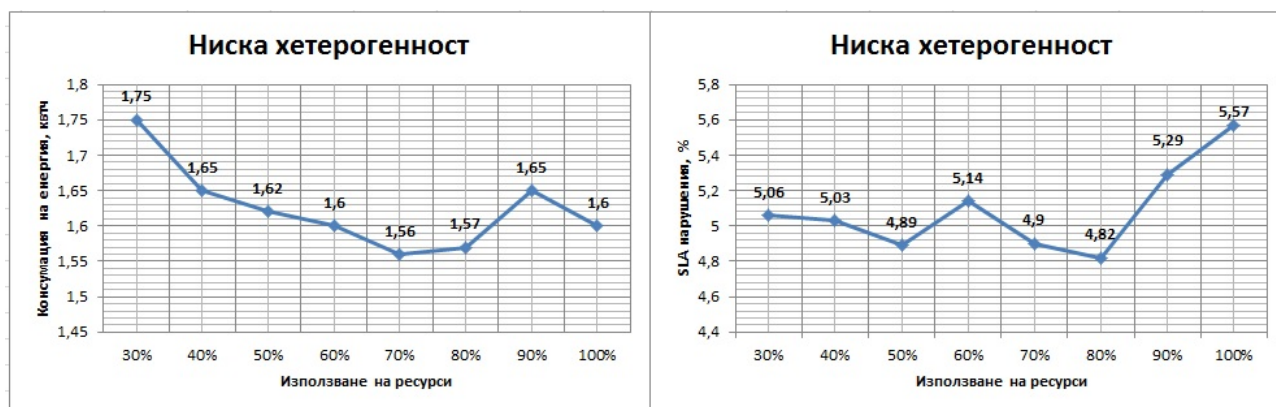
За да получим най-оптималните точки, където потреблението на енергия в КВТЧ на центъра за данни е минимално, сме избрали два работни показателя. Първият показател дава общото потребление на енергия на центъра за данни при изпълнението на разнородни натоварвания. Вторият показател дава процента на SLA нарушенията. SLA нарушенията се случват, когато виртуалната машина не получи необходимото количество изчислителен ресурс в Million Instructions Per Second (MIPS).

За симулацията на центъра на данни сме използвали 3 физически изчислителни възли, всеки от които разполагащ с шест-ядрени CPU с производителност 30 000 MIPS, 2TB пространство за съхранение на данни и 16GB RAM памет. Параметрите на изчислителните възли са избрани така, че да съответстват на параметрите на физическите машини от разпределена система, изградена от катедра КНТ за поддържане на учебния процес и предоставяне на различни други образователни услуги. Така построената симулационна среда ще ни даде възможност за анализ на реалната инфраструктура. VM използват процесор с производителност от 500, 750 или 1000 MIPS, 5GB пространство за съхранение на данни и 512MB RAM памет. Всяка VM е натоварена да изпълнява разнородни приложения. Общият брой VM в симулацията е 100. Всяко приложение се изпраща към VM за изпълнение според алгоритъма. Самата хетерогенност се изразява в броя MIPS, изисквани от приложенията. По този показател сме разделили приложенията на три категории:

- приложения с ниска хетерогенност;
- приложения със средна хетерогенност;
- приложения с висока хетерогенност.

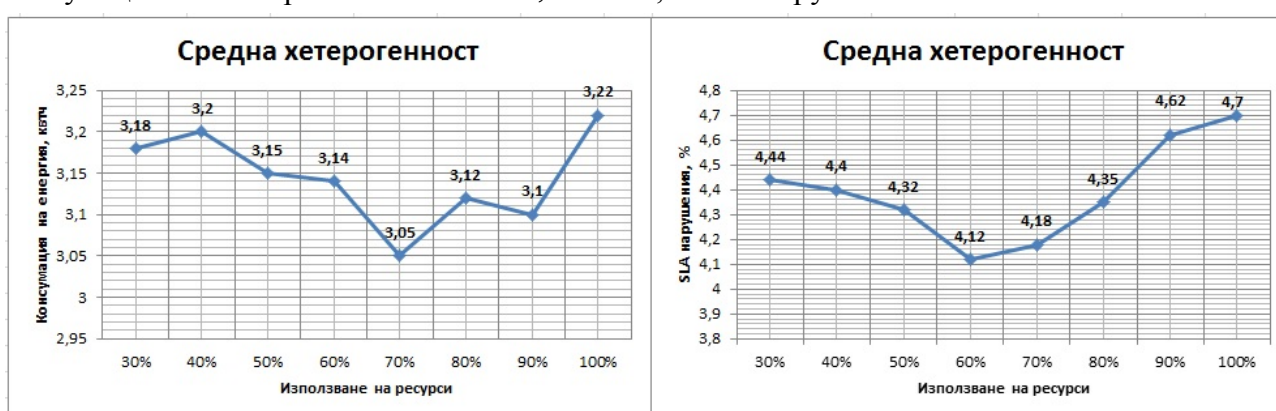
Експерименти, показващи консумацията на енергия и възникналите SLA нарушения, са проведени с всички категории приложения.

Случай 1: Симулационната среда изпълнява приложения с ниска хетерогенност (1 000 – 5 000 MIPS). Резултатите от тази симулация са показани на фигура 2. Потреблението на енергия, както и SLA нарушенията се увеличават или намаляват при различни проценти на оползотворяване на ресурсите. Оптималното използване на ресурсите на хоста трябва да бъде 80%. При този праг на използване на ресурсите потреблението на енергия е 1,58КВтч, а SLA нарушенията са минимални, със стойност от 4,82%.



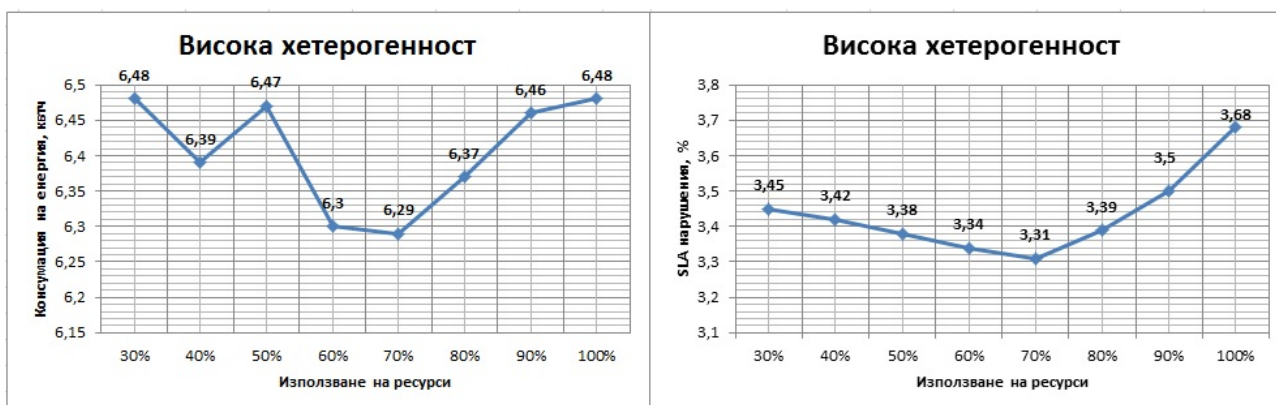
Фиг. 2. Консумация на енергия SLA нарушения в приложения с ниска хетерогенност

Случай 2: Симулационната среда изпълнява приложения със средна хетерогенност (5 000 – 20 000 MIPS). Показаните на фигура 3 резултати дават индикации, че оптималното оползотворяване на ресурсите трябва да бъде 70%. При този праг на използване консумацията на енергия е най-ниска 3,05КВтч, а SLA нарушенията са 4.18%.



Фиг. 3. Консумация на енергия SLA нарушения в приложения със средна хетерогенност

Случай 3: Симулационната среда изпълнява приложения с висока хетерогенност (20 000 – 100 000 MIPS). В този случай консумацията на енергия е в оптимална стойност при 70% от използваните ресурси 6,29КВтч. При този праг SLA нарушенията са също най-малки - 3,31%. Резултатите от проведения експеримент са показани на фигура 4.



Фиг. 4. Консумация на енергия SLA нарушения в приложения с висока хетерогенност

Заклучение

От проведените експерименти и получените резултати може да бъде заключено, че консумацията на енергия в центъра за данни нараства с нарастването на хетерогенността на

натоварването. Нарушенията в договорите за услуги (SLA) нарастват с намаляването на консумацията на енергия. Разпределението на виртуалните машини помага да се намали потреблението на енергия, тъй като натоварването ще се поеме от по-малко използваните ВМ. Прагът на оползотворяване на ресурсите, който може да се зададе на даден изчислителен възел, изпълняващ разнородни задачи, е показан в Таблица 1. При този праг на използване на ресурсите се постига оптимално съотношение между ниска консумация на енергия и ниски нива на SLA нарушения в дадена облакова среда.

Таблица 1. Праг на използване на ресурсите

Хетерогенност между приложенията (MIPS)	Използване на ресурсите (%)	Консумация на енергия (Квтч)	SLA нарушения (%)
1 000 – 5 000	80	1.58	4.82
5 000 – 20 000	70	3.05	4.18
20 000 – 100 000	70	6.29	3.31

Литература

- [1].Nathuji, R., K. Schwan, Virtualpower: Coordinated power management in virtualized enterprise systems, ACM SIGOPS Operating Systems Review, Vol. 41, Issue no. 6, page no. 265–278, 2007.
- [2].Calheiros, R., R. Ranjan, C. A. F. DeRose and R. Buyya. Cloudsim: A Novel Framework for Modeling and Simulation of Cloud Computing Infrastructures and Services. 2009.
- [3].Li, B., EnaCloud: an energy-saving application live placement approach for cloud computing environments, In the Proceeding of international conference on cloud computing, 2009.
- [4].Buyya, R., A. Beloglazov, Energy-efficient management of data center resources for cloud computing: a vision, architectural elements, and open challenges, International conference on parallel and distributed processing techniques and applications, USA, 2010.
- [5].Carrera, D., M. Steinder, I. Whalley, J. Torres and E. Ayguade, Managing SLAs of heterogeneous workloads using dynamic application placement, HPDC '08 Proceedings of the 17th international symposium on High performance distributed computing, New York, USA, 2008.
- [6].Zhan, J., L. Wang, B. Tu, Y. Li, P. Wang, W. Zhou and D. Meng, Phoenix Cloud: Consolidating Different Computing Loads on Shared Cluster System for Large Organization, Proceeding Workshop Cloud Computing and Its Application, 2008.
- [7].Goiri, I., J. Fito, F. Julia, R. Nou, J. L. Berral and J. Guitart, Multifaceted resource management for dealing with heterogeneous workloads in virtualized data centers, In 11th ACM/IEEE international conference on grid computing, Brussels, Belgium, page no. 25–32, 2010.
- [8].Mann, D., and I. Chana, Heterogeneous Workload Consolidation for Efficient Management of Data Centers in Cloud Computing, International Journal of Computer Applications, Vol.49, 2012.

За контакти:

Докторант Деян П. Атанасов
Катедра „Компютърни науки и технологии”
Технически университет - Варна
E-mail: dido.paraskevov@tu-varna.bg

Доц. д-р Трифон И. Русков
Катедра „Компютърни науки и технологии”
Технически университет - Варна
E-mail: ruskov@tu-varna.bg

PREDICTION OF UNIVARIATE TIME SERIES BASED ON CLUSTERING

Sivo Daskalov, Ventsislav Nikolov

Abstract: In this paper an approach is proposed for the prediction of the behavior of time series. In order to achieve that various subseries with fixed length are formed from the initial data series, which are then grouped into clusters based on their shape. The data kept in the clusters for each of the subseries are the relative differences between all of its consecutive values. This enables these differences subseries to be averaged to form a single series for each cluster. These cluster centers are used for the prediction of nonexistent future values.

Keywords: Prediction, clustering, self-organizing map, time series, artificial intelligence.

Предсказване на времева серия, базирано на клъстеризация

Сиво Даскалов, Венцислав Николов

Резюме: В този доклад е представен подход за предсказването на поведението на времеви серии. За да се постигне това, от началната серия се образуват множество подсерии с фиксирана дължина, които в последствие се групират в клъстери в зависимост от формата им. Данните съхранявани в отделните клъстери за всяка от подсериите са относителните разлики между всеки два съседни елемента. Това позволява осредняването на групата от подсерии в една за всеки клъстер. Тези клъстерови центрове се използват за предсказването на несъществуващи бъдещи стойности.

Ключови думи: Предсказване, клъстеризация, самоорганизиращи се карти, времева серия, изкуствен интелект.

1. Introduction

The prediction is of great importance in many domains. Economics, finance, the public sphere, technologies and many physical processes are amongst the ones that benefit greatly from predictions. The predictions can often be inaccurate but there are a number of different approaches to overcome this problem. First of all indicators for predictability of the available historical data exist. If the data is not identified as predictable then mathematical methods could be applied but would hardly produce good results. Secondly, the predictions cannot be considered as sole indicator values but rather as most probable values with a given confidence levels. Thus the predicted values can be substituted with ranges of values in accordance with the level of confidence.

The prediction methods are divided into two main categories: univariate and multivariate. The univariate prediction methods take into consideration only the data available as historical information while multivariate methods use dependencies between a number of additional factors as well as the historical data. This paper presents an approach for univariate time series prediction. The time series used here are considered to be discrete, that is, their values have been obtained in equal time intervals.

There are many well-known approaches for univariate time series prediction: the classical Box and Jenkins methodology [1]; regression based methods [3] like autoregressive (AR), autoregressive moving average (ARMA), autoregressive integrated moving average (ARIMA), seasonal autoregressive moving average (SARIMA), self-exciting threshold autoregressive (SETAR) [8]; soft-computing methods (neural networks) [7, 9, 11, 13], decomposition based methods (e.g. Holt-Winter), Kalman and Wiener filtering, etc. Each one of them has its specific

characteristics and performance, having both advantages and disadvantages, and some of them are based on the extrapolation principle.

The approach proposed here is based on building of a mathematical model which combines subseries grouping obtained from the historical series and performing of multistep iterative prediction. The overall time series prediction consists of two stages. In the first stage the historical time series is used to build the model and in the second stage the model itself is used for the production of an arbitrary number of future values. The method is applicable only for series for which there are dependencies in the time development of the series. If the time series is completely chaotic with nonrelated values the method will also work but will not produce satisfactory results.

1. Time series preprocessing

In order to avoid problems related to infinitely increasing trend and series nonstationarity, the time series has to be preprocessed. Linear approximation is used to find such a line that the root-mean-square error (1) between the line and the time series is as low as possible – fig. 1.

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y)^2}{n}} \quad (1)$$

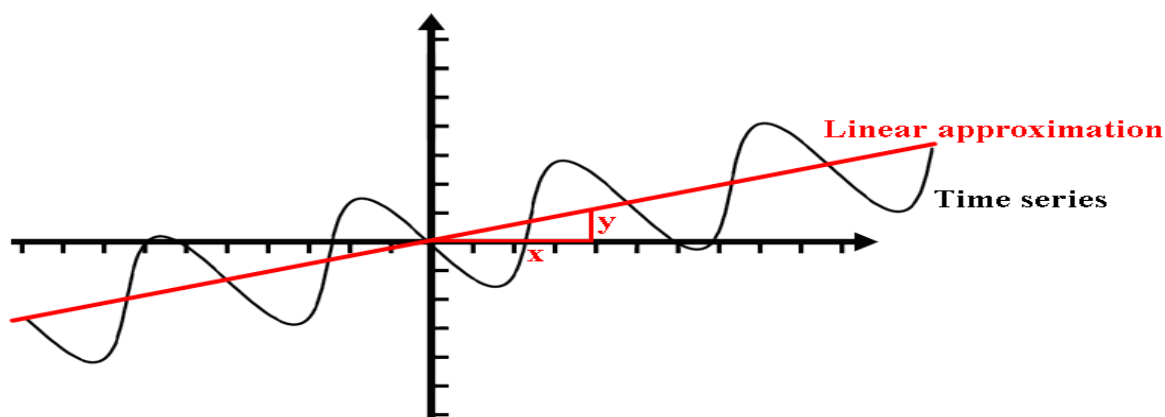


Fig. 1. Linear approximation of a time series

The slope of the approximated line is then calculated (2) and if this slope is within $(-0.1, 0.1)$ the time series X is stored by its original values, otherwise the series Y is created from the original time series X as for every element the relative difference (3) to the previous element in X is calculated and stored.

$$m = \frac{y}{x} \quad (2)$$

$$y(t) = \frac{x(t) - x(t-1)}{x(t-1)} \quad (3)$$

If the time series is stored by its elements' relative differences, the initial values can be restored by a combination of multiplication and addition (4).

$$x(t) = y(t) * x(t-1) + x(t-1) \quad (4)$$

This restoration of the original time series is possible because the first value in the time series has been stored and the differences between every other value and the previous one are known as well.

2. Model building stage

Most of the time series prediction methods use previous historical values in order to produce the next value (5):

$$y(t) = f(y(t-1), y(t-2), \dots, y(t-k)) \quad (5)$$

Thus the mathematical model can be built analyzing all possible subseries of length k . Graphically this is shown in fig. 2 where the initial time series is separated into $n-k+1$ ($n=23$, $k=5$ in the example) subseries where n is the time series length and the k is model order. In one of the most commonly used autoregressive methods these subseries are considered as matrix rows and through these rows a set of parameters is calculated which is later used in the prediction stage to produce the future values. In our approach the subseries are assigned into a given number of groups which can be considered as clusters. The assignments should be performed in such a way that the distance between the subseries within a group should be minimal while the distances between the subseries in different groups should be maximal. A distance between the subseries could be calculated in an arbitrary way, for example through the Minkowski distance algorithm. Various clustering algorithms could be used for the grouping of the subseries: k -means, ISODATA, hierarchical clustering, self-learning neural networks [4, 6, 10, 12].

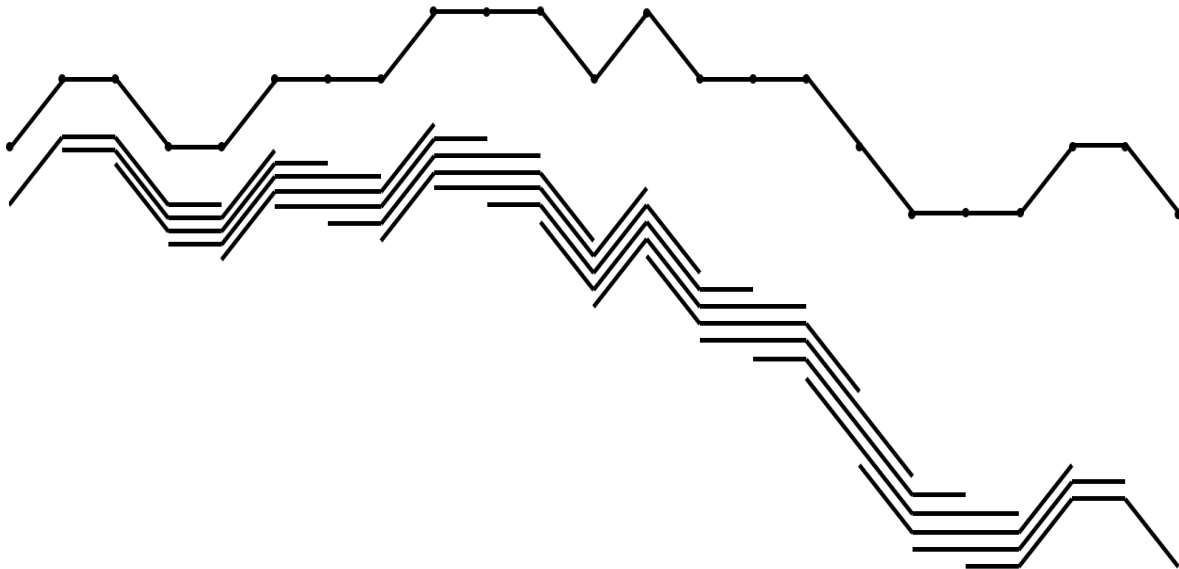


Fig. 2. Segment breakdown of a time series

For each segment, the relative change between each of its consecutive elements is calculated and stored. The resulting vectors are then grouped into clusters through one of the clustering algorithms. This achieves a clustering [2, 4] by segment shape as shown in fig. 3.

The subseries shown in fig. 2 are additionally separated in two parts. The first one is of length $k-1$ and the second one consists of only the last value. The clustering is performed considering only the first subseries part, but the second part remains attached to it. The clustering for the given time series in fig. 2 is shown in fig. 3.

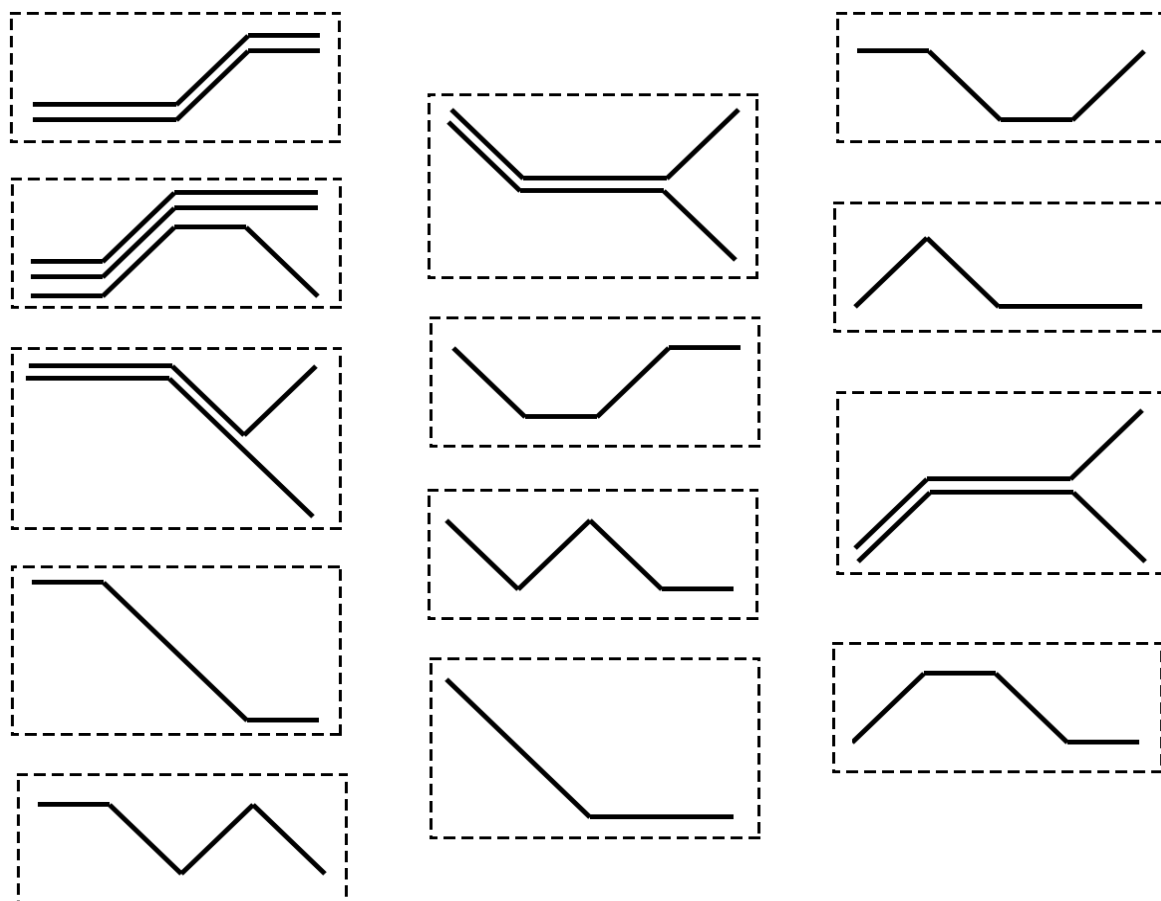


Fig. 3. Segment clusters formed from the initial time series

When the subseries groups are determined, each cluster's center for each of the groups is calculated. This is achieved through the calculation of the average value of all subseries' values at the specified index according to (6). The first $k-1$ values of the cluster's center are compared with an arbitrary segment while the last value is kept for the actual prediction of the next element. Various clusters and their calculated centers are shown in fig. 4.

$$C(i) = \frac{\sum_{j=1}^p Y(j,i)}{p}, \text{ where } p \text{ is the number of subseries in the cluster} \quad (6)$$

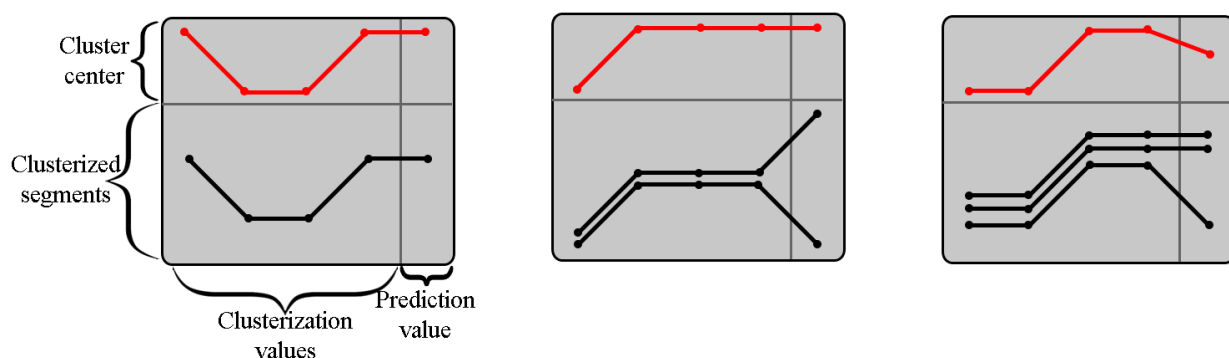


Fig. 4. Segment structure

3. Prediction stage

The prediction is an iterative multistep process. In every iteration a single value is generated by the model built in the previous stage. Fig. 5 illustrates the prediction process. The process consists of an arbitrary number of repetitions of the main prediction cycle. The cycle consists of the following operations:

- A segment with length $k-1$ is extracted from the current end of the time series. This is not necessarily the original time series as predictions could have already been appended.
- The extracted segment is compared to all the cluster centers in a consistent way with the comparison in the clustering phase. The cluster with the smallest distance to the segment is the cluster winner similarly to the competitive learning principle.
- The cluster winner is the one that best matches the segment and it is chosen to provide the prediction value for the current iteration. The prediction value, formed as an average of the last values of all contained segments, is extracted from the cluster winner.
- The value is calculated in accordance to the chosen cluster's prediction value (7)
- The calculated value is appended to the end of the time series and process is repeated from step a) until the desired future values are obtained.

$$y(n+1) = y(n) * c(n-1) + c(n-1), \quad (7)$$

Here c is the cluster center of the best matching segment and n is the current length of the series.

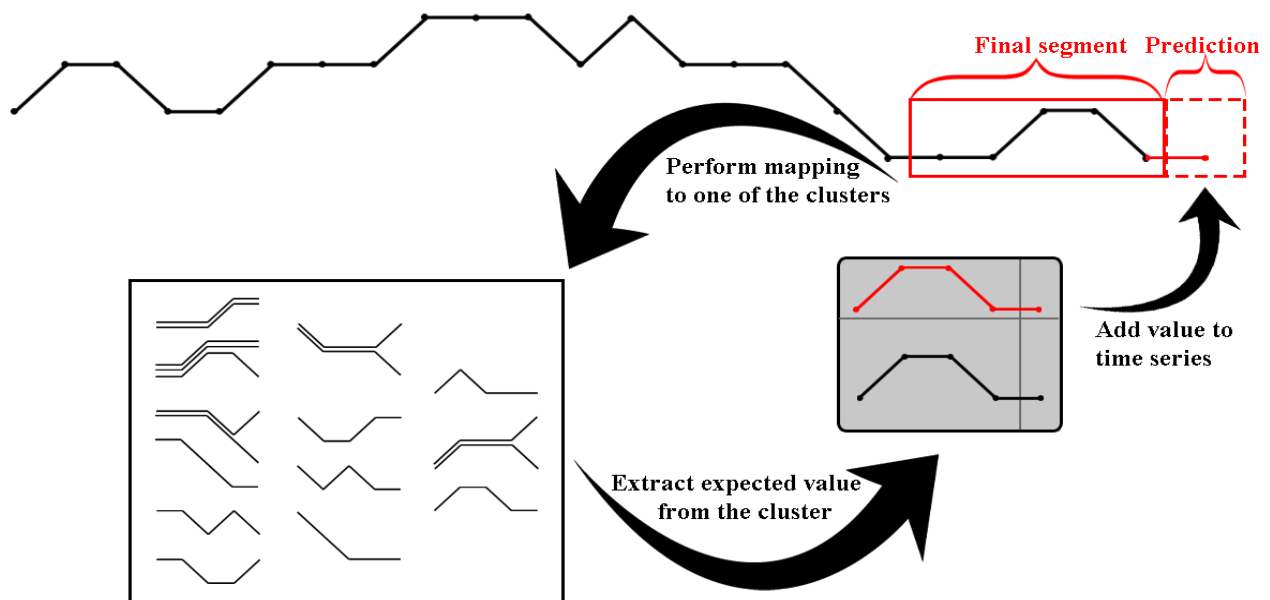


Fig. 5. The main prediction cycle

4. Conclusion and future work

Although the algorithm's performance is expected to be high because of its simplicity, the prediction capabilities of the proposed approach are yet to be evaluated. Moreover, the algorithm does not take into consideration the possibility of approaching the zero and going towards negative values which may be a valid concern in some application fields. In addition to that a comparison needs to be conducted between this approach and various other time series prediction algorithms to evaluate its benefits and drawbacks.

References

- [1]. Box G. E. P., G. M. Jenkins. Time Series Analysis: Forecasting and Control, San Francisco, Holden-Day, 1970, 575 p.
- [2]. Everitt, B. Cluster analysis, second edition. Social Science Research Council, London, 1980.
- [3]. Hamilton, J. Time Series Analysis. Princeton University Press, ISBN: 0-691-04289-6, 1994, 799 p.
- [4]. Touretzky, D., K. Laskowski. Neural Networks for Time Series Prediction. 15-486/782: Artificial Neural Networks, Lectures, Carnegie Mellon Univeristy, Fall 2006.
- [5]. Xu, R., D. Wunsch. Clustering (IEEE Press Series on Computational Intelligence), 2009, 358 p.
- [6]. Baretto, G. A. Time Series Prediction with the Self-Organizing Map: A Review. Studies in Computational Intelligence (SCI) 77, 2007, pp. 135-158.
- [7]. Faraway, J. Time series forecasting with neural networks: a comparative study using the airline data. Appl. Statist., Vol. 47, No. 2, 1998. pp. 231-250.
- [8]. Fu, Q., H. Fu, Y. Sun. Self-Exciting Threshold Auto-Regressive Model (SETAR) to Forecast the Well Irrigation Rice Water Requirement. Nature and Science, Vol. 2 no. 1, 2004, pp. 36-43.
- [9]. Huang, W., Y. Nakamori, S. Wang, H. Zhang. Select the Size of Training Set for Financial Forecasting with Neural Networks. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3497/2005, Springer-Verlag, 2005, pp. 879-884.
- [10]. Sanchez-Marono, N., O. Fontela-Romero, A. Alonso-Betanzos, B. Guijarro-Berdinas. Self-organizing maps and functional networks for local dynamic modeling. ESANN'2003 proceedings - European Symposium on Artificial Neural Networks, Bruges (Belgium), 23-25 April 2003, d-side publi., ISBN 2-930307-03-X, pp. 39-44.
- [11]. Simon, G., J. A. Lee, M. Verleysen. Unfolding preprocessing for meaningful time series clustering. Neural Networks Vol. 19, 2006, pp. 877-888.
- [12]. Vesanto, J. Using the SOM and Local Models in Time-Series Prediction, Proceedings of Workshop on Self-Organizing Maps (WSOM'97), Espoo, Finland, 1997, pp.209-214.
- [13]. Virili, F., B. Freisleben. Nonstationarity and Data Preprocessing for Neural Network Predictions of an Economic Time Series. International Joint Conference on Neural Networks, Vol.5, 2000, pp.129-134.

For contacts

Sivo Daskalov
Department of Computer Science and Engineering
Technical University of Varna
E-mail: sivadaskalov@gmail.com

Assist. prof. Ventsislav Nikolov, PhD
Department of Computer Science and Engineering
Technical University of Varna
E-mail: v.nikolov@tu-varna.bg

ПОДХОД ЗА РЕАЛИЗАЦИЯ НА БАЗИ ОТ ДАННИ С ХИСТОРИЗАЦИЯ ЗА СИСТЕМИ, ИЗЧИСЛЯВАЩИ ФИНАНСОВИ ПОКАЗАТЕЛИ

Пламен С. Стефанов, Снежина А. Янакиева,
Сиво В. Даскалов, Веселин Д. Йорданов

Резюме: Докладът разглежда методи за реализация на бази от данни с хисторизация и необходимостта от тях в съвременните финансови системи. Описана е методологията Slowly changing dimensions за реализиране на хисторизация в релационна база от данни. Изготвен е сравнителен анализ на няколко типа Slowly changing dimensions, изследващ техните реакции при различни условия. Засегнати са проблемите на системи, съдържащи хисторизирана информация и насоките за тяхното решение.

Ключови думи: Финансови системи, релационни бази данни, Slowly changing dimensions, хисторизация.

Methods for historicizable database implementation in systems calculating financial indicators

Plamen S. Stefanov, Snezhina A. Yanakieva, Sivo V. Daskalov, Veselin D. Yordanov

Abstract: This paper reviews methods for implementation of a historicized database and their importance in contemporary financial systems. The methodology Slowly changing dimensions for historicization of relational databases is presented. The most common types of SCD have been benchmarked and compared in different conditions. The typical problems faced by historicized systems are presented, as well as the trends to solve them.

Keywords: Financial systems, relational database, Slowly changing dimensions, historicization.

1. Въведение

Системите за изчисление на финансови показатели са необходими при прогнозиране на бъдещото развитие на сделките и оценка на техните рискове. На база на тези показатели се определя оптималната реакция спрямо текущото състояние на пазара.

Съществуващите системи изчисляват финансовите показатели въз основа на текущото състояние на данните за сделката и пазарните условия [2], [3], [8], [9]. Постъпването на грешна информация, умишлено или не, би довело до грешни резултати от изчисленията, а съответно и до загуба на финанси. За да може дадено решение да бъде обосновано, трябва да има възможност за възстановяване на условията, при които е взето. Създаването на система, извършваща исторически изчисления и даваща доказателство за извършената услуга във времето е възможна при използването на хисторизирана база от данни [1], [4], [5], [10].

Хисторизацията е подход за реализация на бази от данни, при който няма възможност данните да се модифицират и изтриват. По този начин е достъпно всяко едно състояние на данните във времето. Хисторизацията се реализира чрез съхраняване на всяка версия на данните под формата на нов запис в базата от данни. Версиите се характеризират с период, през който са били валидни. Тези периоди се съхранявани в базата като се записва началната и крайната дата или дата на записване и предишната версия на данните. Невъзможността да бъде изтривана налага съхраняването на големи обеми информация, както и трудни и бавни

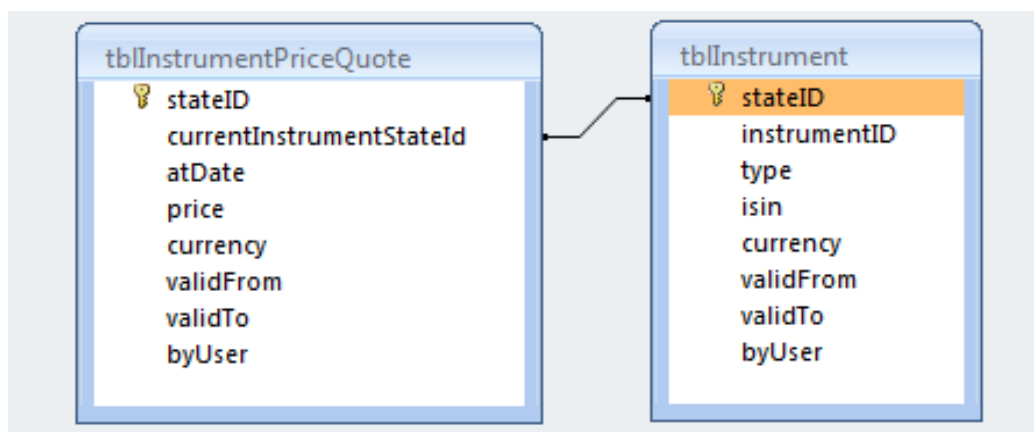
операции по нейното извличане. Насоката, в която се работи, е съхраняване на хисторизирани данни, използвайки минимална памет и време за реакция [6], [7].

В доклада са сравнени различни методи за съхраняване на хисторизирана информация, подходящи за съвременните финансови системи. Те се обединяват от методологията Slowly Changing Dimensions(SCD), служеща за управление на данни, чиито състояния се променят нерегулярно във времето. Анализирайки поведението им при различни условия, са описани техните предимства и недостатъци по отношение на бързодействие и обем на заемащата памет. Макар че засега не е създаден оптимален метод за реализация, хисторизацията остава незаменима при системи за финансови изчисления и анализ.

2. Slowly Changing Dimensions

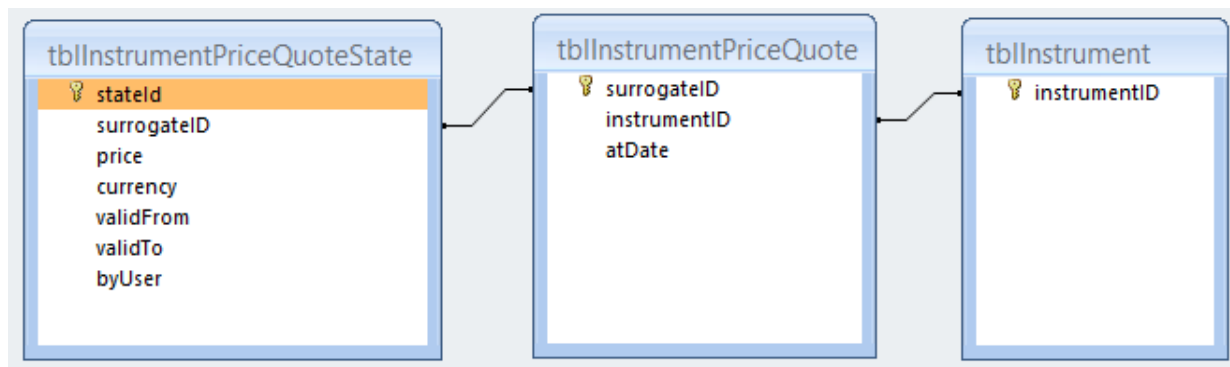
2.1. SCD Type 2

Един от най-използваните, реализиращи пълна хисторизация SCD типове, е тип 2. Този подход се реализира чрез включване на ново състояние в таблицата на базата от данни, който представлява валидната в този момент информация, като всяко състояние получава собствен първичен ключ. При използването на метод тип 2 в базата е налична както предишната, така и новата версия на данните. Освен чрез своя първичен ключ версиите се идентифицират с период на валидност, както и с информация за потребителя, който ги е въвел.



Фиг. 1. SCD тип 2

Според дадения пример (фигура 1) всяко състояние от таблицата tblInstrumentPriceQuote има връзка със състояние от таблица tblInstrument посредством първичния ключ на версията на инструмента. При постъпване на нова версия на инструмент се налага тя да бъде отразена като ново състояние в таблица tblInstrumentPriceQuote и във всички таблици, свързани с tblInstrument. По този начин размерът на таблиците се увеличава бързо, което води до увеличаване на заемащата от базата от данни памет. Решение на проблема е открито чрез изнасяне на информацията, която независимо от версията на данните, остава непроменена, в отделна таблица. Така връзката се осъществява към данните, за които се отнася, а не към последната им версия, избягвайки лавинообразния ефект и нуждата от много памет.



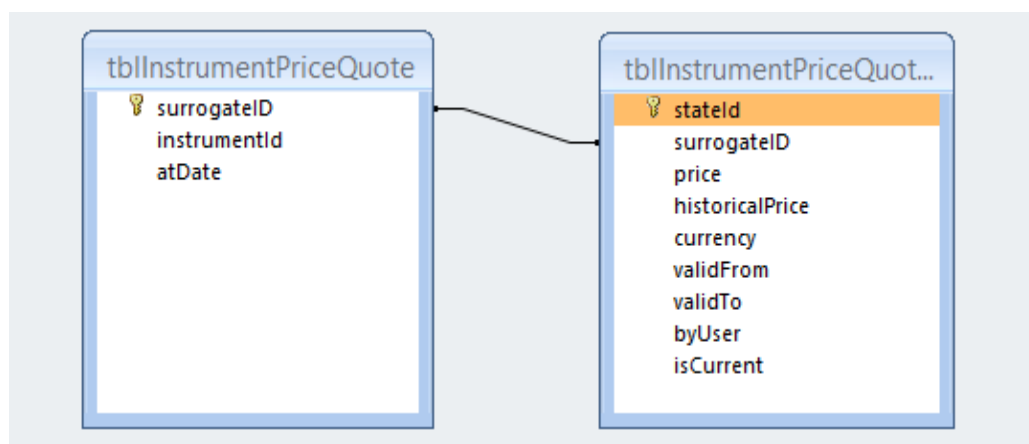
Фиг. 2. SCD тип 2 с главна таблица и таблица на състоянията

Главната таблица съдържа идентификация на записаните данни, освен това по първичния ключ в нея се прави връзката към други зависими от тази таблици. Таблицата на състоянията (фигура 2) включва информацията, която се различава в зависимост от версията, като версиите също се идентифицират чрез собствен първичен ключ. Всяко състояние задължително съдържа периода на своята валидност и външен ключ към записа от главната таблица, за който се отнася.

Това подобрение осигурява независимост на данните от историческото състояние на свързаните с тях, като по този начин се създава гъвкава база от данни и се предотвратява лавинообразния ефект. В доклада е направен анализ на различни методи за хисторизация в релационна база от данни, като данните в изследването се разполагат според този принцип в главна таблица и таблица на версиите.

2.2. SCD Type 6

В по-редки случаи хисторизация се реализира чрез SCD тип 6 (фигура 3). Основното приложение на този тип е за създаване на пълна хисторизация, като предполага по-лесното извличане на текущото състояние от базата. Методът се използва основно когато най-честите търсения са за последно записаното състояние. Всяка записана версия в базата съхранява както период на валидност, така и текущото състояние на данните.



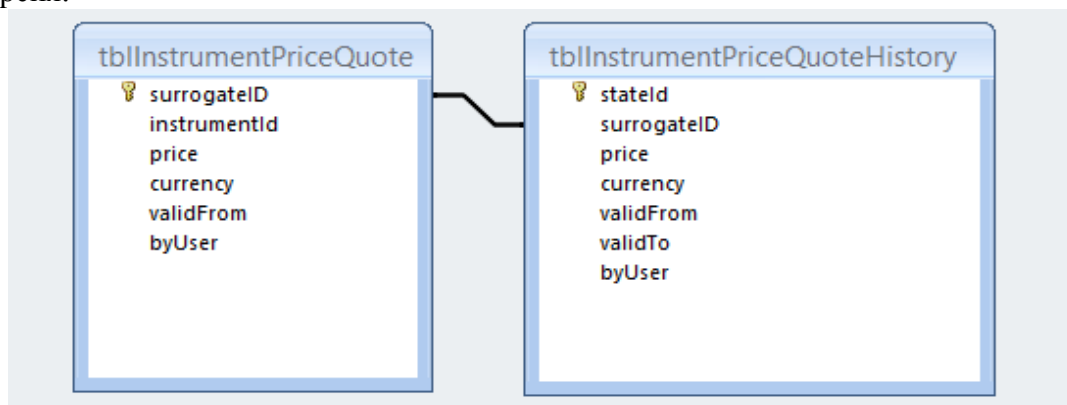
Фиг. 3. SCD тип 6

Използвайки този метод, в таблицата на състоянията освен валидните в посочения период се съхраняват и последните записани състояния на данните. Това е предимство, когато най-честите търсения са за текуща версия, но също така този подход предполага излишно презаписване на големи количества информация. Дублирането на данни води до заемане на излишна памет и налага извършването на операции върху всички предишни версии при съхраняване на нова. Методологията Slowly changing dimensions предлага по-

оптимален метод за реализация, който също позволява лесното намиране на последно записаната версия.

2.3. SCD Type 4

За да бъде избегнато дублиране на информация е предложен методът за хисторизация SCD тип 4 (фигура 4). При този метод последното записано състояние на данните се съхранява в една таблица, а всички предишни – в друга. Така текущото състояние се открива възможно най-бързо, но се налага актуализация на двете таблици при всяко записване на нова версия.



Фиг. 4. SCD тип 4

Независимо от избрания метод, допълнителното съхраняване на последна версия улеснява четенето и търсенето в базата, но налага извършване на допълнителни операции.

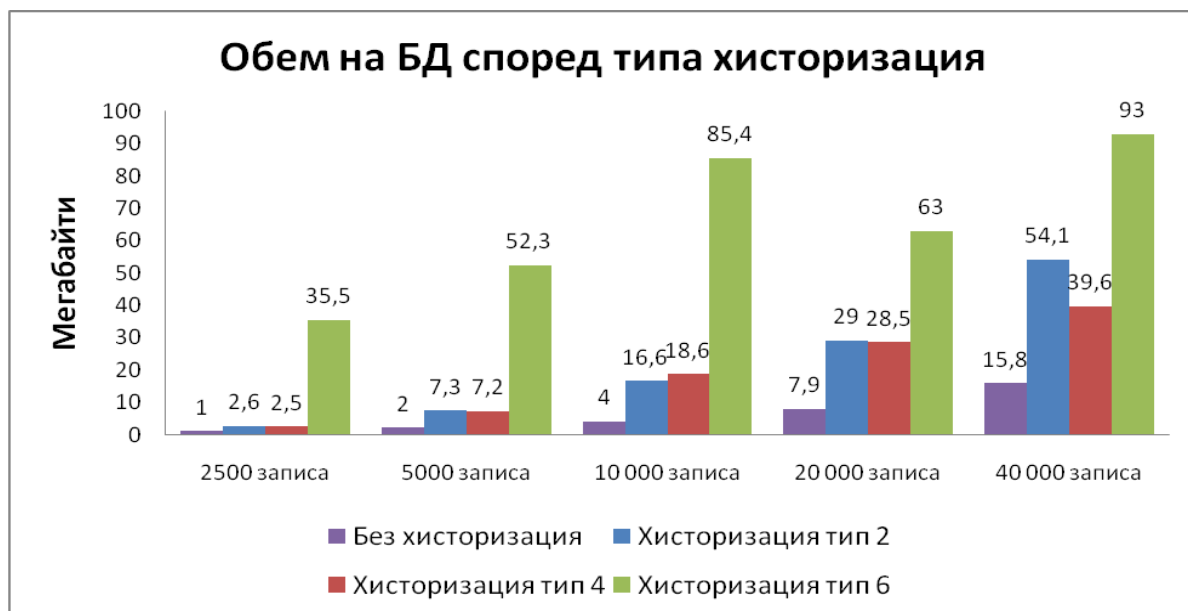
Методологията Slowly changing dimensions предлага различни варианти за съхраняване на информация в релационни бази данни, но не всички могат да реализират пълна хисторизация. Описвайки и изследвайки най-използваните от тях, долкадът предлага сравнителен анализ на поведението на базата от данни при всеки от описаните подходи.

3. Изследвания

Изследването е реализирано на езика Java. За съхранение на данните е използваната HyperSQL файлова база данни. Връзката на Java приложението с базата данни е осъществена чрез технологията JDBC. Докладът изследва времето, за което се осъществяват запис и четене, както и заеманата памет, при нехисторизирана и хисторизирана чрез описаните SCD типове база данни. При изследване на всички методи информацията, която остава непроменена независимо от версията на данните се възприема като тяхна идентификация и се съхранява в отделна таблица, за да се избегне лавинообразният ефект. Обемът на паметта се анализира при 2500, 5000, 10000, 20000 и 40000 записани състояния в базата, а производителността като осреднено време в милисекунди за четене и създаване на нова версия в базата спрямо 2500, 10000 и 40000 вече записани състояния. Резултатите са описани чрез таблици 1 и 2 и фигури 5 и 6.

Таблица 1. Обем на БД [mb] според типа на хисторизацията

	Брой записи				
	2500	5000	10000	20000	40000
Без хисторизация	1	2	4	7,9	15,8
Хисторизация тип 2	2,6	7,3	16,6	29	54,1
Хисторизация тип 4	2,5	7,2	18,6	28,5	59,6
Хисторизация тип 6	35,5	52,3	85,4	63	93

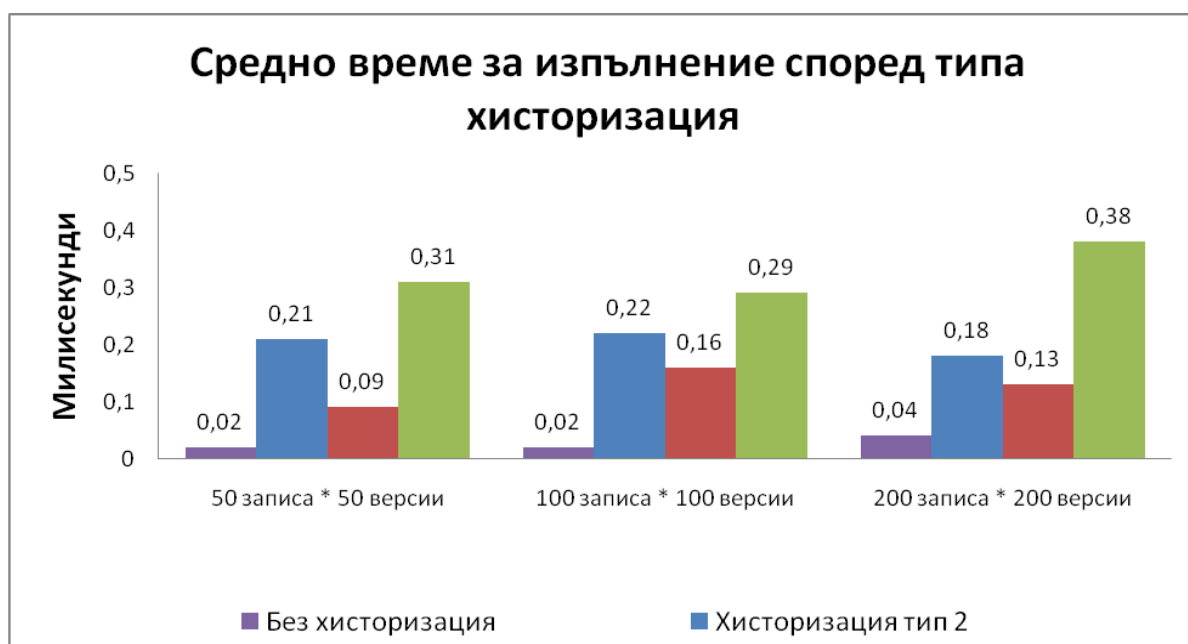


Фиг. 5. Обем на базата данни според типа хисторизация

Таблица 2. Производителност в милисекунди на операция за типовете хисторизация

Без хисторизация		Версии			Хисторизация тип 2		Версии		
		50	100	200			50	100	200
Записи	50	0,02	0,02	0,02	Записи	50	0,21	0,3	0,23
	100	0,02	0,02	0,04		100	0,19	0,22	0,58
	200	0,02	0,03	0,04		200	0,23	0,23	0,18

Хисторизация тип 4		Версии			Хисторизация тип 6		Версии		
		50	100	200			50	100	200
Записи	50	0,09	0,1	0,08	Записи	50	0,31	0,3	0,3
	100	0,12	0,16	0,12		100	0,29	0,29	0,33
	200	0,13	0,16	0,13		200	0,41	0,36	0,38



Фиг. 6. Средно време за изпълнение на заявка според типа хисторизация

4. Изводи

Анализът показва сериозно увеличаване на времето за реакция, както и на заемащата памет при хисторизация по метода SCD тип 6. Тази разлика се дължи на голямото количество дублирана информация. Макар че откриването на последното записано състояние е най-лесно при този метод, големият обем информация затруднява всички операции с базата от данни.

На фигурите се забелязват слаби разлики между методите SCD тип 4 и тип 2, като при тип 4 има по-висока производителност. Причината е по-лесното откриване на последното записано състояние, което се съхранява в отделна релация. Подходът за хисторизация SCD тип 4 има широко приложение в системи, където най-честите търсения са за актуалното в момента състояние.

Изследвайки методите за съхраняване на информация в база от данни, се достига до извода, че операциите се изпълняват най-бързо и най-малко памет се заема при използването на нехисторизирана база от данни, но така не се дава възможност да се възстановят предишни условия и изчисленията, извършени върху тях. Нарастващата необходимост от съхраняване на информация за всички настъпили събития, най-вече при боравене с парични средства, създава необходимост от използване на хисторизация. Има много методи, реализиращи хисторизация, като в реакционните бази данни най-широко е разпространена методологията *Slowly changing dimensions*. Описаните в доклада подходи нямат бързодействието на нехисторизирана база данни, но нуждата от съхраняване на хисторизирана информация налага откриване на метод, позволяващ бързоействие и размер на използвана памет близки до тези при липса на хисторизация.

Литература

- [1]. Schnider, D., Martino, A., Eschermann, M., "Comparison of Data Modeling Methods for a Core Data Warehouse", 2014
- [2]. Matsatsinis, N.F., Doumpos, M., Zopounidis, C., "Expert Systems with Applications", 1997, с. 247-262
- [3]. Nguyena, T. M., Min Tjoaa, A., Nemeceb, J., Windischb, M., "Data & Knowledge Engineering", 2007, с. 26-43
- [4]. Kimball, R., Ross, M., "The Data Warehouse Toolkit", 2013
- [5]. Kimball, R., Ross, M., Thornthwaite, W., Mundy, J., Becker, B. "The Data Warehouse Lifecycle Toolkit", 2008
- [6]. Leonard, A., Masson, M., Mitchell, T., Moss, J., Ufford, M., "Microsoft SQL Server 2012 Integration Services Design Patterns", 2012, с. 261-273
- [7]. Haselden, K., Microsoft SQL Server 2008 Integration Services Unleashed, 2006
- [8]. Ballard, C., Farrell, D. M., Gupta, A., Mazuela, C., Vohnik, S., "Dimensional Modeling: In a Business Intelligence Environment", 2006
- [9]. Fouche, G., Langit, L., "Foundations of SQL Server 2008 R2 Business Intelligence", 2011
- [10]. McDonald, K., Wilmsmeier, A., Dixon, D. C., Inmon, W. H., "Mastering the SAP Business Information Warehouse", 2002

За контакти:

Пламен Стефанов Стефанов
E-mail: plamen.s.stefanov@gmail.com

Снежина Антонова Янакиева
катедра „Компютърни науки и технологии”
Технически университет - Варна
E-mail: snegi_ianakieva@abv.bg

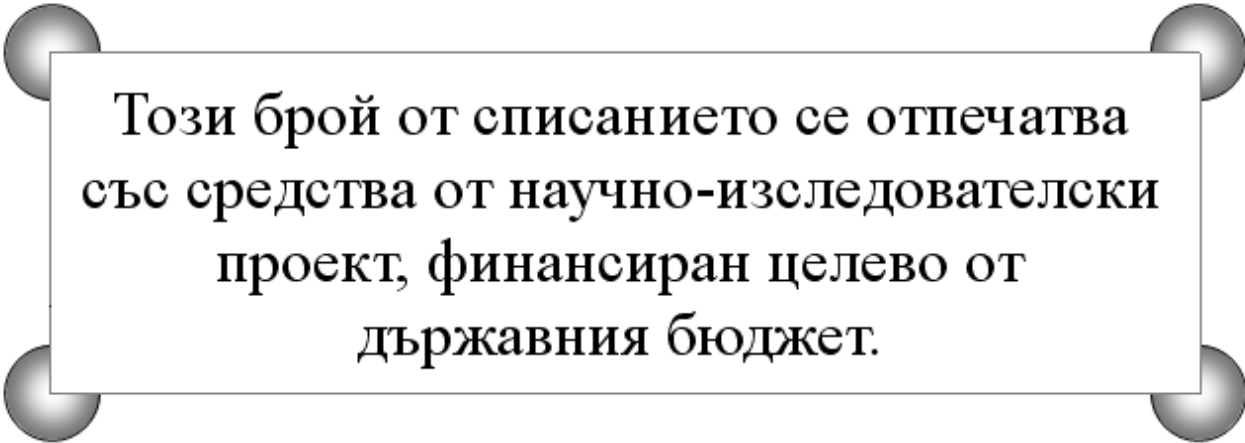
Сиво Владимир Даскалов
катедра „Компютърни науки и технологии”
Технически университет - Варна
E-mail: sivodaskalov@gmail.com

Веселин Даниелов Йорданов
катедра „Компютърни науки и технологии”
Технически университет - Варна
E-mail: vesko935@gmail.com



ИЗИСКВАНИЯ ЗА ОФОРМЯНЕ НА СТАТИИТЕ ЗА СПИСАНИЕ "КОМПЮТЪРНИ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ"

- I. Статиите се представят разпечатани в два екземпляра (оригинал и копие) в размер до 6 страници, формат А4 на адрес: Технически университет – Варна, ФИТА, ул. „Студентска” 1, 9010 Варна, както и в електронен вид на имейл адреси: peter.antonov@ieee.bg или jppet@abv.bg.
 - II. Текстът на статията трябва да включва: УВОД (поставяне на задачата), ИЗЛОЖЕНИЕ (изпълнение на задачата), ЗАКЛЮЧЕНИЕ (получени резултати), БЛАГОДАРНОСТИ към сътрудниците, които не са съавтори на ръкописа (ако има такива), ЛИТЕРАТУРА и информация за контакти, включваща: научно звание и степен, име, организация, поделение (катедра), e-mail адрес.
 - III. Всички математически формули трябва да са написани ясно и четливо (препоръчва се използване на Microsoft Equation).
 - IV. Текстът трябва да бъде въведен във файл във формат WinWord 2000/2003 с шрифт Times New Roman. Форматирането трябва да бъде както следва:
 1. Размер на листа - А4, полета: ляво - 20мм, дясно - 20мм, горно - 15мм, долно - 35мм, Header 12.5мм, Footer 12.5мм (1.25см).
 2. Заглавие на български език - размер на шрифта 16, удебелен, главни букви.
 3. Един празен ред - размер на шрифта 14, нормален.
 4. Имена на авторите - име, инициали на презиме, фамилия, без звания и научни степени - размер на шрифта 14, нормален.
 5. Два празни реда - размер на шрифта 14, нормален.
 6. Резюме и ключови думи на български език, до 8 реда - размер на шрифта 11, нормален.
 7. Заглавие на английски език - размер на шрифта 12, удебелен.
 8. Един празен ред - размер на шрифта 11, нормален.
 9. Имена на авторите на английски език - размер на шрифта 11, нормален.
 10. Един празен ред - размер на шрифта 11, нормален.
 11. Резюме и ключови думи на английски език, до 8 реда - размер на шрифта 11, нормален.
 12. Основните раздели на статията (Увод, Изложение, Заключение, Благодарности, Литература) се формират в едноколонен текст както следва:
 - a. Наименование на раздел или на подраздел - размер на шрифта 12, удебелен, центриран, един празен ред преди наименованието и един празен ред след него - размер на шрифта 12, нормален;
 - b. Текст - размер на шрифта 12, нормален, отстъп на първи ред на параграф – 10 мм; разстояние от параграф до съседните (Before и After) за целия текст – 0.
 - c. Цитиране на литературен източник - номер на източника от списъка в квадратни скоби;
 - d. Текстът на формулите се позиционира в средата на реда. Номерация на формулите - дясно подравнена, в кръгли скоби.
 - e. Фигури - центрирани, разположение спрямо текста: "Layout: In line with text". Номер и наименование на фигурата - размер на шрифта 11, нормален, центриран. Отстояние от съседните параграфи – 6 pt.
 - f. Литература – всеки литературен източник се представя с: номер в квадратни скоби и точка, списък на авторите (първият автор започва с фамилия, останалите – с име), заглавие, издателство, град, година на издаване, страници.
 - g. За контакти: научно звание и степен, име, презиме (инициали), фамилия, организация, поделение (катедра), e-mail адрес, с шрифт 11, дясно подравнено.
- Образец за форматиране можете да изтеглите от адрес <http://cs.tu-varna.bg/> - Списание КНТ, Spisanie_Obrazec.zip.



Този брой от списанието се отпечатва
със средства от научно-изследователски
проект, финансиран целево от
държавния бюджет.