

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський національний політехнічний університет

ІНФОРМАТИКА ТА МАТЕМАТИЧНІ
МЕТОДИ В МОДЕЛЮВАННІ

INFORMATICS AND MATHEMATICAL
METHODS IN SIMULATION

Том 8, № 3

Volume 8, No. 3

Одеса – 2018
Odesa – 2018

Журнал внесений до переліку наукових фахових видань України
(технічні науки)
згідно наказу Міністерства освіти і науки України № 463 від 25.04.2013 р.

Виходить 4 рази на рік

Published 4 times a year

Заснований Одеським національним
політехнічним університетом у 2011 році

Founded by Odessa National Polytechnic
University in 2011

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ № 17610 - 6460Р від 04.04.2011р.

Certificate of State Registration

КВ № 17610 - 6460Р of 04.04.2011

Головний редактор: *Г.О. Оборський*

Editor-in-chief: *G.A. Oborsky*

Заступник головного редактора:

Associate editor:

А.А. Кобозєва

A.A. Kobozeva

Відповідальний редактор:

Executive editor:

Т.О. Бирченко

T.O. Byrchenko

Редакційна колегія:

Editorial Board:

*Г.В. Ахмаметьєва, Т.О. Банах, П.І. Бідюк,
Н.Д. Вайсфельд, А.Ф. Верлань, Г.М. Востров,
В.Б. Дудикевич, М.Б. Копитчук,
О.Ю. Лебедєва, С.В. Ленков, І.І. Маракова,
С.А. Нестеренко, М.С. Никитченко,
С.А. Положаєнко, О.В. Рибальський,
Х.М.М. Рубіо, В.Д. Русов,
І.М. Ткаченко-Горський, А.В. Усов,
В.О. Хорошко, М.Є. Шелест, М.С. Яджак*

*A. Akhmametiєva, T. Banakh, P. Bidiyuk,
V. Dudykevich, V. Khoroshko, N. Kopytchuk,
O. Lebedieva, S. Lenkov, I. Marakova,
S. Nesterenko, N. Nikitchenko, S. Polozhaenko,
J. Rubio, V. Rusov, O. Rybalsky, M. Shelest,
I. Tkachenko Gorski, A. Usov, N. Vaysfeld,
A. Verlan, G. Vostrov, M. Yadzhak*

Друкується за рішенням редакційної колегії та Вченої ради Одеського національного
політехнічного університету

Оригінал-макет виготовлено редакцією журналу

Адреса редакції: просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна

Телефон: +38 048 705 8506

Web: <http://immm.opu.ua>

E-mail: immm.ukraine@gmail.com

Editorial address: 1 Shevchenko Ave., Odessa, 65044, Ukraine

Tel.: +38 048 705 8506

Web: <http://immm.opu.ua>

E-mail: immm.ukraine@gmail.com

ЗМІСТ / CONTENTS

- | | | |
|--|-----|---|
| МІМД-СИМУЛЯТОРИ НА ОСНОВІ
МОВ ПАРАЛЕЛЬНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ
В.А. Святний, А.С. Любимов,
О.М. Мірошкін, В.Г. Кушнарєнко | 189 | MIMD-SIMULATORS BASED ON
PARALLEL SIMULATIONS
LANGUAGE
Svjatnij V., Liubymov A., Miroshkin O.,
Kushnarenko V. |
| ПРОГРАМНИЙ ДОДАТОК ДЛЯ
АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОБУДОВИ
МОДЕЛІ ОЦЕНОК РИЗИКУ ВІДМОВ
СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ
В.В. Вичужанін, Н.Д. Рудніченко,
А.В. Вичужанін, М.О. Юрченко | 200 | SOFTWARE APP FOR AUTOMATION
OF BUILDING MODELS OF RISK
ASSESSMENTS OF FAILURES OF
COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS
Vychuzhanin V., Rudnichenko N.,
Vychuzhanin A., Yurchenko M. |
| ОЦІНКА ЧАСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ
В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ
ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ
В.О. Хорошко, Ю.Є. Хохлачова,
М.Є. Шелест | 209 | EVALUATION OF THE TIME OF
DECISION MAKING
IN SOLVENCY SUPPORT SYSTEMS
Horoshko V., Khokhlachova Yu.,
Shelest M. |
| АНАЛІЗ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДУ
РЕЄСТРАЦІЇ АКТИВНОСТІ БЛОКІВ
LUT У СКЛАДІ FPGA-БАЗОВАНИХ
ПРИСТРОЇВ
К.В. Зацолкін, О.В. Дрозд | 224 | THE ANALYSIS OF HARDWARE
REALIZATION FOR ACTIVENESS
REGISTRATION METHOD OF LUT
UNITS INCLUDING IN FPGA-BASED
DEVICES
Zashcholkin K., Drozd O. |
| ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ
ВИЯВЛЕННЯ ТОЧОК ЦИФРОВОГО
МОНТАЖУ У ФОНОГРАМАХ І
МЕТОДОЛОГІЯ ЇЇ СТВОРЕННЯ
О.В. Рибальський, В.И. Соловйов,
В.В. Журавель | 232 | THE BASIC REQUIREMENTS TO THE
SYSTEM OF EXPOSURE OF POINTS
OF THE DIGITAL EDITING IN
PHONOGRAMS AND METHODOLOGY
OF HER CREATION
Rybalskiy O., Solovyov V., Zhuravel V. |

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ
СОЦІАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ З
ВИКОРИСТАННЯМ
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
О.О. Чернишов, Т.В. Філатова

238 FEATURES OF THE DEVELOPMENT
OF SOCIAL PROJECTS USING
INFORMATION TECHNOLOGY
Chernyshov O., Filatova T.

ДИСКРИМІНАЦІЯ ЗА
НАЦІОНАЛЬНИМИ ОЗНАКАМИ В
МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ
О.М. Симонова, І.І. Бобок

245 DISCRIMINATION ON THE BASIS OF
NATIONALITY ON THE INTERNET
Symonova O., Bobok I.

ПРОГРАМНЕ ТА АПАРАТНЕ
ТЕСТУВАННЯ ДЕКОДЕРУ TURBO-
PRODUCT-КОДІВ
Я.М. Крайник, В.О. Перов

257 SOFTWARE AND HARDWARE
TESTING OF TURBO-PRODUCT-
CODES DECODER
Krainyk Y., Perov V.

СТВОРЕННЯ ПІДСИСТЕМИ
ПРОЕКТУВАННЯ ТА АНАЛІЗУ
НАВАНТАЖЕНЬ РАМИ
ЕЛЕКТРОСКУТТЕРА В СУЧАСНИХ
САПР
В.М. Тігарєв, А.О. Гончаренко

266 CREATION OF A SUBSYSTEM FOR
DESIGNING AND ANALYZING
LOADS OF THE ELECTRIC SCOOTER
FRAME IN THE MODERN CADRE
Tigariev V., Honcharenko A.

МІМД-СИМУЛЯТОРИ НА ОСНОВІ МОВ ПАРАЛЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**В.А. Святний, А.С. Любимов, О.М. Мірошкін, В.Г. Кушнарєнко**

Донецький національний технічний університет,
пл. Шибанкова, 2, Покровськ, 85300, Україна; e-mail: vsvjatnyj@gmail.com
Університет Ульм,
Хелмхолштрасе, 16, Ульм, 89081, Німеччина; e-mail: volodymyr.kushnarenko@uni-ulm.de

Аналіз етапів і наявних засобів моделювання складних динамічних систем (СДС) показав, що сучасні паралельні засоби відстають за рівнем сервісу від послідовних блоково-, рівняння- та об'єктно-орієнтованих (БО, РО, ОО) мов моделювання: розробники МІМД-симуляторів вимушені працювати на рівні мов програмування. Запропоновано концепцію розробки мов паралельного моделювання на основі аналогії між принципами функціонування послідовних мов і МІМД-паралельністю. Розв'язання систем рівнянь послідовною мовою відповідає МІМД-паралелізму і може інтерпретуватися як віртуальне призначення «Функціональний елемент мови – МІМД-процес». Показано трансформацію БО-специфікації Simulation-моделі СДС в структуру МІМД-процесів на прикладі моделі мережевого динамічного об'єкту з зосередженими параметрами (МДОЗП). Визначено, що принцип розв'язання систем рівнянь БО-мовою відповідає МІМД-паралелізму. Кожному блоку БО-мови призначено МІМД-процес, який в точності виконує операції блоку, отримано множину процесів, які зв'язуються між собою комунікаційним графом, що синтезується на основі схеми з'єднань між виходами і входами блоків БО-симулятора. Запропоновано трансформацію специфікацій БО-, РО- та ОО-симуляторів в віртуальні паралельні МІМД-симулятори. Введено віртуальну матрицю комутацій, яка формально описує всі зв'язки між процесами МІМД-симулятора, що відповідають функціональним елементам послідовних мов. Визначено девіртуалізацію як процес перетворення специфікацій віртуальних МІМД-симуляторів, що однозначно забезпечує їх реалізацію на заданій цільовій паралельній обчислювальній системі, сформульовано основні теоретичні і практичні задачі цього процесу.

Ключові слова: складна динамічна система, Simulation-модель, мови моделювання, функціональний блок, МІМД-симулятор, МІМД-процес, девіртуалізація.

Вступ

Складні динамічні системи (СДС) (рис. 1). Математична модель СДС [1] – це рівняння досліджуваних динамічних процесів і формальний опис топології системи (технологічні схеми, графи, структури систем автоматизації, вторинні топології як результати апроксимації систем з розподіленими параметрами та ін.). Simulation-моделлю СДС прийнято називати модель, приведену до форми, яку вимагають обчислювальні методи та програмно-апаратні засоби розв'язання систем рівнянь. З огляду на показники складності (велика розмірність систем рівнянь, просторова розподіленість і багатозв'язність параметрів, ієрархічність структур, різна фізична природа взаємодіючих процесів, різні методи апроксимації моделей відносно просторових координат та ін.) треба відзначити, що побудова Simulation-моделей СДС є нетривіальною задачею і потребує суттєвої комп'ютерної підтримки. Вибором певного обчислювального методу зумовлюється дискретна Simulation-модель СДС, що в процесі апаратно-програмної імплементації трансформується в симулятор СДС. Послідовні симулятори СДС пройшли шлях від реалізацій засобами мов програмування [2] до засобів блоково-(БО), рівняння-(РО) та об'єктно-орієнтованих (ОО) мов моделювання [3,4,5].



Рис. 1. Етапи та засоби математичного моделювання складних динамічних систем

Розробка паралельних МІМД-симуляторів ведеться, як і раніше, за допомогою мов програмування з використанням засобів бібліотек MPI, OpenMP для обміну даними та синхронізації МІМД-процесів. Внаслідок цього експерти предметних областей, що розробляють паралельні симулятори, вимушені працювати з засобами колишніх традиційних систем моделювання другого і третього покоління [2], що за рівнем сервісу та дружності до користувачів поступаються послідовним мовам моделювання. В теорії і практиці технологій паралельного моделювання (Parallel Simulation Technology, ParSimTech) однією з ключових проблем є розробка розподілених паралельних моделюючих середовищ (РПМС) з повнофункціональним програмним забезпеченням розробки, налагодження й експлуатації паралельних симуляторів СДС (Parallel Modeling and Simulation Software). Для того, щоб наблизитись за рівнем сервісу до засобів моделювання п'ятого покоління [1, 2], необхідно в РПМС мати мови паралельного моделювання, що забезпечують перетворення специфікацій моделей СДС в виконувані програмні модулі паралельних симуляторів і звільняють експертів предметних областей від питань вибору обчислювальних методів, побудови дискретних Simulation-моделей СДС та їх програмної реалізації. Аналіз показує, що розроблені та експериментально досліджені пари «топологічні аналізатори – генератори рівнянь» [1] дають Simulation-моделі, що дозволяють безпосередньо застосовувати принципи БО-, ОО- та РО-мов моделювання для розв'язання систем рівнянь. Розглянемо концепцію розробки мов паралельного моделювання.

Основна частина

Головним компонентом блоково-орієнтованої мови моделювання [3] є функціональний блок (рис. 2), який реалізується програмно. Блок має n входів і один вихід, в ньому можуть задаватись коефіцієнти при вхідних змінних та початкові умови щодо змінної на виході, яка є результатом певної операції:

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_n, a_1, a_2, \dots, a_n, t).$$

Для розв'язання систем звичайних диференціальних рівнянь в БО-мові моделювання передбачено наступну множину основних математичних операцій:

$$F \in \left\{ \sum_{i=1}^n a_i x_i; \int_{i=1}^n a_i x_i dt; f(x_i), \varphi(x_i, x_k); f(t), x_i * x_k, x_i / x_k \right\}.$$

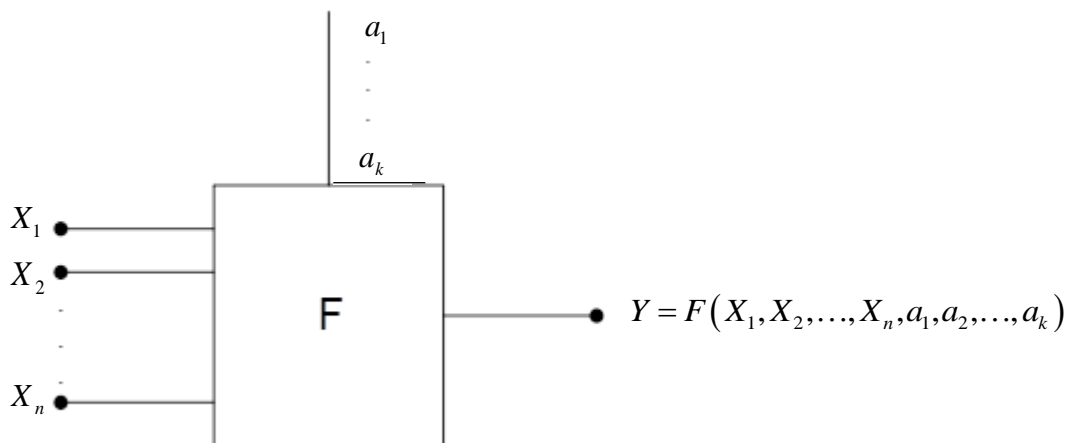


Рис. 2. Функціональний блок БО-мови моделювання

Покажемо аналогію між БО-специфікацією Simulation-моделі СДС і МІМД-принципом розпаралелювання на прикладі моделі простого мережевого динамічного об'єкту з зосередженими параметрами (МДОЗП), що описується системою рівнянь (1) з потоками повітря в гілках X, Y_1, Y_2 , коефіцієнтами інерційності потоків K_x, K_1, K_2 , аеродинамічними опорами R_x, R_1, R_2 та характеристикою вентилятора $f(X)$:

$$\begin{cases} X = Y_1 + Y_2 \\ K_x \frac{dX}{dt} + R_x X |X| + K_1 \frac{dY_1}{dt} + R_1 Y_2 |Y_1| = f(X) \\ K_x \frac{dX}{dt} + R_x X |X| + K_2 \frac{dY_2}{dt} + R_2 Y_2 |Y_2| = f(X) \end{cases} \quad (1)$$

Simulation-модель МДОЗП:

$$\begin{cases} X = Y_1 + Y_2 \\ \frac{d}{dt} \left(Y_1 + \frac{K_x}{K_1} X \right) = [f(x) - R_x X |X| - R_1 Y_1 |Y_1|] / K_1 \\ \frac{d}{dt} \left(Y_2 + \frac{K_x}{K_2} X \right) = [f(x) - R_x X |X| - R_2 Y_2 |Y_2|] / K_2 \end{cases} \quad (2)$$

За методом неявних функцій отримаємо БО-специфікацію Simulation-моделі у вигляді структури функціональних блоків, що необхідні для знаходження невідомих змінних X, Y_1, Y_2 системи рівнянь (2) (рис. 3). Аналіз показує, що функціональному блоку БО-мови моделювання (рис.2) можна співставити МІМД-процес, що виконує операцію блоку і програмується за аналогічним алгоритмом (рис. 4): зчитування вхідних даних VE , обчислення вихідної змінної $Y = F(VE)$, можлива Y -реплікація для подальшого паралельного використання та вивід на схему зв'язку між процесами. Принцип розв'язання систем рівнянь БО-мовою відповідає МІМД-паралелізму і може інтерпретуватися як віртуальне призначення «Функціональний блок – МІМД-процес» (рис. 5): кожному блоку БО-мови призначаємо МІМД-процес, який в точності виконує операції блоку; отримаємо множину n процесів, які зв'язуються між собою комунікаційним графом, що синтезується на основі схеми з'єднань між виходами і входами блоків БО-симулятора (рис. 3).

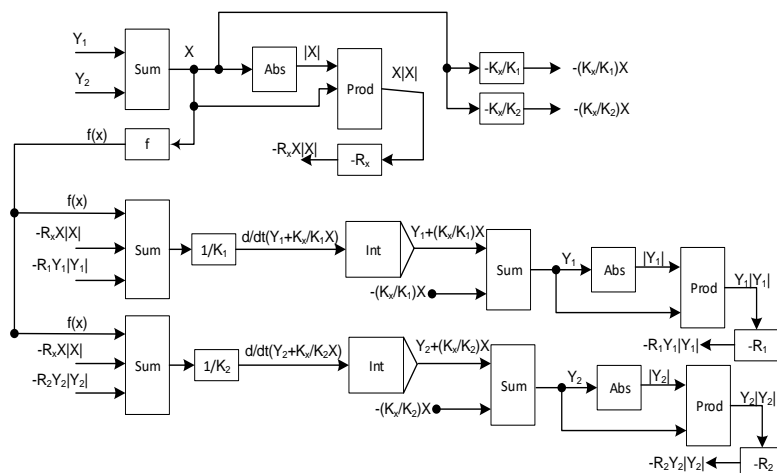


Рис. 3. Структура блоків для розв'язання системи рівнянь (2), БО-симулятор

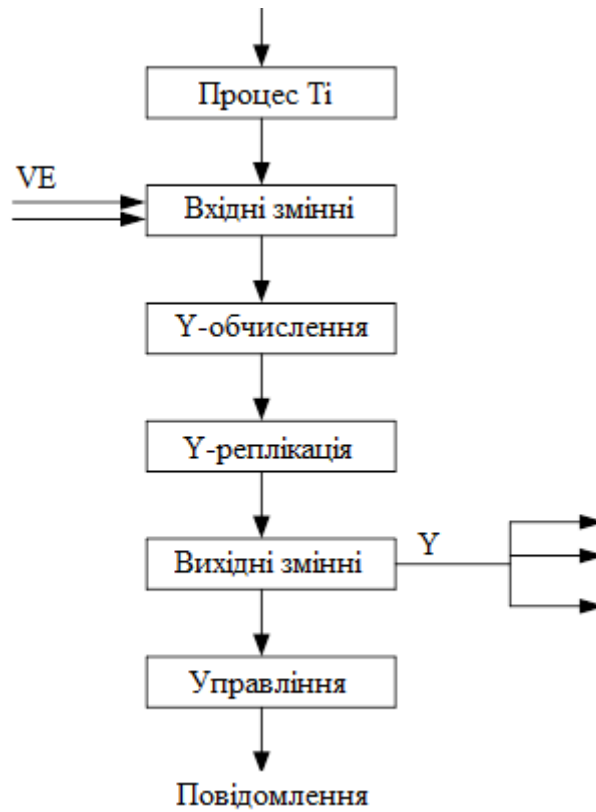


Рис. 4. MIMD-процес, аналогічний функціональному блоку

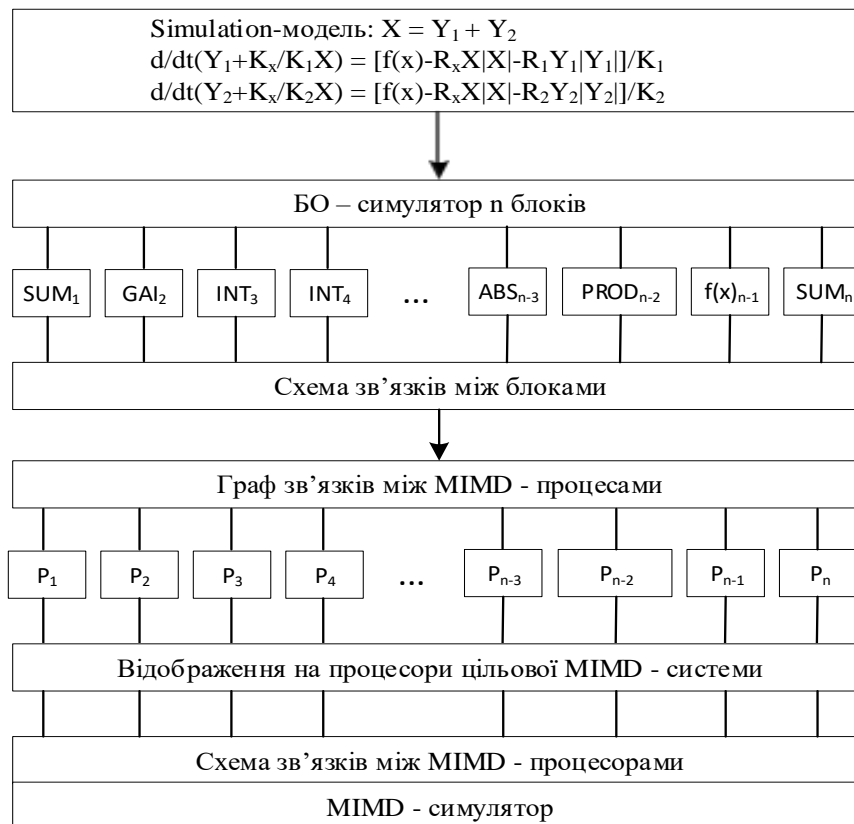


Рис. 5. MIMD-паралельність і принцип БО-мови, n – кількість блоків

В ОО-мові моделювання використовуються об'єкти (рис. 6) за визначенням ОО-програмування і об'єкти досліджуваної предметної області з фізичним змістом і відповідними рівняннями динамічних процесів [4, 5]. Структурно об'єкт нагадує функціональний блок БО-мови, він також може мати n входів (X_1, \dots, X_n), має один вихід і входи для коефіцієнтів. Вихідна змінна є результатом деякої операції:

$$Y = O(X_1, X_2, \dots, X_n, a_1, a_2, \dots, a_n).$$

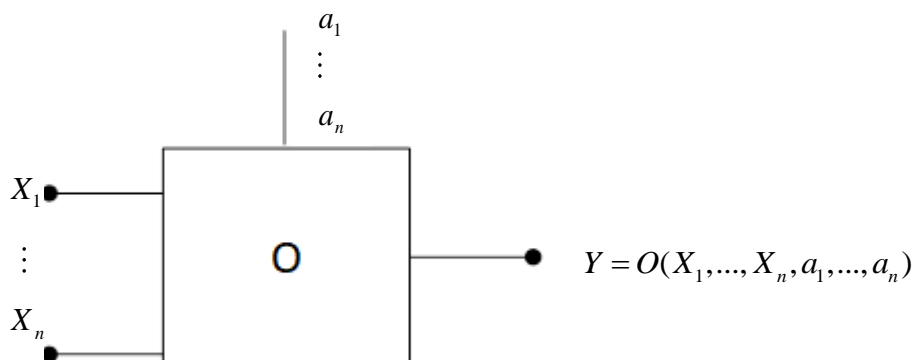


Рис. 6. Об'єкт ОО-мови моделювання

Специфікація ОО-симулятора виконується у вигляді структури об'єктів, що виконують математичні операції, необхідні для розв'язання системи рівнянь Simulation-моделі. ОО-підхід розширює можливості побудови симуляторів за рахунок маніпуляцій з об'єктами за принципами об'єктно орієнтованого програмування, а саме – спадкування, поліморфізм, зв'язок між об'єктами за допомогою відправки повідомлень, динамічна прив'язка та ін. Так, спадкування дозволяє будувати багаторівневі ієрархічні структури об'єктів, які відповідають моделям складних динамічних систем. Також завдяки спадкуванню, поліморфізму та зв'язку між об'єктами за допомогою відправки повідомлень можлива реплікація об'єктів та їх структур, щоб пришвидшити обмін даними за рахунок паралельної організації передачі/прийому. Завдяки цьому ОО-підхід дозволяє наблизити специфікацію симулятора до структури динамічної системи, що підлягає моделюванню. Так, об'єкти ОО-мови можуть структурно і функціонально відображати гілки графа МДОЗП (рис. 7). Якщо об'єкту ОО-мови (рис. 6) поставити у відповідність МІМД-процес (рис. 4), то виявиться аналогія між принципами дії послідовного ОО-симулятора і його можливою МІМД-реалізацією (рис. 8): ОО-принцип розв'язання системи рівнянь відповідає паралелізму МІМД і може розглядатися як віртуальне призначення «об'єкт – процес».

Оператор рівняння-орієнтованої (РО) мови моделювання [6] (рис. 9), який реалізується програмно, є аналогією МІМД-процесу: оператор може мати n входів, вихідна змінна є результатом операції ОР

$$Y = OP(X_1, X_2, \dots, X_n).$$

Специфікація симулятора РО-мовою ACSL [6] – це текст програми з синтаксисом мови FORTRAN, іменами і діями використовуваних операторів.

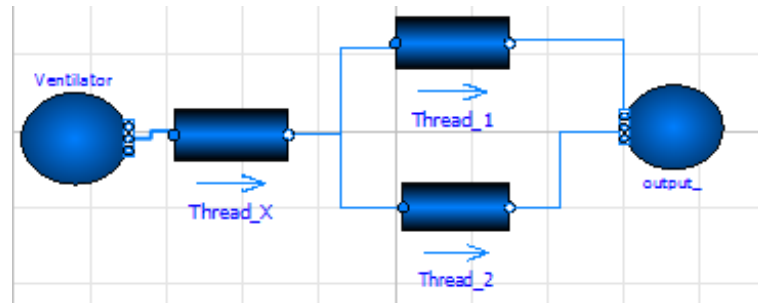


Рис. 7. Об'єктно-орієнтована модель розв'язання системи рівнянь (2), ОО-симулятор

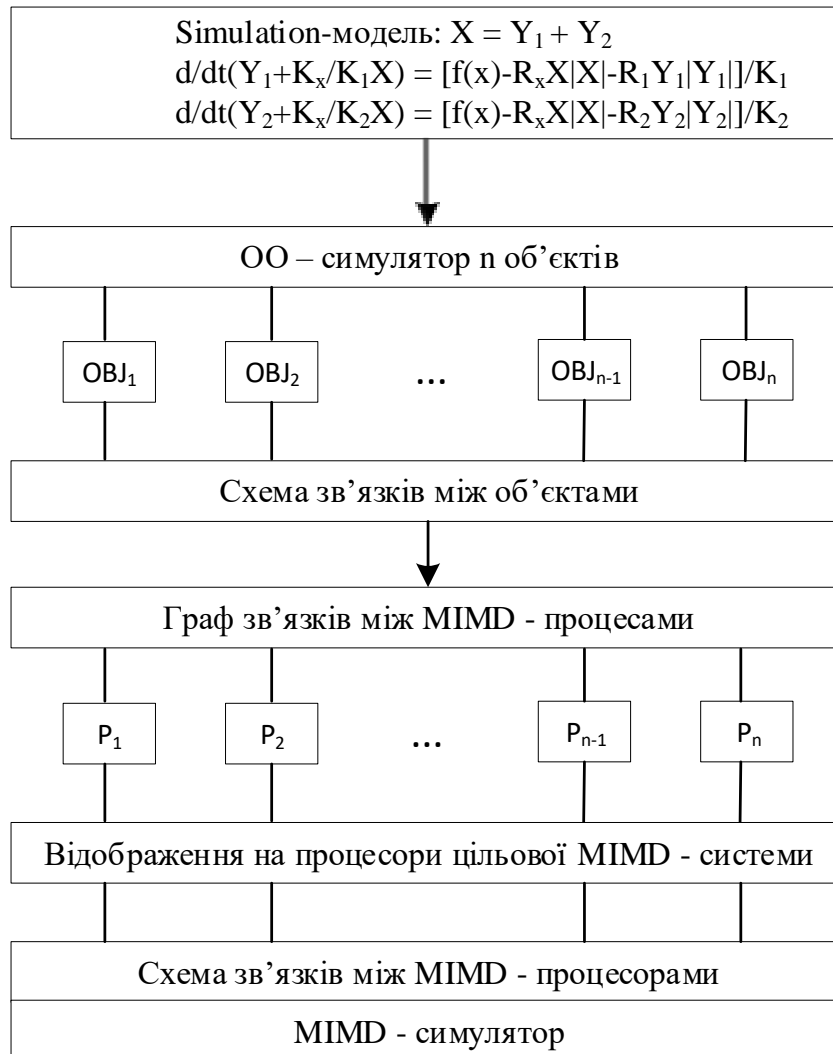


Рис. 8. MIMD-паралельність і ОО-принцип розв'язання рівнянь

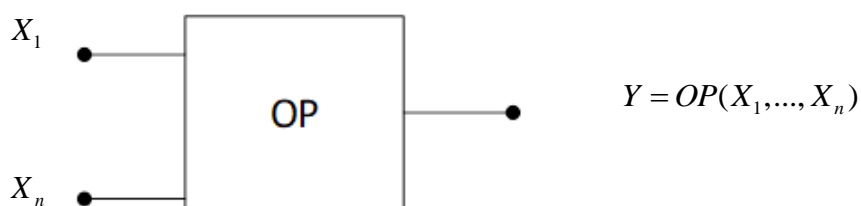


Рис. 9. Оператор РО-мови моделювання

Оператори РО-мови за об'ємами обчислень суттєво менші, ніж блоки БО-мови і об'єкти ОО-мови. Цим об'ємам можуть відповідати MIMD-процеси мінімальної гранулярності, і РО-специфікація трансформується в віртуальний MIMD-симулятор з кількістю процесів, що суттєво перевищує кількість процесорів цільових MIMD-систем.

Віртуальним паралельним MIMD-симулятором назвемо структуру MIMD-процесів, яка будується на основі розглянутих аналогій між БО-, ОО- та РО-специфікаціями і MIMD-паралельністю за співвідношеннями «блок – процес», «об'єкт – процес» та «оператор – процес». Пропонується наступний підхід до трансформації БО-специфікації в віртуальну структуру MIMD-процесів.

Хай послідовний БО-симулятор динамічної системи складається з n блоків, яким в MIMD-симуляторі мають відповідати n процесів-аналогів.

Введемо вектор з'єднань для процесу T_i :

$$VST_i = (S_{i1}T_1S_{i2}T_2\dots S_{ik}T_k\dots S_{in}T_n), \quad (3)$$

де i – номер процесу, $i = 1, 2, \dots, n$; S_{ik} – параметр комутації: $S_{ik} = 1$ – якщо є зв'язок між процесами $T_i \leftrightarrow T_k$ і $S_{ik} = 0$ – якщо зв'язок $T_i \leftrightarrow T_k$ відсутній. У випадку $k=i$ маємо $S_{ii} = 1$, тому що проміжний результат i -процесу використовується в ньому для подальших розрахунків. Вектор VST_i характеризує віртуальний процес T_i : один вихід і n входів, на які по S_{ij} підключені виходи інших процесів. Множина векторів VST_i для загальної структури БО-симулятора має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} VST_1 = (S_{11}T_1S_{12}T_2\dots S_{1k}T_k\dots S_{1n}T_n) \\ VST_2 = (S_{21}T_1S_{22}T_2\dots S_{2k}T_k\dots S_{2n}T_n) \\ \dots \\ VST_k = (S_{k1}T_1S_{k2}T_2\dots S_{kk}T_k\dots S_{kn}T_n) \\ \dots \\ VST_n = (S_{n1}T_1S_{n2}T_2\dots S_{nk}T_k\dots S_{nn}T_n) \end{array} \right. \quad (4)$$

Simulation-модель досліджуваної динамічної системи описується системою рівнянь, кожне з яких є неявною функцією, що визначає невідому змінну і розв'язується відповідним блоком та по аналогії – MIMD-процесом T_i . Ця змінна $VART_i$, будучи вихідною величиною процесу T_i , є результатом певної операції над множиною змінних, що подаються на входи процесу T_i згідно з рівняннями Simulation-моделі. В загальному випадку змінні $VART_k$ є вихідними величинами всіх інших процесів, тому віртуальна специфікація MIMD-симулятора зі всіма можливими зв'язками між процесами є наступною множиною змінних:

$$\left\{ \begin{array}{l} VART_1 = FUNT_1(S_{11}VART_1S_{12}VART_2\dots S_{1n}VART_n) \\ VART_2 = FUNT_2(S_{21}VART_1S_{22}VART_2\dots S_{2n}VART_n) \\ \dots \\ VART_k = FUNT_k(S_{k1}VART_1S_{k2}VART_2\dots S_{kn}VART_n) \\ \dots \\ VART_n = FUNT_n(S_{n1}VART_1S_{n2}VART_2\dots S_{nn}VART_n) \end{array} \right. \quad (5)$$

де $VART_i$ – вихідні результуючі змінні процесів T_i , $i = 1, 2, \dots, n$; $FUNT_i$ – операції процесів T_i над вхідними змінними, що подаються з виходів всіх інших процесів-учасників розв’язання системи рівнянь Simulation-моделі.

Для подальших дій з трансформації специфікацій знадобиться віртуальна матриця комутацій

$$KM = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1(n-1)} & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2(n-1)} & S_{2n} \\ & & \vdots & & \\ S_{k1} & S_{k2} & \cdots & S_{k(n-1)} & S_{kn} \\ & & \vdots & & \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{n(n-1)} & S_{nn} \end{pmatrix} \quad (6)$$

яка формально описує всі зв’язки між блоками БО-симулятора і між процесами MIMD-симулятора. Матриця $MZM=KM*DT$ стану симулятора отримується як результат операції:

$$MZM = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1(n-1)} & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2(n-1)} & S_{2n} \\ & & \vdots & & \\ S_{k1} & S_{k2} & \cdots & S_{k(n-1)} & S_{kn} \\ & & \vdots & & \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{n(n-1)} & S_{nn} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} T_1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & T_2 & \cdots & 0 & 0 \\ & & \vdots & & \\ 0 & 0 & \cdots & T_k & 0 \\ & & \vdots & & \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & T_n \end{pmatrix}. \quad (7)$$

Тут DT – це діагональна матриця процесів. Формальні засоби (3) ... (7) можуть використовуватись і для трансформації OO- та PO-симуляторів в відповідні віртуальні MIMD-симулятори.

Девіртуалізація – це перетворення специфікацій віртуальних MIMD-симуляторів, що однозначно визначає реалізацію симуляторів на заданій цільовій паралельній обчислювальній системі (ЦПОС) і потребує вирішення наступних основних теоретичних і практичних задач:

- розробка програм MIMD-процесів, що є аналогами блоків, об’єктів і операторів розглянутих мов моделювання. Основним елементом, що визначає ефективність розв’язання систем диференціальних рівнянь в мовах моделювання (швидкодія, точність, збіжність, стійкість, здатність вирішувати жорсткі системи тощо), є інтегратор, в якому програмно реалізуються обчислювальні методи. Аналіз показує, що в MIMD-симуляторах доцільно реалізувати інтегратори на основі паралельних блокових обчислювальних методів, які мають суттєві переваги над відомими послідовними методами [7]. Це дозволить також інтегруватись з підсистемою вирішувачів рівнянь розподіленого паралельного моделюючого середовища (РПМС) [1, 7];

- синтез віртуальних комутаторів зв’язку між MIMD-процесами-аналогами за БО-, OO-, PO-специфікаціями та їх відображення в реальних системах зв’язку ЦПОС з використанням функцій обміну повідомленнями MPI- та OpenMP-бібліотек;

- апріорний аналіз специфікацій віртуальних MIMD-симуляторів з врахуванням синтезованих комутаторів на відповідність наступним критеріям: рівномірність завантаження MIMD-процесів; мінімізація обсягів обміну даними між збалансованими по завантаженості MIMD-процесами; наявність очікуваного прискорення паралельної реалізації Simulation-моделей в порівнянні з послідовними симуляторами; можливість реалізації в ЦПОС за принципом «процес-процесор»;

- пропозиції щодо трансформації БО-, ОО-, РО-специфікацій з врахуванням результатів апіорного аналізу та можливих підходів до розпаралелювання й рівнів паралельності віртуальних Simulation-моделей предметної області;
- архітектурно релевантна програмна імплементація;
- інтеграція з функціональними підсистемами РПМС [1, 8].

Висновки

Зростаючі вимоги предметних областей до методів і засобів моделювання складних динамічних систем з зосередженими (СДСЗП) і розподіленими (СДСРП) параметрами стимулюють застосування високопродуктивних паралельних комп'ютерів існуючих і майбутніх MIMD-архітектур та викликають нові теоретичні та практичні проблеми технологій паралельного моделювання (ParSimTech-проблематика). Одним із аспектів проблеми дружності паралельних обчислювальних систем до експертів предметних областей є перехід від програмування паралельних симуляторів до їх побудови засобами мов моделювання. Запропонована концепція розробки мов паралельного моделювання базується на аналогії між MIMD-процесами та основними функціональними елементами послідовних мов моделювання. Реалізація концепції є перспективним напрямком розробок і досліджень в області паралельного моделювання СДСЗП, СДСРП.

Список літератури

1. Feldmann, L.P. Software-Architektur für parallele Simulationsumgebungen. Plenarvortrag am ASIM'2014-Symposium Simulationstechnik / L.P. Feldmann, M. Resch, V.A. Svjatnyj, M. Zeitz. - Tagungsband. - Pp.3-7.
2. Schmidt, B. Simulationssysteme der 5. Generation / B. Schmidt, 1994. - Pp. 5-6.
3. Angermann, A. Matlab-Simulink-Stateflow / A. Angermann, M. Beuschel, M. Rau, U. Wohlfarth. - München, 2009.
4. Modelica – A Unified Object-Oriented Language for Physical Systems Modeling. Language Specification. Version 2.0, 2002.
5. Åkesson, J. Implementation of a Modelica compiler using JastAdd attribute grammars. Science of Computer Programming 75 / J. Åkesson, T. Ekmanb, G. Hedinc, 2010. - Pp. 21–38.
6. Advanced Continuous Simulation Language (ACSL). Reference Manuel, 4th Edition. Mitchel and Gauthier Associates. - Concord, 1986.
7. Kushnarenko, V. Zur Entwicklung des Gleichungslösersubsystems der verteilten parallelen Simulationsumgebung. ASIM'2014 / V. Kushnarenko, M. Resch, V. Svjatnyj, S. Wesner, - Berlin, 2014. - Pp. 357-363.
8. Svjatnyj, V. Dekomposition der verteilten parallelen Simulationsumgebung / V. Svjatnyj, V. Kushnarenko, V. Shcherbakov, M. Resch // Проблеми моделювання й автоматизованого проектування, 2012. – №1(10)-2(11). – Pp. 227-234.

MIMD-SIMULATORS BASED ON PARALLEL SIMULATIONS LANGUAGE

V.A. Svjatnyj, A.S. Liubymov, O.M. Miroshkin, V.G. Kushnarenko

Donetsk national technical university,

2, Shybankova Square, Pokrovsk, 85300, Ukraine; e-mail: vsvjatnyj@gmail.com

University Ulm,

16, Helmholtstraße, Ulm, 89081, Germany; e-mail: volodymyr.kushnarenko@uni-ulm.de

The analysis of the stages and available simulation tools of complex dynamic systems (CDS) showed that modern parallel tools lag behind the level of service from sequential block, equation and object-oriented (BO, EO, OO) simulation languages: MIMD simulators are forced developers work at the programming language level. The concept of developing parallel modeling languages based on the analogy between the principles of the functioning

of consecutive languages and MIMD-parallelism is proposed. The solution of the systems of equations in the sequential language corresponds to MIMD-parallelism and can be interpreted as a virtual assignment "Functional language element - the MIMD-process". The transformation of the BO-specification of the simulation-model of CDS into the structure of MIMD-processes is shown on the example of a network dynamic object model with lumped parameters (NDOLP). It was defined that the principle of solving of systems of equations by BO-language corresponds to MIMD-parallelism. To each block of the BO-language was assigned a MIMD-process that accurately performs block operations, also was obtained set of processes, that are connected by a communication graph, which is synthesized on the base of the connection scheme between the outputs and inputs of the BO-simulator blocks. The transformation of the specifications of BO-, EO- and OO-simulators into virtual parallel MIMD-simulators is proposed. A virtual matrix of commutations was entered, which formally describes all the relationships between the processes of the MIMD-simulator that correspond to the functional elements of sequential languages. De-virtualization is defined as the process of transforming the specifications of virtual MIMD-simulators, which uniquely provides the implementation of simulators on a given objective parallel computing system, the main theoretical and practical tasks of this process was formulated.

Keywords: complex dynamic system, Simulation-model, modeling language, functional block, MIMD-simulator, MIMD-process, de-virtualization.

MIMD-СИМУЛЯТОРЫ НА ОСНОВЕ ЯЗЫКОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В.А. Святный, А.С. Любимов, А.Н. Мирошкин, В.Г. Кушнарченко

Донецкий национальный технический университет,
пл. Шибанкова, 2, Покровск, 85300, Украина; e-mail: vsvjatnyj@gmail.com

Университет Ульм,
Хелмхолтштрассе, 16, Ульм, 89081, Германия; e-mail:
volodymyr.kushnarenko@uni-ulm.de

Анализ этапов и существующих средств моделирования сложных динамических систем (СДС) показал, что современные параллельные средства отстают по уровню сервиса от последовательных блочно-, уравнения- и объектно-ориентированных (БО, УО, ОО) языков моделирования: разработчики MIMD-симуляторов вынуждены работать на уровне языков программирования. Предложена концепция разработки языков параллельного моделирования на основе аналогии между принципами функционирования последовательных языков и MIMD-параллельностью. Решение системы уравнений последовательным языком соответствует MIMD-параллелизму и может интерпретироваться как виртуальное назначение «Функциональный элемент языка – MIMD-процесс». Показана трансформация БО-спецификации Simulation-модели СДС в структуру MIMD-процессов на примере модели сетевого динамического объекта с сосредоточенными параметрами (СДОСП). Выявлена аналогия между схемами решения систем уравнений средствами БО-языка и MIMD-параллелизмом. Каждому блоку БО-языка назначен MIMD-процесс, выполняющий операции блока, получено множество процессов, связываемых между собой коммуникационным графом, который синтезируется на основе схемы соединений между выходами и входами блоков БО-симулятора. Предложена трансформация спецификаций БО-, УО- и ОО-симуляторов в виртуальные параллельные MIMD-симуляторы. Введена виртуальная матрица коммутации, которая формально описывает все связи между процессами MIMD-симулятора, соответствующие функциональным элементам последовательных языков. Определена девиртуализация как процесс преобразования спецификаций виртуальных MIMD-симуляторов, однозначно обеспечивающий реализацию симуляторов на заданной целевой параллельной вычислительной системе, сформулированы основные теоретические и практические задачи этого процесса.

Ключевые слова: сложная динамическая система, Simulation-модель, языки моделирования, функциональный блок, MIMD-симулятор, MIMD-процесс, девиртуализация.

**ПРОГРАММНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОСТРОЕНИЯ
МОДЕЛИ ОЦЕНОК РИСКА ОТКАЗОВ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ****В.В. Вычужанин, Н.Д. Рудниченко, А.В. Вычужанин, М.А. Юрченко**Одесский национальный политехнический университет,
просп. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина; e-mail: 126.ist.onpu@gmail.com

На основании метода оценок риска отказов при эксплуатации взаимосвязанных и взаимозависимых компонентов сложных технических систем на примере двигателей транспортных средств разработан алгоритм определения риска отказов в зависимости от степени влияния компонентов систем, а также когнитивно-имитационная модель для их исследования. Исследование сложной технической системы произведено в разработанном программном комплексе на основе использования кроссплатформенного языка Python. Для представления исходных данных при моделировании в когнитивно-имитационной модели сложной технической системы применен формат JSON. Для автоматизации построения когнитивной модели оценок риска отказов двигателей транспортных средств разработано кроссплатформенное программное приложение на языке программирования Java, графического фреймворка JavaFX и языке разметки XML. В целях поддержки принятия решений по оценкам риска отказов двигателей транспортных средств по априорным и апостериорным данным предлагается использовать метод, основанный на динамических байесовских сетях доверия. Процесс моделирования для оценок степени влияния компонентов сложной технической системы на риск отказов осуществляется в соответствии с алгоритмом процесса моделирования условий эксплуатации двигателей транспортных средств. При построении когнитивной модели системы осуществляется логирование выполнения операций с фиксацией даты и времени начала и завершения каждого процесса, а также формируется отчет, содержащий комплексное значение износа двигателя, интегральное значение риска потери работоспособности. Для автоматизации построения модели оценок риска отказов сложных технических систем разработано программное приложение. Созданный программный продукт позволяет обеспечить гибкость взаимодействия пользователя с модулем системы поддержки принятия решений, имплементирующей разработанные методы и модели оценки и прогнозирования технического состояния двигателей транспортных средств. Запуск разработанного приложения позволяет пользователю осуществить выбор режима работы (ручной – позволяет осуществить оценку параметров пошаговым образом, вводя для выбранной системы требуемые данные вручную, автоматический – активирует автоматическую обработку данных).

Ключевые слова: сложная техническая система, двигатель транспортного средства, риск отказов, когнитивно-имитационная модель, поддержка принятия решений, программное приложение, прогнозирование технического состояния.

Введение

Сложные технические системы (СТС), функционирующие в различных режимах [1], являются неотъемлемой составной частью средств транспорта. Своевременная и качественная диагностика СТС обеспечивает повышение их надежности [2]. Эффективность систем зависит от возможности заблаговременной оценки риска отказов, прогнозирования степени их безопасности в заданном эксплуатационном периоде, поддержки принятия решений при поиске причин отказов компонентов систем [3-10].

Несмотря на высокий уровень разработок, направленных на повышение эффективности эксплуатации СТС, имеется ряд нерешенных задач. Это связано с необходимостью учета высокой сложности и разнородности компонентов СТС,

обслуживающих их функционально-взаимосвязанных и взаимодействующих систем, многообразия информации для построения моделей оценок риска отказов при диагностировании и прогнозировании их технического состояния, учете многочисленных параметров и характеристик систем, требующих разработки программных приложений для автоматизации построения модели оценок риска отказов СТС.

Проблемы, связанные с эффективностью эксплуатации СТС, а именно, прогнозирование вероятности безотказной работы, оценки риска отказов, заставляют искать новые методы решения подобных задач. Такие задачи могут быть решены с использованием математического моделирования, при помощи разработки методов оценок риска отказов СТС, их алгоритмов, реализованных в виде комплексов проблемно-ориентированных программ.

Актуальность оценок риска отказов СТС при их эксплуатации обусловлена причинами: сложность взаимосвязанных компонентов систем; необходимость учета взаимодействия систем и компонентов; невозможность получения полной исходной информации о возможных воздействиях и особенностях поведения СТС, необходимость учета случайных и неопределенных факторов; необходимость разработки программного приложения для автоматизации построения модели оценок риска отказов систем.

Цель работы

Целью работы является разработка программного приложения для автоматизации построения модели оценок риска отказов СТС.

Основная часть

Алгоритм определения риска отказов. На основании метода оценок риска отказов при эксплуатации взаимосвязанных и взаимозависимых компонентов СТС [6,9] разработан алгоритм определения риска отказов в зависимости от степени влияния компонентов СТС, а также когнитивно-имитационная модель (КИМ) СТС для исследования систем (рис.1) [11,12]. Исследование КИМ СТС произведено в разработанном программном комплексе на основе использования кроссплатформенного языка Python. Для представления исходных данных при моделировании в КИМ СТС применен формат JSON. Для анализа результатов исследований использовались MS Office и Open Office. Процесс моделирования для оценок степени влияния компонентов СТС на риск отказов осуществляется в соответствии с алгоритмом (рис 2). Для поддержки принятия решений по оценкам риска отказов СТС по априорным и апостериорным данным, например при эксплуатации двигателей транспортных средств (ДТС) [13,14], предлагается использовать метод, основанный на динамических байесовских сетях доверия (ДБСД) [15-17]. Структура ДБСД ДТС (рис. 3). Используемые условные обозначения приведены в табл.1.

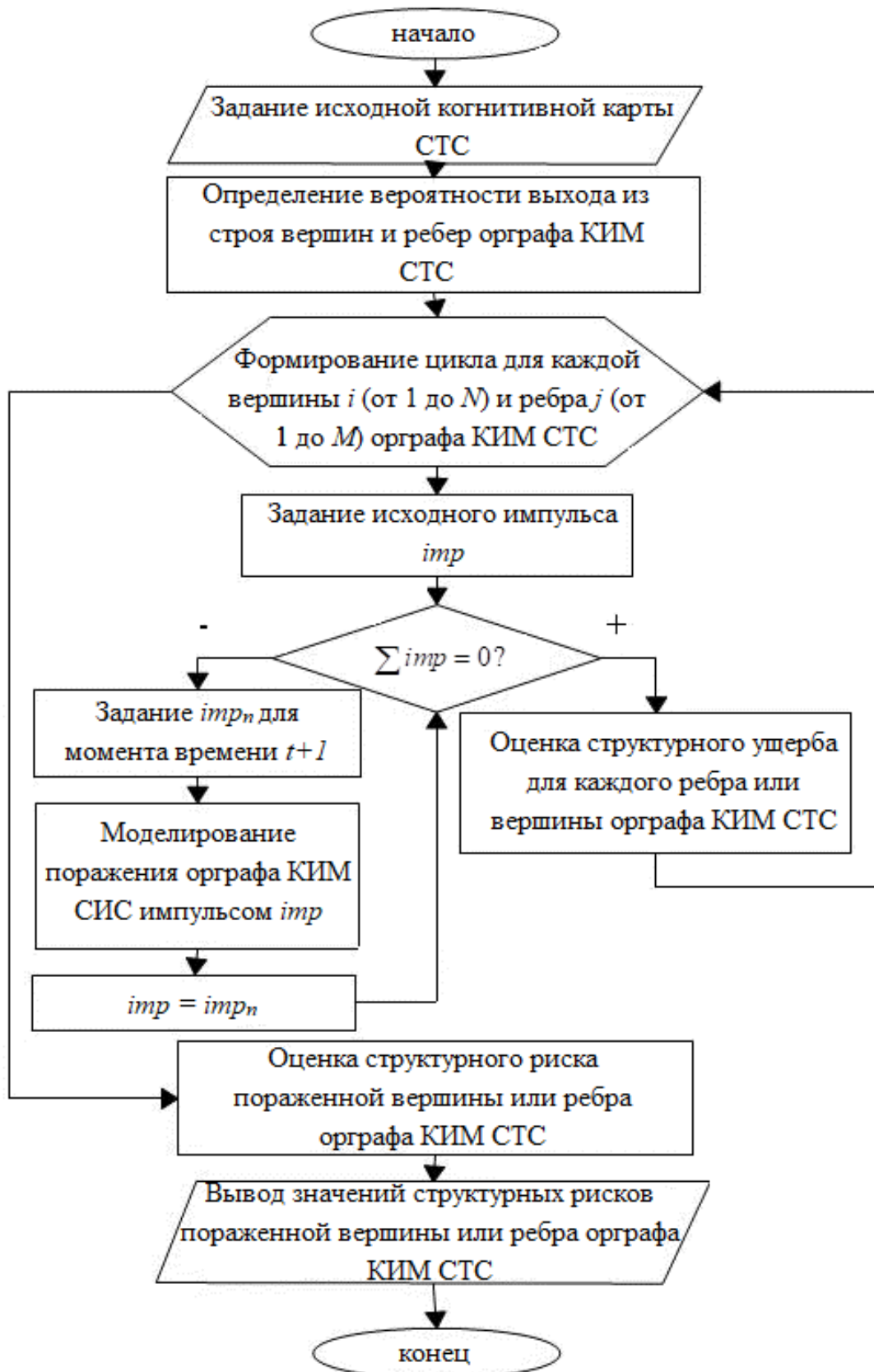


Рис. 1. Алгоритм определения риска отказов в зависимости от степени влияния компонентов КИМ СТС

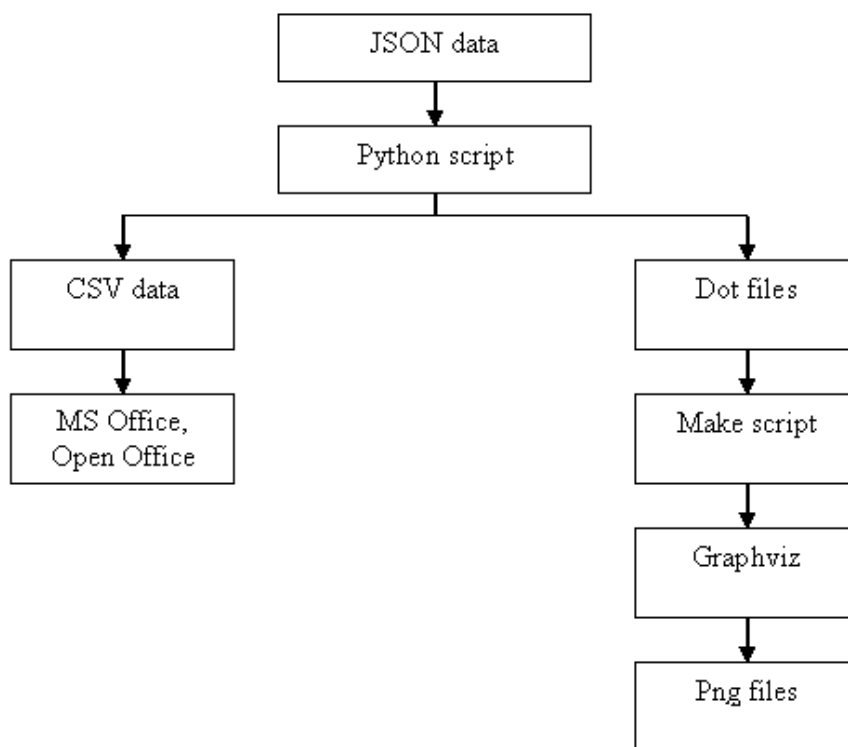


Рис. 2. Алгоритм процесу моделювання умов експлуатації ДТС

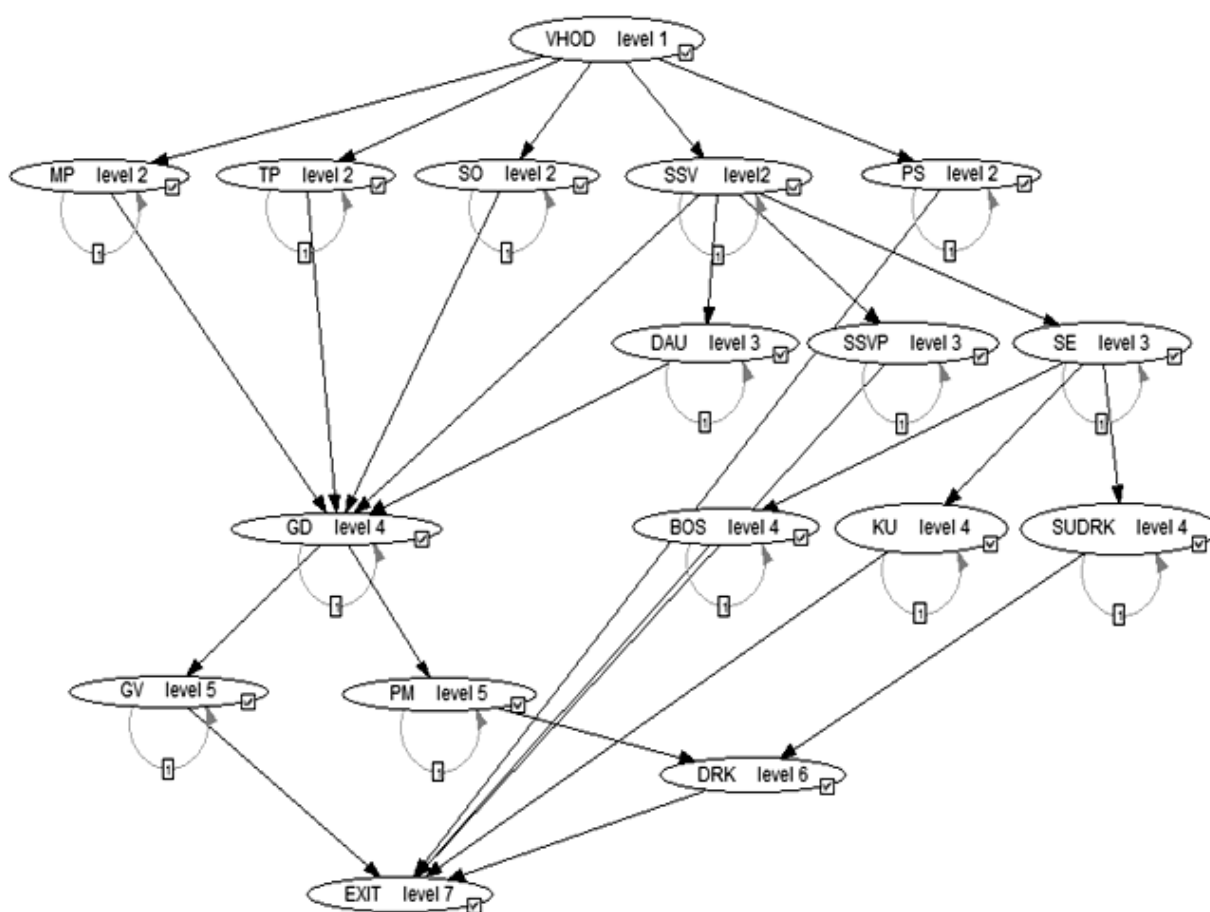


Рис. 3. Структура ДБСД ДТС

Таблица 1.

Условные обозначения элементов ДТС в ДБСД

Наименование элемента	Условное обозначение
Входной элемент	VHOD
Масляная подсистема	MP
Топливная подсистема	TP
Система охлаждения	SO
Система сжатого воздуха	SSV
Система управления движительно-рулевым комплексом	SUDR
Судовая электростанция	SE
Противопожарная система	PS
Главный двигатель	GD
Система дистанционного автоматизированного управления главного двигателя	DAU
Балластно-осушительная система	BOS
Котельная установка	KU
Передача мощности от главного двигателя к движителю	PM
Движительно-рулевой комплекс	DRK
Система санитарной водоподготовки	SSVP
Газовыпускная система	GV

Разработка кроссплатформенного программного приложения. Для автоматизации процесса построения когнитивной модели оценок риска ДТС разработано кроссплатформенное программное приложение на языке программирования Java, графического фреймворка JavaFX и языке разметки XML.

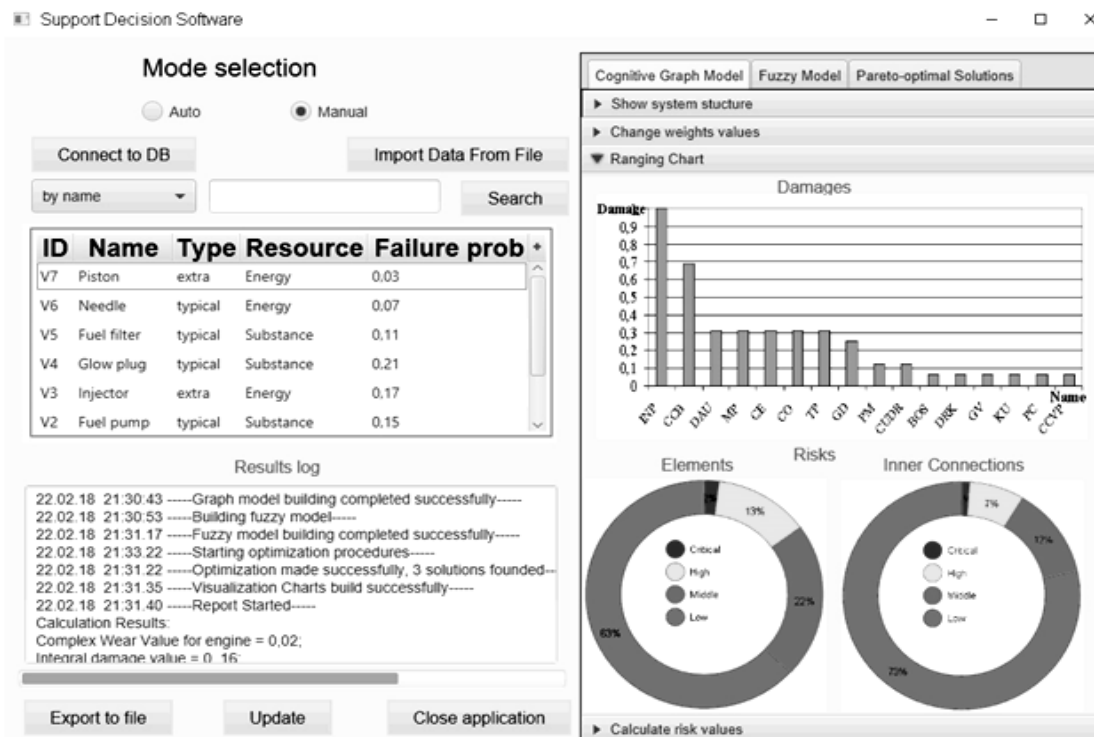


Рис. 4. Интерфейс системы поддержки принятия решений для просмотра результатов когнитивной модели ДТС в ручном режиме

После запуска разработанного приложения пользователь осуществляет выбор режима работы (ручной – позволяет проводить оценку параметров пошаговым образом, вводя для выбранной системы требуемые данные вручную, автоматический – активирует автоматическую обработку данных). В случае выбора ручного режима (рис.4) пользователь подключается к базе данных или импортирует данные из отдельного файла (поддерживаются форматы json и csv). После импорта данных в расположенной ниже таблице отображается общий набор данных: идентификационный номер элемента системы, его краткое название, тип, вид ресурса и средняя вероятность отказа элементов СТС. Поддерживаются функции сортировки по столбцам таблицы и поиска по указанному критерию имени, ID и значению вероятности выхода из строя. Расположенный в правой части формы компонент TabPane, содержит в себе компонент Accordion из 4-х позиций и реализует возможности перехода по вкладкам просмотра результатов построения когнитивной модели в виде графа (рис.5).

The screenshot displays the 'Support Decision Software' interface. On the left, the 'Mode selection' section has 'Manual' selected. Below it are buttons for 'Connect to DB' and 'Import Data From File', a search field, and a table of system components. The table has the following data:

ID	Name	Type	Resource	Failure prob
V7	Piston	extra	Energy	0.03
V6	Needle	typical	Energy	0.07
V5	Fuel filter	typical	Substance	0.11
V4	Glow plug	typical	Substance	0.21
V3	Injector	extra	Energy	0.17
V2	Fuel pump	typical	Substance	0.15

Below the table is a 'Results log' showing a successful execution of graph model building and optimization. On the right, the 'Cognitive Graph Model' window displays a directed graph with nodes like INP, TP, CO, CCB, MP, DAU, CCVP, CE, GD, BOS, KU, GV, PM, CUDR, and DR. The graph shows hierarchical and interconnected relationships between these components.

Рис. 5. Интерфейс системы поддержки принятия решений для просмотра состояний компонентов системы в виде ориентированного графа в ручном режиме

Доступны функции просмотра структуры графа модели, изменения его весовых значений, пошагового перехода по всем его состояниям, масштабирования его внешнего вида (в случае, если он содержит большое количество элементов). Для наглядной визуализации результатов оценки рисков реализованы функции построения вертикальной гистограммы ущербов для компонентов системы в выбранном состоянии модели, а также круговых диаграмм, отображающих процентное соотношение элементов и межэлементных связей, по категориям: низкий уровень риска, средний, высокий и критический (рис.6).

С помощью вкладки компонента Accordion «Calculate Risk Values» осуществляется ручной расчет значений ущербов, рисков, уровня износа и общей

эффективности функционирования для выбранного состояния конкретного компонента СТС.

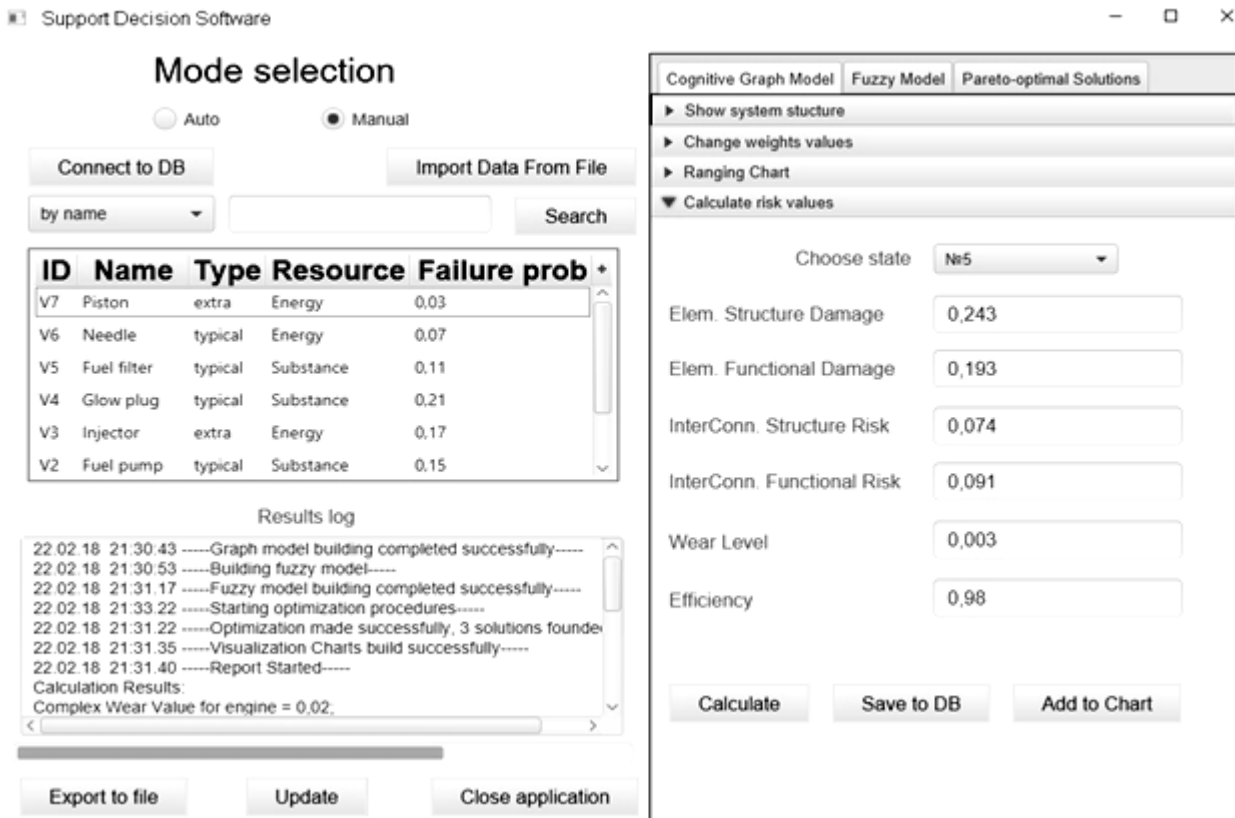


Рис. 6. Интерфейс системы поддержки принятия решений для оценки значений структурных и функциональных ущербов и рисков системы в ручном режиме

В процессе построения когнитивной модели системы осуществляется логирование выполнения операций с фиксацией даты и времени начала и завершения каждого процесса. После этого формируется отчет, содержащий комплексное значение износа двигателя, интегральное значение риска потери работоспособности. Полученный отчет лога может быть экспортирован в отдельный файл в формате pdf или csv.

Выводы

Разработанное программное приложение для автоматизации построения модели оценок риска отказов сложных технических систем на примере двигателей транспортных средств позволяет обеспечить гибкость взаимодействия пользователя с модулем системы поддержки принятия решений, имплементирующей разработанные методы и модели оценок риска отказов и прогнозирования технического состояния двигателей транспортных средств.

Список литературы

1. Вычужанин, В.В. Математические модели нестационарных режимов воздухообработки в центральной СКВ/ В.В. Вычужанин // Вісник Одеського нац. морського ун-ту: Зб. наук. праць. – Одеса, 2007. – № 23. – С. 172-185.

2. Половко, А. М. Основы теории надежности / А. М. Половко, С. В. Гуров. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.
3. Klein, J. H. An approach to technical risk assessment / J. H. Klein, R. B. Cork // *International Journal of Project Management*, 1998. – №16 (6). – P. 345-351.
4. Kertzner, P. Process Control System Security Technical Risk Assessment Methodology & Technical Implementation / P. Kertzner, J. Watters // *Research Report*, 2008. – № 13. – 47 p.
5. Vychuzhanin V.V. Assessment of risks structurally and functionally complex technical systems / V.V. Vychuzhanin, N.D. Rudnichenko // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2014. – №2. – С. 18-22.
6. Вычужанин В.В. Технические риски сложных комплексов функционально взаимосвязанных структурных компонентов судовых энергетических установок/ В.В.Вычужанин, Н.Д. Рудниченко // *Вісник Одеського національного морського університету, збірник наукових праць*, 2014. – №2(40) . – С. 68 – 77.
7. O'Neill John *Technical Risk Assessment: a Practitioner's Guide* / John O'Neill, Nitin Thakur, Alan Duus. – Australia, 2007. – 29 p.
8. Kertzner, P. Process Control System Security Technical Risk Assessment Methodology & Technical Implementation / P. Kertzner, J. Watters, D. Bodeau // *Research Report*. – 2008. – № 13. – 47 p.
9. Vychuzhanin, V. Devising a method for the estimation and prediction of technical condition of ship complex systems / V. Vychuzhanin, N. Rudnichenko, V. Boyko, N. Shibaeva // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2016. – №6/9. – Pp. 4-11.
10. Вычужанин, В.В. Оценки структурного и функционального рисков сложных технических систем / В.В. Вычужанин, Н.Д. Рудниченко // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Інформаційні технології. Системи управління*, 2014. – Том 1. – № 2(67). – С. 18-22.
11. Рудниченко, Н.Д. Информационная когнитивная модель технологической взаимозависимости сложных технических систем / Н.Д. Рудниченко, В.В. Вычужанин // *Информатика и математические методы в моделировании*, 2013. – №3. – С. 240–247.
12. Beetz, M. Cognitive technical systems — what is the role of artificial intelligence / M. Beetz, M. Buss, D. Wollherr // *Advances in Artificial Intelligence*, 2007. – P. 19 – 42.
13. Andersen B.A *Diagnostic System for Remote Real-Time Monitoring of Marine Diesel-Electric Propulsion Systems* / B. Andersen – Leipzig, 2011. – 45 p.
14. Krarowski R. Diagnosis modern systems of marine diesel engine /Rafal Krarowski // *Journal of KONES Powertrain and Transport*, 2014. – Pp. 191-198.
15. Дорожко И. В. Оценка надежности структурно сложных технических комплексов с помощью моделей байесовских сетей доверия в среде GeNIe / И. В. Дорожко, А. Г. Тарасов // *Intellectual Technologies on Transport*, 2015. – № 3. – С. 36-45.
16. Тулупьев А. Л. Байесовские сети доверия: логико-вероятностный вывод в ациклических направленных графах / А. Л. Тулупьев, А. В. Сироткин, С. И. Николенко. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2009. – 400 с.
17. Jensen, F.V. *Bayesian Networks and Decision Graphs* / F.V. Jensen T.D. Nielsen. – Berlin: Springer, 2007. – 457 p.

ПРОГРАМНИЙ ДОДАТОК ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ ОЦЕНОК РИЗИКУ ВІДМОВ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

В.В. Вичужанин, Н.Д. Рудніченко, А.В. Вичужанин, М.О. Юрченко

Одеський національний політехнічний університет,
проспект Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна; e-mail: 126.ist.onpu@gmail.com

На підставі методу оцінок ризику відмов при експлуатації взаємопов'язаних і взаємозалежних компонентів складних технічних систем на прикладі двигунів транспортних засобів розроблен алгоритм визначення ризику відмов в залежності від ступеня впливу компонентів систем, а також когнітивно-імітаційна модель для їх дослідження. Дослідження складної технічної системи вироблено в розробленому програмному комплексі на основі використання кроссплатформенного мови Python. Для представлення вихідних даних при моделюванні в когнітивно-імітаційній моделі складної технічної системи застосований формат JSON. Для автоматизації побудови когнітивної моделі оцінок ризику відмов двигунів транспортних засобів розроблено

кроссплатформне програмний додаток на мові програмування Java, графічного фреймворка JavaFX і мовою розмітки XML. З метою підтримки прийняття рішень за оцінками ризику відмов двигунів транспортних засобів по апіорним і апостеріорного даними пропонується використовувати метод, заснований на динамічних байесовських мережах довіри. Процес моделювання для оцінок ступеня впливу компонентів складної технічної системи на ризик відмов здійснюється відповідно до алгоритму процесу моделювання умов експлуатації двигунів транспортних засобів. При побудові когнітивної моделі системи здійснюється логирование виконання операцій з фіксацією дати і часу початку і завершення кожного процесу, а також формується звіт, що містить комплексне значення зносу двигуна, інтегральне значення ризику втрати працездатності. Для автоматизації побудови моделі оцінок ризику відмов складних технічних систем розроблено програмний додаток. Створений програмний продукт дозволяє забезпечити гнучкість взаємодії користувача з модулем системи підтримки прийняття рішень, що імплементують розроблені методи і моделі оцінки та прогнозування технічного стану двигунів транспортних засобів. Запуск розробленого додатка дозволяє користувачу здійснити вибір режиму роботи (ручний - дозволяє здійснити оцінку параметрів покроковим чином, вводячи для обраної системи необхідні дані вручну, автоматичний - активує автоматичну обробку даних).

Ключові слова: складна технічна система, двигун транспортного засобу, ризик відмов, когнітивно-імітаційна модель, підтримка прийняття рішень, програмний додаток, прогнозування технічного стану.

SOFTWARE APP FOR AUTOMATION OF BUILDING MODELS OF RISK ASSESSMENTS OF FAILURES OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

V.V. Vychuzhanin, N.D. Rudnichenko, A.V. Vychuzhanin, M.A. Yurchenko

Odessa National Polytechnic University,
Shevchenko Avenue, 1, Odessa, 65044, Ukraine; e-mail: 126.ist.onpu@gmail.com

Based on the method of assessing the risk of failures in the operation of interrelated and interdependent components of complex technical systems, an example of vehicle engines is developed to determine the risk of failures depending on the degree of influence of the components of the systems, as well as a cognitive-simulation model for studying them. The study of a complex technical system was carried out in the developed software package based on the use of the cross-platform language Python. The JSON format is used to represent the initial data when modeling in a cognitive-imitation model of a complex technical system. To automate the construction of a cognitive model for assessing the risk of vehicle engine failures, a cross-platform software application has been developed in the Java programming language, the JavaFX graphical framework and the XML markup language. In order to support decision-making on estimates of the risk of vehicle engine failures using a priori and a posteriori data, it is proposed to use a method based on dynamic Bayesian networks of trust. The modeling process for assessing the degree of influence of components of a complex technical system on the risk of failures is carried out in accordance with the algorithm of the process for modeling the operating conditions of the engines of vehicles. When building a cognitive model of the system, the logging of operations with fixing the date and time of the beginning and completion of each process is carried out, and a report is generated containing the complex value of engine wear, the integral value of the risk of loss of efficiency. To automate the construction of a model for assessing the risk of failure of complex technical systems, a software application has been developed. The created software product allows the flexibility of user interaction with the decision support system module, implementing the developed methods and models for assessing and predicting the technical condition of vehicle engines. Launching the developed application allows the user to select the operation mode (manual — allows parameters to be estimated in a step-by-step manner, entering the required data manually for the selected system, automatic — activates automatic data processing).

Keywords: complex technical system, vehicle engine, risk of failures, cognitive-imitation model, decision support, software application, technical condition prediction.

**ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ****В.А. Хорошко, Ю.Е. Хохлачева, М.Е. Шелест**

Национальный авиационный университет,
просп. Космонавта Комарова, 1, Киев, 03058, Украина; e-mail: professor_va@ukr.net,
hohlachova@gmail.com, mishel3141@gmail.com

Обоснованность является фундаментальным понятием теории принятия решения и характеризует его качество. В отличие от оперативности, определяемой физически очевидными и непосредственно измеримыми значениями продолжительности этапов управления, обоснованность – сложное и гораздо менее исследуемое понятие. В статье приведены рекомендации и выражения, которые позволяют как лицу, принимающему решение, так и системе поддержки принятия решения провести оценку обоснованности и рассчитать время эффективности процессов принятия решений. Учитывая, что системы поддержки принятия решений представляют собой комплекс технических средств (программного и аппаратного обеспечения), предназначенного для выполнения функций специалистов в ситуациях, требующих принятия обоснованных и квалифицированных решений как в обычных, так и в экстремальных и нестандартных условиях, при разработке систем поддержки принятия решений основной целью является создание программ (устройств), которые при решении задач, трудных для специалиста, достигают обоснованности, качества и эффективности решений, предлагаемых системой, а окончательное решение принимает специалист и несет полную ответственность за последствия от его реализации. Целью является рассмотрение возможных методических приемов к оценке обоснованности и предоставление их сравнительной оценки, а также получение выражения для расчета временной эффективности процессов поддержки принятия решений с помощью усеченных процедур. При организации диалога, как правило, отображаются все возможные варианты решения и соответствующие им функции принадлежности, что стимулирует аналитические возможности лица, принимающего решение, при принятии решения и не ограничивает его инициативу.

Ключевые слова: системы поддержки принятия решений, оценка времени принятия решений, эффективность процессов поддержки принятия решений.

Введение

Обоснованность является фундаментальным понятием теории принятия решения и характеризует его качество. В теоретическом плане обоснованность определяется полнотой и достоверностью исходных данных, глубиной научного познания закономерностей управляемых процессов, качеством математических моделей, используемых при выработке решений, и индивидуальными особенностями конкретного лица, принимающего решение (ЛПР), – опытом, интуицией, знаниями и т.д.

В отличие от оперативности, определяемой физически очевидными и непосредственно измеримыми значениями продолжительности этапов управления, обоснованность – сложное и гораздо менее исследуемое понятие. Особое практическое значение приобретает оценка обоснованности в системах поддержки принятия решений (СППР), в которых система формирует возможные варианты решений, что является качественно новым уровнем автоматизации управленческих процессов. СППР развивают управленческие информационные системы до высокой степени интеллектуализации деятельности при принятии решений в проблемных ситуациях,

характеризующихся большой сложностью, неопределенностью и слабой структурированностью.

СППР представляет собой комплекс технических средств (программного и аппаратного обеспечения), предназначенного для выполнения функций специалистов в ситуациях, требующих принятия обоснованных и квалифицированных решений [1] как в обычных, так и в экстремальных и внештатных условиях. Исходя из этого при разработке СППР основной целью является создание программ (устройств), которые при решении задач, трудных для специалиста (человека), достигают обоснованности, качества и эффективности решений, предлагаемых системой, а окончательное решение принимает специалист (человек) и несет полную ответственность за последствия от его реализации. Поэтому при построении СППР обычно используют три принципа [1]:

- мощность системы вначале зависит от объема информации в базе знаний, а затем определяется используемыми в ней процедурами формирования результата, т.е. важно иметь достаточные для решаемых задач знания, а не сложные процедуры вывода решения;

- знания эксперта являются в основном эвристическими, неопределенными, правдоподобными, но не истинными. Это объясняется тем, что решаемые задачи являются трудно формализуемыми. Знания эксперта имеют субъективный характер. Часто эксперт до конца не осознает, как он решает поставленную задачу;

- в связи с трудной формализуемостью решаемых задач с эвристическим субъективным характером используемых знаний объект управления должен участвовать в непосредственном взаимодействии с СППР, протекающем в виде диалога.

Функционирование СППР можно разделить на три этапа:

- получение знаний;
- организация знаний, обеспечивающая эффективную работу системы;
- выдача знаний по запросу объекта управления.

Использование СППР имеет следующие особенности [1]:

- система применяется для решения трудных практических задач;
- качество, обоснованность и эффективность решений СППР не должны уступать решениям человека (эксперта);

- решения СППР должны быть понятны на качественном уровне;
- системы способны пополнять свои знания в ходе диалога.

С учетом всего вышесказанного очевидно, что чрезвычайно важной является оценка времени и эффективности процессов принятия решения.

Цель работы

Цель статьи – рассмотрение возможных методических приемов к оценке обоснованности и получение их сравнительной оценки, а также выражений для расчета временной эффективности процессов поддержки принятия решений с помощью усеченных процедур.

Основная часть

В настоящее время в научной литературе описываются применяемые три группы методов оценки обоснованности.

Первая группа методов базируется на апостериорной оценке обоснованности, т.е. оценке вариантов решения по их последствиям.

Значение обоснованности определяется как степень приближения формируемого варианта к оптимальному по значению критерия эффективности управляемого процесса, т.е. внешнего критерия управления [2].

В этом методе используется выражение определения обоснованности $\theta(x)$:

$$\theta(x) = 1 - [P(x_0) - P(x) / P(x_0)], \quad (1)$$

где $P(x)$ – эффективность управляемого процесса при выбранном варианте решений x ; $P(x_0)$ - максимальное значение эффективности управляемого процесса, достигаемое при выборе оптимального варианта решений x_0 .

Поскольку $P(x_0) \geq P(x)$, всегда справедливо соотношение $\theta(x) \leq 1$, причем равенство $\theta(x) = 1$ достигается только при совпадении выбранного решения с оптимальным.

Разновидностью этой группы методов является метод, базирующийся на оценке коэффициента корреляции $K(P, \theta)$ между достигнутой эффективностью управления $P(x)$ и значением обоснованности θ [2]:

$$K(P, \theta) = \frac{\{P - M(P)\} \{\theta - M(\theta)\}}{\sigma_p \sigma_\theta}, \quad (2)$$

где $M(P), M(\theta)$ - математические ожидания величин P, θ , а σ_p, σ_θ - их среднеквадратические отклонения.

Поскольку $0 \leq K(P, \theta) \leq 1$, то при оптимальном варианте решения $K(P, \theta)$ будет близким к единице.

Оценке обоснованности по внешнему критерию присущи следующие недостатки:

- необходимо знать оптимальное значение эффективности управляемого процесса $P(x_0)$. Для этого необходимо дальнейшее исследование при помощи специальных математических моделей или имитационного моделирования, что может быть сопоставимым по сложности и времени с решением основной задачи;

- в этой группе методов не учитывается неполнота и неточность информации об объекте управления и внешних условиях, что часто приводит к появлению не одного, а множества (области) оптимальных решений. Поэтому любое определение обоснованности решения должно строиться с учетом неопределенности исходных данных.

Вторую группу методов представляют вариантные методы. В вариантном методе [3] лицо, принимающее решение, в процессе обоснования анализирует ряд вариантов на области допустимых значений. В зависимости от степени неопределенности, которая обычно содержится в исходных данных и часто зависит от индивидуальных человеческих особенностей, ЛПР определяет число вариантов $m_{зад}$, которое он считает целесообразным проанализировать для обоснования решения. Фактическое число рассмотренных вариантов m в зависимости от ресурсов и времени для принятия решения может оказаться меньше $m_{зад}$. В качестве меры обоснованности решений используется отношение числа фактически рассмотренных вариантов m к заданному числу $m_{зад}$:

$$\theta(m) = m / m_{зад}. \quad (3)$$

Такой подход нельзя признать удовлетворительным по следующим трем принципиальным соображениям:

- результаты, полученные по соотношению (3), решающим образом зависят от субъективно задаваемого значения $m_{зад}$. Если ЛПП – лицо недостаточно дальновидное, то оно задаст малое (недостаточное) число вариантов, и отсюда вопреки соотношению (3), никак нельзя будет сделать вывод о высокой обоснованности решения;

- обоснованность, вычисляемая по соотношению (3), не обладает свойством насыщаемости. Это означает, что при любом числе уже рассмотренных ЛПП вариантов в диапазоне значений $m \in [1, m_{зад} - 1]$ в соответствии с выражением (3) целесообразно дальнейшее проведение исследований, причем прирост значений обоснованности одинаков в областях как малых, так и больших значений m ;

- теоретически значение обоснованности не может достигнуть значения, равного единице. При любых объеме и глубине обоснования всегда остается возможность учесть дополнительные данные и тем самым улучшить качество принимаемого решения. Однако по соотношению (3) значение обоснованности при $m = m_{зад}$ равно единице, откуда следует, что исследование по большему, чем $m_{зад}$, числу вариантов нецелесообразно. Поскольку значение $m_{зад}$ задается из субъективных соображений, оно может не совпадать с практически целесообразным числом вариантов. Поэтому использование выражения (3) может на практике привести к неверным рекомендациям.

Третья группа методов – вероятностные (статистические) методы оценки обоснованности, у которой основой является тот факт, что наиболее существенным фактором обоснованности принимаемых решений является полнота (объем) исходной информации и ее доступность.

Статистические методы оценки обоснованности базируются на предположении, что обоснованность определяется объемом статистик, которые оцениваются с точки зрения их истинности. В этом случае обоснованность определяется в соответствии с предельной теоремой Я. Бернулли [4]:

$$P(|\theta^* - \theta| < \varepsilon) > 1 - \delta, \quad (4)$$

$$\lim P = 1, n \rightarrow \infty,$$

где θ^*, θ – статистическая оценка обоснованности и ее истинное значение соответственно; ε, δ – малые положительные числа.

В соответствии с [3], для любой сложной системы управления увеличение объема исходной информации приводит к возрастанию обоснованности принимаемых решений в соответствии с выражением:

$$\theta = \theta_{\max} (1 - B_0 e^{-I/I_0}), \quad (5)$$

где I – количество имеющейся информации; θ_{\max} – обоснованность решений при полной и точной информации; B_0 – количество энтропии, или неопределенность принимаемых решений (очевидно $B_0 = 1 - \theta_0$); θ – априорная вероятность осведомленности. Тогда степень обоснованности решений определяется соотношением:

$$\theta = 1 - (1 - \theta_0) e^{-\gamma I}, \quad (6)$$

где γ – компонента, характеризующая ценность информации с точки зрения принимаемых решений. Действительно, величиной $\gamma = 1/I_0$ характеризуется скорость возрастания величины θ в зависимости от объема используемой информации.

В работе [5] приведен другой вариант вероятностного метода определения обоснованности. Согласно этого метода обоснованность определяется как вероятность выбора правильного (оптимального) решения. При этом обоснованность решения при рассмотрении m вариантов равна:

$$\theta - 1 = e^{-\alpha m}, \quad (7)$$

где $\alpha = -Ln \left\{ 1 - \frac{1}{m_0} \left[2\Phi_0(\varepsilon / \Delta)^{U-M} \right] \right\}$, $\Phi_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt$ – интервал Гаусса;

U – число параметров управления; $\Delta - \Delta_e (e = \overline{1, U})$ – среднеквадратическое отклонение параметров управления от экстремальных значений, присущих оптимальным решениям; ε – интервал изменения Δ , т.е. $-\varepsilon \leq \Delta \leq \varepsilon$; M – число неоптимизируемых параметров; m_0 – число вариантов, которые должны быть проанализированы для определения оптимального решения.

Всем рассмотренным методам оценки обоснованности решений присущ общий недостаток – они не позволяют оценивать и рекомендовать ЛПР вариант решения, оптимальный из тех вариантов, которые подготовлены в процессе функционирования СППР. В связи с этим рассмотрим более подробно процесс формирования вариантов решения и оценки их обоснованности в СППР. Для определенности возьмем СППР, в которой реализована нечеткая продукционная база знаний. Будем считать известными:

- множество решений $D = \{d_1, d_2, d_3, \dots, d_m\}$, соответствующих выходным переменным y ;

- множество входных переменных $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$;

- диапазоны количественного изменения каждой входной переменной $x_i \in \{x_i, \overline{x_i}\}$; $i = \overline{1, n}$;

- функция принадлежности $\mu(x_i)$, позволяющая представлять переменные $x_i, i = \overline{1, n}$ в виде нечетких множеств.

Требуется: разработать алгоритм принятия решения $y \in D$ по фиксированному вектору входных переменных $X^* = \langle x_1^*, x_2^*, x_3^*, \dots, x_n^* \rangle, x_i^* \in [x_i, \overline{x_i}]$.

Для решения данной задачи используются нечеткие логические уравнения, которые строятся на основе матрицы знаний и позволяют вычислять функции принадлежности различных решений $\mu(d)$ при фиксированных значениях входных переменных.

Систему логических уравнений кратко можно записать следующим образом [3]:

$$\mu^{d_i}(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = \bigcup_{p=1}^{K_j} \left[\bigcup_{i=1}^n \mu^{\alpha_i^{j_p}} \right], \quad (8)$$

где $\mu^{\alpha_i^{j_p}}(x_i)$ – функция принадлежности параметра x_i нечеткому терму $\alpha_i^{j_p}$, $i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$; $p = \overline{1, K}$; $\mu^{\alpha_j}(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ – функция принадлежности вектора входных параметров $X(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ значению выходной переменной $y = d_j$; $j = \overline{1, m}$.

В качестве искомого решения рекомендуется ЛПР решение с наибольшим значением функции принадлежности. При этом указанное значение условно принимается за степень обоснованности решений.

Алгоритм принятия решений содержит следующие операции:

1 операция. Задается вектор значений входных переменных

$$X^* = \langle x_1^*, x_2^*, x_3^*, \dots, x_n^* \rangle.$$

2 операция. Задаются функции принадлежности нечетких термов и определяются значения этих функций для заданных значений входных переменных $x_1^* \div x_n^*$.

3 операция. Используя логические уравнения (8), вычисляются функции принадлежности $\mu^{d_j}(x_1^*, x_2^*, x_3^*, \dots, x_n^*)$ вектора X^* для всех значений $d_j, j = \overline{1, m}$. При этом логические операции И (\cap) и ИЛИ (\cup) над функциями принадлежности заменяются на операции \min и \max :

$$\mu(\alpha) \cap \mu(b) = \min[\mu(\alpha), \mu(b)], \tag{9}$$

$$\mu(\alpha) \cup \mu(b) = \max[\mu(\alpha), \mu(b)].$$

4 операция. Определяется значение d_j^* , для которого:

$$\mu^{d_j^*}(x_1^*, x_2^*, x_3^*, \dots, x_n^*) = \max_{j=1, m} [\mu^{d_j}(x_1^*, x_2^*, x_3^*, \dots, x_n^*)]. \tag{10}$$

Это и будет рекомендуемым вариантом решения для ЛПР, степень обоснованности которого соответствует значению функции принадлежности $\mu^{d_j^*}(x_1^*, x_2^*, x_3^*, \dots, x_n^*)$.

Теперь рассмотрим возможность создания алгоритма расчета временной эффективности процессов поддержки принятия решений с помощью усеченных процедур. При этом необходимо отметить, что после оценки обоснованности принятия решения также очень важна оценка времени и эффективность процессов принятия решений.

В [7] изложен принцип синтеза матриц переходных вероятностей (цепей Маркова с двумя поглощающими состояниями) процессов поддержки принятия решений с помощью усеченных процедур типа $(k/n)_n$ ($k \leq n$), а также получены выражения для расчета вероятностей эффективности.

Рассмотрим методику и выражения расчета условных, безусловных математических ожиданий и среднеквадратических отклонений времен до принятия решений (временная эффективность) для процедур $(k/4)_4$ ($k = \overline{1, 4}$), а также численный расчет временной эффективности.

Начнем с процедуры $(k/4)_k$, для которой матрицы G и $S = NR$ имеют вид согласно [7]:

$$G = \begin{vmatrix} 0 & q & 0 & 0 \\ 0 & 0 & q & 0 \\ 0 & 0 & 0 & q \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}, S = \begin{vmatrix} q^4 & p(1+q+q^2+q^3) \\ q^3 & p(1+q+q^2) \\ q^2 & p(1+q) \\ q & p \end{vmatrix}. \tag{11}$$

Из выражения $N = (1 - G)^{-1}$ [7,8,9] найдем выражение для функциональной матрицы:

$$N = \begin{vmatrix} 1 & q & q^2 & q^3 \\ 0 & 1 & q & q^2 \\ 0 & 0 & 1 & q \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}.$$

Отсюда выражение для векторов \overline{EV} и $\overline{HV} = (2N - 1)\overline{EV} - (\overline{EV})^2$ вычисляется как:

$$\overline{EV} = \begin{vmatrix} (1 + q + q^2 + q^3) \\ (1 + q + q^2) \\ (1 + q) \\ 1 \end{vmatrix},$$

$$\overline{HV} = \begin{vmatrix} q + 3q^2 + 3q^3 - q^4 - 2q^5 + q^6 + q^7 \\ 3q - 2q^2 - q^4 + 4q^5 \\ q\overline{p} \\ 0 \end{vmatrix}.$$

Для получения условных математических ожиданий \overline{EV} и дисперсий (среднеквадратичных значений $\overline{HV}_j (j = 0, 1)$) необходимо вычислить матрицы \widehat{G}_i и \widehat{N}_j . Поэтому, производя (с учетом матрицы (11)) расчеты, получим с учетом [8,9]:

$$\widehat{G}_0 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}, \widehat{N}_0 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}, \overline{EV}_0 = \begin{vmatrix} 4 \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{vmatrix}, \overline{HV}_0 = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix},$$

$$\widehat{G}_1 = \begin{vmatrix} 0 & \frac{q(1 - q^3)}{1 - q^4} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{q(1 - q^2)}{1 - q^3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{q(1 - q)}{1 - q^2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}.$$

$$\widehat{N}_1 = \begin{vmatrix} 0 & \frac{q(1-q^3)}{1-q^4} & \frac{q^2(1-q^2)}{1-q^4} & \frac{q^2(1-q)}{1-q^4} \\ 0 & 1 & \frac{q(1-q^2)}{1-q^2} & \frac{q^2(1-q)}{1-q^2} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{q(1-q)}{1-q^2} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}. \quad (12)$$

Из (12) следует:

$$\overline{EV}_1 = \begin{vmatrix} \frac{(1+q+q^2+q^3-4q^4)}{1-q^4} \\ \frac{(1+q+q^2-3q^3)}{1-q^2} \\ \frac{(1+q-2q^2)}{1-q} \\ 1 \end{vmatrix},$$

$$\overline{HV} = \begin{vmatrix} \frac{(q+2q^2+3q^3-16q^4-q^5-4q^6-q^7+12q^8+4q^9-12q^{10}-6q^{11})}{(1-q^4)^2} \\ \frac{(3q+2q^2-4q^3-2q^4+9q^5-2q^6+2q^7-4q^8)}{(1-q^3)^2} \\ \frac{(q-2q^2+q^3)}{(1-q^2)^2} \\ 0 \end{vmatrix}.$$

Перейдем к процедуре $(2/4)_4$, для которой матрицы G и $S = NR$ имеют вид:

$$G = \begin{vmatrix} 0 & p & q & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p & q & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p & q & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & q \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix},$$

$$S = \begin{vmatrix} q^3(1+3p) & p^3(1+2q+3q^2) \\ q^3 & p(1+q+q^2) \\ q^2(1+2p) & p^2(1+2q) \\ q^2 & p(1+q) \\ q(1+p) & p^2 \\ q & p \end{vmatrix}.$$

Фундаментальная матрица процедуры $(2/4)_4$ $N = (1-Q)^{-1}$ после вычислений на основании [7,8,9] принимает вид:

$$N = \begin{pmatrix} 1 & p & q & 2pq & q^2 & 3pq^2 \\ 0 & 1 & p & q & 2pq & q^2 \\ 0 & 0 & 1 & p & q & 2pq \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & q \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & p \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (13)$$

С учетом матрицы (13) выражение для безусловных векторов \overline{EV} и $\overline{HV} = (2N - 1)\overline{EV} - (\overline{EV})^2$ [9] определяют следующим образом:

$$\overline{EV} = \begin{pmatrix} 2(1+pq) + q^2(1+3p) \\ 1+q+q^2 \\ 2(1+pq) \\ 1+q \\ 1+p \\ 1 \end{pmatrix}, \quad \overline{HV} = \begin{pmatrix} 2q + 4q^2 - 17q^3 + 8q^4 + 12q^5 - 9q^6 \\ q + 2q^2 - 2q^3 + q^4 \\ 2q - 6q^2 + 8q^3 + 4q^4 \\ q - q^2 \\ q - q^2 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Для вычисления условий векторов \overline{EV}_j и \overline{HV}_j ($j = \overline{0,1}$) необходимы матрицы \widehat{G}_0 и \widehat{G}_1 . По матрице, приведенной в работах [7,9], вычисленные матрицы имеют вид:

$$\widehat{G}_0 = \begin{pmatrix} 0 & \frac{p}{1+3q} & \frac{1+2p}{1+3q} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{p}{1+2q} & \frac{1+p}{1+2q} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{p}{1+p} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

$$\widehat{G}_1 = \begin{pmatrix} 0 & \frac{1+q+q^2}{1+2q+3q^2} & \frac{q(1+2q)}{1+2q+3q^2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{q(1+q)}{1+q+q^2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1+q}{1+2q} & \frac{q}{1+2q} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{q}{1+q} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Для процедуры $(3/4)_4$ аналогичные данные представлены в работах [6-9]:

$$G = \begin{pmatrix} 0 & p & q & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p & q & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p & q \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & q \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & p \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, S = \begin{pmatrix} q^2(1+2p+3p^2) & p^3(1+3q) \\ q^2(1+2p) & p^2(1+2q) \\ q(1+p+p^2) & p^3 \\ q^2 & p(1+q) \\ q(1+p) & p^2 \\ q & p \end{pmatrix}.$$

$$N = \begin{pmatrix} 1 & p & q & p^2 & 2pq & 3pq^2 \\ 0 & 1 & 0 & p & q & 2pq \\ 0 & 0 & 1 & 0 & p & p^2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & q \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & p \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \overline{EV} = \begin{pmatrix} 2(1+pq)+q^2(1+3p) \\ 2(1+pq) \\ 1+p+p^2 \\ 1+q \\ 1+p \\ 1 \end{pmatrix}.$$

$$\overline{HV} = \begin{pmatrix} 2q+4q^2-17q^3+8q^4+12q^5-9q^6 \\ q+2q^2-2q^3+q^4 \\ 2q-6q^2+8q^3+4q^4 \\ p-p^2 \\ p-p^2 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Матрицы \widehat{G}_0 и \widehat{G}_1 представлены в виде:

$$\widehat{G}_0 = \begin{pmatrix} 0 & \frac{p(1+2p)}{1+2p+3p^2} & \frac{1+p+p^2}{1+2p+3p^2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{p}{1+2p} & \frac{1+p}{1+2p} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{p(1+p)}{1+p+p^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{p}{1+p} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

$$\widehat{G}_1 = \begin{vmatrix} 0 & \frac{1+2q}{1+3q} & \frac{q}{1+3q} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1+q}{1+2q} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{q}{1+q} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}.$$

Выражение для векторов \overline{EV}_j и $\overline{HV}_j (j = \overline{0,1})$ из-за громоздкости не приводятся.

Перейдем к последней процедуре $(4/4)_4$. Матрицы G и B имеют вид согласно [7]:

$$G = \begin{vmatrix} 0 & p & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}, B = \begin{vmatrix} q(1+p+p^2+p^3) & p^4 \\ q(1+p+p^2) & p^3 \\ q(1+p) & p^2 \\ q & p \end{vmatrix}.$$

Матрицы N и векторы \overline{EV} и \overline{HV} можно представить в виде [6,7,8]:

$$P = \begin{vmatrix} 1 & p & p^2 & p^3 \\ 0 & 1 & p & p^2 \\ 0 & 0 & 1 & p \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}, \overline{EV} = \begin{vmatrix} 1+p+p^2+p^3 \\ 1+p+p^2 \\ 1+p \\ 1 \end{vmatrix}.$$

$$\overline{HV} = \begin{vmatrix} p+3p^2+3p^3-p^4-2p^5+p^6+6p^7 \\ 3p-2p^2-p^4+4p^5 \\ pq \\ 0 \end{vmatrix}$$

По изложенной выше методике матрицы \widehat{G}_0 и \widehat{G}_1 вычисляются по формулам

$$\widehat{G}_0 = \begin{vmatrix} 0 & \frac{p(1-p^3)}{1-p^4} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{p(1-p^2)}{1-p^3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{p(1-p)}{1-p^2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}, \widehat{G}_1 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad (14)$$

Функциональные матрицы $\widehat{N}_j = (1 - G_j)^{-1} (j = \overline{0,1})$ с помощью матриц (14) определяют как:

$$\widehat{N}_0 = \begin{pmatrix} 1 & \frac{p(1-p^3)}{1-p^4} & \frac{p^2(1-p^2)}{1-p^4} & \frac{p^3(1-p)}{1-p^4} \\ 0 & 1 & \frac{p(1-p^2)}{1-p^3} & \frac{p^2(1-p)}{1-p^3} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{p(1-p)}{1-p^2} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (15)$$

$$N_1 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Векторы $\overline{EV}_j (j = \overline{0,1})$, используя матрицы (15), рассматривают согласно формулам:

$$\overline{EV}_0 = \begin{pmatrix} \frac{1+p+p^2+p^3+p^4}{1-p^4} \\ \frac{1+p+p^2-3p^3}{1-p^3} \\ \frac{1+p-2p^2}{1-p^2} \\ 1 \end{pmatrix}, \quad \overline{EV}_1 = \begin{pmatrix} 4 \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Векторы условных дисперсий представим в виде:

$$\overline{HV}_0 = \begin{pmatrix} \frac{p+2p^2+3p^3-16p^4-p^5+4p^6-p^7+12p^8+4p^9-12p^{10}-5p^{11}}{(1-p^4)} \\ \frac{3p-2p^2-4p^3-2p^4+9p^5-2p^6+2p^7-4p^8}{(1-p^3)^2} \\ \frac{p-2p^2-3p^3}{(1-p^2)^2} \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \overline{HV}_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Таким образом, получены все необходимые выражения для расчета временной эффективности процессов поддержки принятия решений с помощью процедур типа $(K/4)_4$.

Приведем так же рассчитанные по полученным выше выражениям данные временной эффективности для всех процедур при $p = 0,1 (\delta V_k = +\sqrt{HV_k})$ (табл. 1 и 2).

Приведенные данные позволят количественно сравнить между собой различные процедуры и выбрать наилучшую из них, исходя из конкретной практической задачи.

Таблица 1.

Значения условных математических ожиданий

Вектор математического ожидания	Процедура			
	$(1/4)_4$	$(2/4)_4$	$(3/4)_4$	$(4/4)_4$
\overline{EV}_0	2,3687	3,2734	3,7297	4
	1,9299	1,9299	2,6429	3
	1,4737	2,6429	3,00	2
	1,00	1,4737	1,4737	1
\overline{EV}_1	4	3,23028	2,2113	1,1107
	3	3,00	2,1667	1,1081
	2	2,16677	1,1081	1,0909
	1	2,00	2,00	1,0909
\overline{EV}	1,09092	1,09092	1,0909	1,00
	1,00	1,00	1,00	
	2,439	3,233	2,217	1,111
	2,711	2,71	2,18	1,11
\overline{EV}	1,90	2,17	1,11	1,10
	1,00	1,90	1,90	1,10
	1,00	1,10	1,90	1,00
	1,00	1,00	1,00	1,00

Таблица 2.

Значения условных среднеквадратических отклонений

Вектор среднеквадратического отклонения	Процедура			
	$(1/4)_4$	$(2/4)_4$	$(3/4)_4$	$(4/4)_4$
$\overline{\delta V}_0$	1,1128	0,7623	0,4441	0
	0,8142	0,8142	0,4791	0
	0,4903	0,4702	0	0
	0	0,4993	0,4993	0
$\overline{\delta V}_1$	0	0	0	0
	0	0,4113	0,4642	0,349
	0	0	0,3727	0,3382
	0	0,3703	0,3383	0,2875
$\overline{\delta V}$	0	0	0	0
	0,2875	0,2875	0,2875	0
	0	0	0	0
	1,0131	0,4458	0,4732	0,3503
$\overline{\delta V}$	0,6371	0,6371	0,3842	0,3433
	0,30	0,3802	0,3433	0,3433
	0	0,30	0,30	0,30
	0	0,30	0,30	0
	0	0	0	

Выводы

При организации диалога, как правило, отображаются все возможные варианты решения и соответствующие им функции принадлежности, что стимулирует аналитические возможности лица, принимающего решение, при принятии решения и не ограничивает его инициативу.

Полученные решения и выражения позволяют как лицу, принимающему решение, так и системе поддержки принятия решения провести оценку обоснованности и рассчитать время эффективности процессов принятия решений.

Список литературы

1. Тарасов, В.А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: теория, синтез, эффективность / В.А. Тарасов, Б.М. Герасимов, И.А. Левик, В.А. Корнейчук. – К.: МАКНС, 2007. – 336 с.
2. Павлова, Т.А. Специальные разделы математики / Т.А. Павлова, М.Н. Уаврова. – Орел: ФГБОУ ВПО, 2015. – 183 с.
3. Герасимов, Б.М., Самохвалов Ю.Я. Методы оценки обоснованности решений в интеллектуальных системах / Б.М. Герасимов, Ю.Я. Самохвалов // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони, 2009. – №2(5). – С. 9-12.
4. Понамарев, В.Б. Математическая обработка результатов инженерного эксперимента / В.Б. Понамарев, А.Б. Лошкарев. – Екатеринбург: УрФУ, 2016. – 100 с.
5. Морозов, В.П. Элементы теории управления ГАП / В.П. Морозов, Л.С. Дымарский. – Л.: Машиностроение, 1981. – 332 с.
6. Ротштейн, А.П. Интеллектуальные технологии идентификации / А.П. Ротштейн. – Винница: Универсум-Винница, 1999. – 320 с.
7. Яншин, В.В. Синтез и вероятностный анализ усеченных процедур в задаче обработки информации по данным нескольких обзоров / В.В. Яншин, В.М. Лисицын // Вопросы радиоэлектроники. Сер. «Общие вопросы радиоэлектроники», 1986. – №1. – С. 72-82.
8. Хорошко, В.А. Расчет времени эффективности процессов принятия решений в системах защиты информации / В.А. Хорошко, Н.Б. Дахно, Е.О. Тискина // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони, 2009. – №2(5). – С. 36-42.
9. Крени, Дж. Конечные цепи Маркова. Изд.2-е / Дж. Крени, Дж. Спелл. – М: Наука, 2009. – 383 с.

ОЦІНКА ЧАСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

В.О. Хорошко, Ю.Є. Хохлачева, М.Є. Шелест

Національний авіаційний університет,
просп. Космонавта Комарова, 1, Київ, 03058, Україна; e-mail: professor_va@ukr.net,
hohlachova@gmail.com, mishel3141@gmail.com

У статті наведені рішення і вирази, які дозволяють як особі, що приймає рішення, так і системі підтримки прийняття рішення, провести оцінку обґрунтованості і розрахувати час ефективності процесів прийняття рішень. З огляду на, що системи підтримки прийняття рішень є комплекс технічних засобів (програмного і апаратного забезпечення), призначеного для виконання функцій фахівців в ситуаціях вимагають прийняття обґрунтованих і кваліфікованих рішень як в звичайних, так і в екстремальних і позаштатних умовах, тому при розробці систем підтримки прийняття рішень основною метою є створення програм (пристроїв), які при вирішенні завдань, важких для фахівця, досягають обґрунтованості, якості та ефективності і рішень, пропонує системою, а остаточне рішення приймає фахівець і несе повну відповідальність за наслідки від його реалізації. При цьому метою є розгляд можливих методичних прийомів до оцінки обґрунтованості і надання їх порівняльної оцінки, а також отримання виразу для розрахунку тимчасової ефективності процесів підтримки прийняття рішень за допомогою

усічених процедур. При організації діалогу, як правило, відображаються всі можливі варіанти вирішення і відповідні їм функції приналежності, що стимулює аналітичні можливості особи, яка приймає рішення, при прийнятті рішення і не обмежує його ініціативу. Отримані рішення і вирази дозволяють як особі, що приймає рішення, так і системі підтримки прийняття рішення провести оцінку обґрунтованості і розрахувати час ефективності процесів прийняття рішень.

Ключові слова: системи підтримки прийняття рішень, оцінка часу прийняття рішень, ефективність процесів підтримки прийняття рішень.

EVALUATION OF THE TIME OF DECISION MAKING IN SOLVENCY SUPPORT SYSTEMS

V.A. Horoshko, Yu.E. Khokhlachova, M.E. Shelest

National Aviation University

1. Cosmonaut Komarova Ave, Kiev, 03058, Ukraine, e-mail: professor_va@ukr.net,
hohlachova@gmail.com, mishel3141@gmail.com

The article provides solutions and expressions that allow both the decision maker and the decision support system to assess the validity and calculate the time of the effectiveness of decision-making processes. Considering that decision support systems are a complex of technical means (software and hardware) designed to perform the functions of specialists in situations requiring informed and qualified decisions in both normal and extreme conditions. Therefore, when developing solutions, the main goal is to create programs (devices) that, when solving problems that are difficult for a specialist, achieve the validity, quality and efficiency and decisions made by the system, and the final decision is made by the specialist and bears full responsibility for the consequences of its implementation. In this case, the goal is to consider possible methodological methods for evaluating the validity and providing them with a comparative assessment, as well as obtaining an expression for calculating the temporal effectiveness of decision-making processes using truncated procedures. When organizing a dialogue, as a rule, all possible solutions and the corresponding functions of belonging are displayed, which stimulates the analytic capacity of the decision maker when making a decision and does not limit his initiative. The resulting decisions and phrases allow both the decision maker and the decision support system to assess the validity and calculate the time for the effectiveness of decision-making processes.

Key words: decision support systems, decision time estimation, effective decision support processes.

**АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА РЕГИСТРАЦИИ АКТИВНОСТИ БЛОКОВ
LUT В СОСТАВЕ FPGA-БАЗИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ****К.В. Защелкин, А.В. Дрозд**Одесский национальный политехнический университет,
просп. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина; e-mail:const-z@te.net.ua

Рассмотрена проблема контроля целостности FPGA-базированных компонентов компьютерных систем критического применения. Отмечено, что одним из наиболее опасных видов нарушения целостности FPGA проектов является злонамеренное внедрение в проект вредоносных аппаратных закладок. Также отмечено, что вероятным сценарием является внедрение закладки в систему в моменты плановой модификации системы, т.е. тогда, когда не действует контроль целостности, основанный на применении контрольных хэш-сум. Исходя из этого, перед запуском контроля целостности необходима уверенность в том, что закладка не была внедрена в систему во время очередной плановой модификации. Рассмотрен метод, предназначенный для выявления возможных областей локализации вредоносных закладок в пространстве FPGA-базированных компонентов компьютерных систем критического применения. Метод выполняет предварительную обработку проекта с целью выявления подмножества элементарных вычислительных блоков FPGA-базированной системы – блоков LUT (Look Up Table), в которых возможно локализованы схемы закладок. Указанный метод основан на анализе активности блоков LUT. Метод позволяет получить статистику активности блоков LUT, что дает возможность анализировать изменение динамики участия этих блоков в вычислительном процессе в нормальном и аварийном режимах работы системы критического применения на характерных наборах входных слов. Метод предполагает добавление в проект дополнительной схемы регистрации активности блоков LUT. Выполнен анализ возможных способов построения указанной схемы. Предложены два базовых варианта схемы анализа активности блоков LUT. Эти варианты отличаются способом фиксации активности и сохранения зафиксированной информации во внутренней памяти схемы. Проанализированы достоинства, недостатки и ограничения вариантов реализации схемы. Выполнено сравнение предложенных схем и оценка целесообразности их использования.

Ключевые слова: FPGA, LUT, компьютерные системы критического применения, контроль целостности.

Введение

Микросхемы FPGA находят значительное применение в качестве элементной базы для построения компьютерных систем, управляющих техническими объектами повышенного риска. Компьютерные системы такого рода принято называть системами критического применения [1]. Выбор FPGA для построения систем критического применения обусловлен, во-первых, возможностью изменения функций системы путем ее перепрограммирования, во-вторых, более высокими показателями производительности, чем у микропроцессоров и микроконтроллеров [2]. Первый из указанных факторов позволяет выполнять функциональную оптимизацию системы без необходимости ее долговременного вывода из рабочего состояния. Это упрощает следующие процессы: обновления функций системы; устранения выявленных в процессе эксплуатации системы дефектов; выполнения оптимизации отдельных функций системы.

Одним из важных первичных атрибутов гарантоспособности для систем критического применения является целостность – свойство исключать непредусмотренные изменения системы и предоставляемых ею сервисов [3].

Изменения функционирования микросхем типа FPGA возможно только путем модификации их программного кода, из чего следует определение программного кода как основного носителя целостности FPGA-базированных устройств. Таким образом, контроль целостности программного кода FPGA-базированных компонентов находится в наборе наиболее существенных составляющих обеспечения гарантоспособности систем, построенных из таких компонентов.

Обзор публикаций и цель работы

Для систем критического применения одним из наиболее опасных видов нарушения целостности [4] является скрытая злонамеренная имплантация в систему аппаратных закладок (HardwareTrojans) [5]. Для FPGA-базированных систем закладки представляют собой скрытно внедренные в систему фрагменты вредоносного программного кода. Эти фрагменты создают в пространстве FPGA схему, которая обеспечивает вредоносную функцию закладки. Указанная схема может создавать искусственные неисправности в работе системы или осуществлять утечку конфиденциальной информации, обрабатываемой системой [6].

Внедрение закладки в FPGA-базированную систему может происходить как на этапе эксплуатации системы, так и на этапе ее проектирования. На этапе эксплуатации закладка имплантируется в программный код микросхемы FPGA. На этапе проектирования закладка представляет собой имплантированный в проект фрагмент высокоуровневого описания (HDL и/или схемотехнического описания), которое, в конечном итоге, транслируется в программный код.

Целостность проекта FPGA-базированной системы обычно обеспечивается путем получения хэш-сум для отдельных файлов проекта или для всего проекта целиком [7]. При этом хэш-суммы (при помощи, которых выполняется мониторинг целостности) прикрепляются к соответствующим файлам проекта или помещаются в структуру проекта. На этапе эксплуатации целостность программного кода FPGA-базированной системы может обеспечиваться либо отдельным файлом хэш-суммы, либо путем встраивания хэша непосредственно в программный код в виде цифрового водяного знака [8], [9]. Имплантация вредоносной закладки в проект (систему), находящийся под мониторингом целостности, нарушает целостность и, следовательно, приводит к обнаружению факта имплантации. Однако в процессе проектирования описание системы модифицируется. В процессе эксплуатации возможно перепрограммирование системы. Такие легальные (разрешенные) изменения требуют остановки мониторинга целостности, внесения изменений, пересчета хэш-сум и повторного запуска мониторинга. Именно в моменты времени, когда из-за выполнения разрешенных изменений системы мониторинг целостности не осуществляется, возможно внедрение закладки в систему. Таким образом, перед повторным запуском мониторинга должно быть доказано, что в период приостановки мониторинга в систему не были внесены непредусмотренные изменения (например, в виде вредоносных закладок).

Процесс выявления вредоносных закладок осложнен тем, что закладки обычно: замаскированы под аппаратные ресурсы, обеспечивающие основную функцию системы; создаются таким образом, чтобы усложнить их обнаружение в процессе тестирования системы; не проявляют себя в процессе эксплуатации системы до момента наступления события активации закладки.

В работе [10] предложен метод предварительной обработки проекта FPGA-базированной системы с целью выявления вероятных областей размещения вредоносных закладок в системах критического применения. Метод позволяет уменьшить область поиска закладки в пространстве микросхемы FPGA. Указанный метод основан на анализе активности элементарных вычислительных блоков FPGA-базированной системы – блоков LUT (LookUpTable) [11], [12]. Основные положения

метода базируются на том, что системы критического применения проектируются для функционирования в двух режимах: нормальном и аварийном. При этом компоненты систем функционируют в каждом из этих режимов на разных множествах входных слов [1]. Метод ориентирован на наиболее вероятный сценарий атаки на систему, при котором закладка проявляет себя только в аварийном режиме. В этих условиях наличие статистики активности вычислительных блоков LUT дает возможность анализировать изменение динамики участия этих блоков в вычислительном процессе, в каждом из режимов работы системы на характерных наборах входных слов. Метод предполагает добавление в проект дополнительной схемы регистрации активности блоков LUT.

Цель работы состоит в анализе возможных способов схемотехнической реализации аппаратного обеспечения указанного метода, а также формировании рекомендаций относительно целесообразности применения этих способов в зависимости от требований к условиям применения метода.

Основная часть работы

Метод, предложенный в работе [10], основан на встраивании в пространство целевой микросхемы FPGA схемы, которая регистрирует активность блоков LUT в процессе функционирования FPGA-базированной системы. Информация об активности блоков LUT может быть извлечена из схемы регистрации и использована методами последующего анализа для принятия решения о наличии или отсутствии вредоносных закладок, а также для точного выявления областей их размещения в пространстве микросхемы FPGA.

Схема регистрации активности блоков LUT состоит из одинаковых фрагментов, подключаемых к выходам анализируемых блоков LUT (рис. 1). Каждый из фрагментов состоит из двух подсхем:

- подсхемы обнаружения активности блока LUT, которая выдает на свой выход единичный сигнал только в том случае, если имеет место изменение значения на выходе анализируемого подсхемой блока LUT;
- подсхемы фиксации активности, которая фиксирует во внутренней памяти факт наличия или отсутствия изменений выходного сигнала блока LUT. Этот факт фиксируется в виде одноразрядного значения: нулевое значение соответствует отсутствию изменений выходного сигнала блока LUT, единичное – свидетельствует о том, что такое изменение имело место.

Элементы внутренней памяти подсхем фиксации образуют сдвиговый регистр, из которого считывается двоичный вектор зарегистрированных активностей блоков LUT. Каждый разряд этого вектора закреплен за конкретным блоком LUT, что позволяет локализовать активные и пассивные блоки проекта.

В работе [10] обосновываются теоретические положения метода и предлагается обобщенная структура схемы регистрации активности блоков LUT. В данной же работе предлагается два базовых варианта схемотехнической реализации данной структуры в среде FPGA. Подсхемы обнаружения активности в обоих вариантах совпадают. Эти подсхемы состоят из синхронного D-триггера и элемента суммирования по модулю два. Данные элементы подключены таким образом, что на выходе элемента суммирования по модулю два формируется логическая единица только в случае изменения значения на выходе блока LUT.

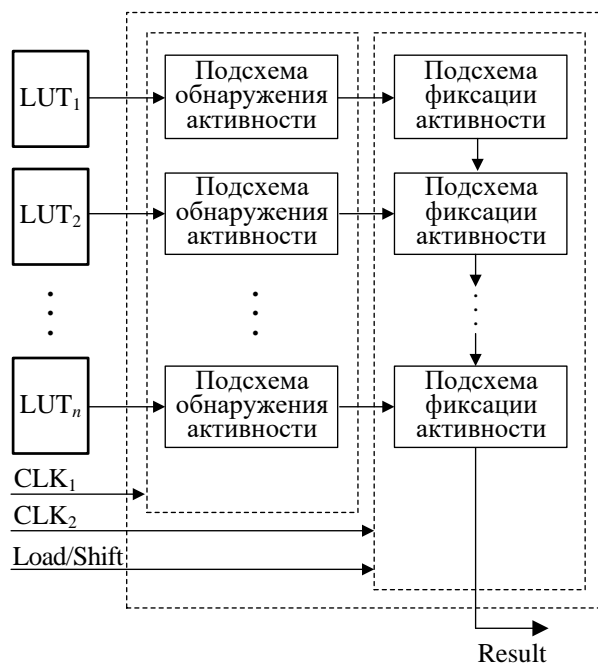


Рис. 1. Обобщенная структура схемы регистрации активности блоков LUT

Базовые варианты схем отличаются способом построения схем фиксации активности. На рис. 2 представлен базовый вариант схемы, обеспечивающий фиксацию активности блока LUT посредством входа установки синхронного D-триггера (далее – первый вариант). В случае, если имеет место изменение входного значения, на выходе элемента суммирования по модулю два возникает единичное значение, которое передается на вход установки триггера подсхемы фиксации. В результате триггер подсхемы фиксации переходит в состояние логической единицы. После этого состояние данного триггера уже не зависит от изменений значения на выходе элемента суммирования по модулю два.

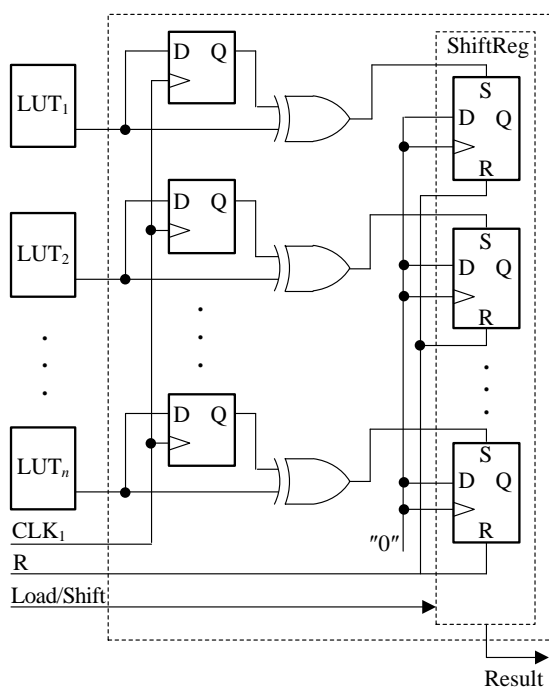


Рис. 2. Вариант схемы с обеспечением фиксации активности посредством входа установки триггера (первый вариант)

Второй базовый вариант схемы, обеспечивающий фиксацию активности блока LUT посредством информационного входа триггера подсхемы фиксации (рис. 3.). На информационном входе указанного триггера размещается элемент ИЛИ, охваченный обратной связью с выходом триггера. Такое подключение необходимо для невозможности перевести триггер в состояние логического нуля после его перехода в состояние логической единицы, которое фиксирует факт активности блока LUT.

Анализ рассмотренных базовых схем состоял в их синтезе и временном моделировании с последующим сравнением и оценкой затрат оборудования, а также результатов постсинтезного моделирования. Синтез и моделирование производились в системе проектирования IntelQuartus для целевых микросхем FPGA семейств AlteraCycloneII – CycloneIV.

Затраты оборудования в среде FPGA оценивались в виде количества элементов памяти и вычислительных блоков LUT, использованных в соответствующих синтезированных схемах. В результате синтеза схем было установлено, что количество элементов памяти для обеих схем совпадает и составляет два элемента на каждый фрагмент схемы. Количество вычислительных блоков LUT для первого (V_1) и второго варианта схемы (V_2) составляет соответственно:

$$V_1 = 2 + 5n; V_2 = 1 + n,$$

где n – количество фрагментов схемы.

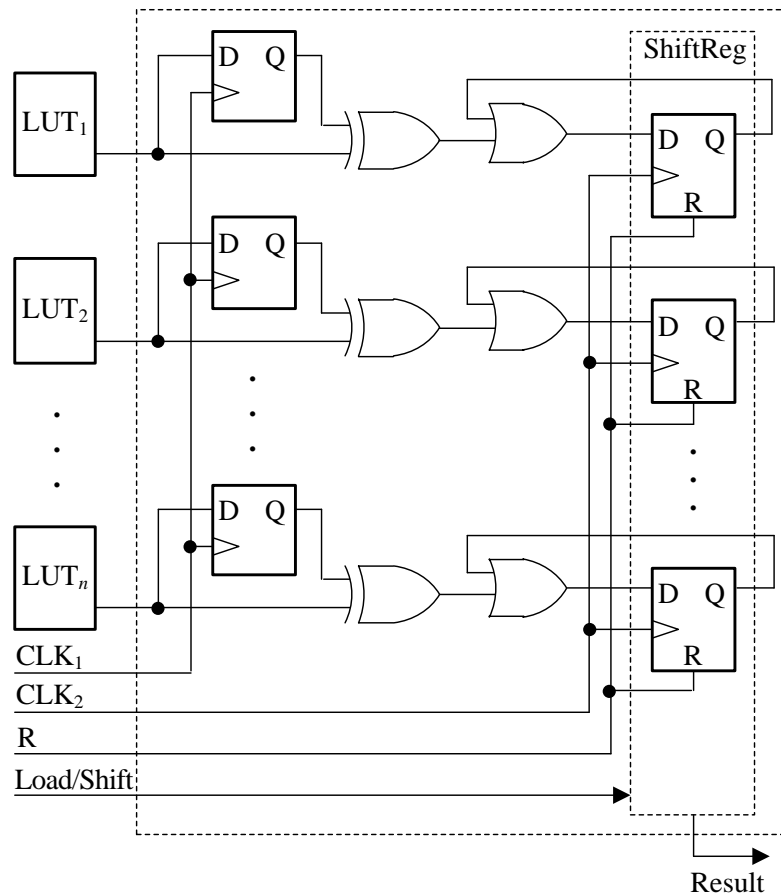


Рис. 3. Вариант схемы с обеспечением фиксации активности посредством информационного входа триггера (второй вариант)

Большой объем оборудования первого варианта схемы обусловлен спецификой реализации входа асинхронной установки триггеров в структуре микросхем FPGA.

Такой вход отсутствует в явном виде в триггерах микросхем FPGA рассматриваемых семейств. Функциональность триггера, обеспечиваемая асинхронным входом установки, искусственно реализуется через вход приема данных триггера при помощи дополнительной подсхемы, занимающей 4 блока LUT.

Однако, несмотря на указанный недостаток, первый вариант схемы имеет следующие преимущества по сравнению со вторым:

- дает возможность организовать более простую и обеспечивающую меньшую задержку конструкцию сдвигового регистра для извлечения результатов регистрации активности;

- в первом варианте схемы фиксация активности происходит асинхронно относительно функционирования подсхемы обнаружения активности. Во втором же варианте фиксация выполняется под управлением синхросигнала CLK₂, длина периода которого должна быть не больше длины регистрируемого изменения сигнала на выходе блока LUT.

Таким образом, в зависимости от требований условий применения рассмотренных схем регистрации активности блоков LUT может быть выбран один из базовых вариантов схем: вариант требующий меньших затрат оборудования (второй вариант) или вариант, не требующий тактирования подсхем фиксации активности и обладающий меньшей задержкой сдвига при получении результирующих данных (первый вариант).

Выводы

В работе выполнен анализ возможных способов схемотехнической реализации аппаратного обеспечения метода [10], предназначенного для получения информации об активности блоков LUT в FPGA-базированном устройстве. Назначение метода состоит в решении задачи предварительной обработки проекта при поиске места локализации вредоносных аппаратных закладок. Предложены два варианта схемы регистрации активности блоков LUT, отличающиеся затратами оборудования, способом фиксации обнаруженной активности и сложностью сдвигового регистра, необходимого для получения результирующих данных. Выполнено сравнение предложенных схем, а также оценка возможных областей их использования. Сформированы рекомендации относительно целесообразности применения этих вариантов схем в зависимости от требований к условиям применения метода.

Список литературы

1. Drozd, A. Checkability of the digital components in safety-critical systems: problems and solutions / A. Drozd, V. Kharchenko, S. Antoshchuk, J. Sulima, M. Drozd // IEEE East-West Design & Test Symposium. – Sevastopol, Ukraine, 2011. – Pp. 411-416.
2. Vanderbauwhede, W. High-performance computing using FPGAs / W. Vanderbauwhede, K. Benkrid. – New-York: Springer, 2016. – 774 p.
3. Kharchenko, V. Safety of information and control systems and infrastructures / V. Kharchenko, V. Sklyar, E. Brezhniev. – Palmarium Academic Publishing, 2013.
4. Zashcholkin, K. LUT-object integrity monitoring methods based on low impact embedding of digital watermark / K. Zashcholkin, O. Ivanova // Proceedings of 2018 IEEE 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), 2018. – Pp. 519-523.
5. Mukhopadhyay, D. Hardware Security: Design, Threats, and Safeguards / D. Mukhopadhyay, R. Chakraborty. – Boca Raton: Chapman and CRC, 2014. – 542 p.
6. Tehraniipoor, M. Integrated Circuit Authentication: Hardware Trojans and Counterfeit Detection / M. Tehraniipoor, H. Salmani, X. Zhang. – Springer, 2013. – 224 p.
7. Vacca, J. Computer and information security / J. Vacca. – USA, Waltham: MK Publishers, 2013. – 1280 p.

8. Shih, F. Digital Watermarking and Steganography: Fundamentals and Techniques, 2nd edition / F. Shih. – CRC Press, 2017. – 292 p.
9. Зашелкин, К.В. Метод внедрения цифровых водяных знаков в аппаратные контейнеры с LUT-ориентированной архитектурой / К.В. Зашелкин, Е.Н. Иванова // Информатика и математические методы в моделировании. – Одесса, 2013. – Том. 3, № 4. – С. 369-384.
10. Zashcholkin, K. The detection method of probable areas of hardware trojans location in FPGA-based components of safety-critical systems / K. Zashcholkin, O. Drozd // Proceedings of 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies, DESSERT'2018.– Kyiv, 2018. Pp. 220-225.
11. Угрюмов, Е.П. Цифровая схемотехника. 3-е издание / Е.П. Угрюмов. – СПб.: БХВ, 2011. – 816 с.
12. Andina, J. FPGAs: Fundamentals, Advanced Features, and Applications in Industrial Electronics / J. Andina. – CRC Press, 2017. – 266 p.

АНАЛІЗ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДУ РЕЄСТРАЦІЇ АКТИВНОСТІ БЛОКІВ LUT У СКЛАДІ FPGA-БАЗОВАНИХ ПРИСТРОЇВ

К.В. Зашолкін, О.В. Дрозд

Одеський національний політехнічний університет,
просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна; e-mail:const-z@te.net.ua

Розглянуто проблему контролю цілісності FPGA-базованих компонентів комп'ютерних систем критичного застосування. Відзначено, що одним з найбільш небезпечних видів порушення цілісності FPGA проектів є зловмисне вбудовування в проект шкідливих апаратних закладок. Також відзначено, що вірогідним сценарієм є вбудовування закладки в систему в моменти планової модифікації системи, тобто тоді, коли не діє контроль цілісності, заснований на використанні контрольних хеш-сум. Виходячи з цього, перед запуском контролю цілісності необхідна впевненість в тому, що закладка не була вбудована в систему під час чергової планової модифікації. Розглянуто метод, призначений для виявлення можливих областей локалізації шкідливих закладок в просторі FPGA-базованих компонентів комп'ютерних систем критичного застосування. Метод виконує попередню обробку проекту з метою виявлення підмножини елементарних обчислювальних блоків FPGA-базованої системи – блоків LUT (Look Up Table), в яких можливо локалізовані схеми закладок. Зазначений метод ґрунтується на аналізі активності блоків LUT. Метод дозволяє отримати статистику активності блоків LUT, що дає можливість аналізувати зміну динаміки участі цих блоків в обчислювальному процесі, в нормальному і аварійному режимах роботи системи критичного застосування на характерних наборах вхідних слів. Метод передбачає додавання в проект додаткової схеми реєстрації активності блоків LUT. Виконано аналіз можливих способів побудови зазначеної схеми. Запропоновано два базових варіанти схеми аналізу активності блоків LUT. Ці варіанти відрізняються способом фіксації активності і збереження зафіксованої інформації у внутрішній пам'яті схеми. Проаналізовано переваги, недоліки і обмеження варіантів реалізації схеми. Виконано порівняння запропонованих схем і оцінка доцільності їх використання.

Ключові слова: FPGA, LUT, комп'ютерні системи критичного застосування, контроль цілісності.

**THE ANALYSIS OF HARDWARE REALIZATION FOR ACTIVENESS
REGISTRATION METHOD OF LUT UNITS INCLUDING IN FPGA-BASED
DEVICES**

K.V. Zashcholkin, O.V. Drozd

Odesa National Polytechnic University,
1, Shevchenko Str., Odesa, 65044, Ukraine; e-mail: const-z@te.net.ua

The problems of the FPGA-based components integrity monitoring in safety-critical computer systems are considered. One of the most dangerous types of FPGA-based system integrity violation is the Hardware Trojans implantation. It was also noted that the likely scenario is the embedding of a Hardware Trojan into the system at the moment of the planned modification of the system, i.e. when the integrity monitoring based on the hash sum usage does not operate. Based on this, before running the integrity monitoring one should ensure that Hardware Trojans were not implanted during the regular planned modification. And a method necessary to detect the probable areas of hardware Trojans location in the space of FPGA-based components of computer systems is described. The method performs the preliminary project processing on the level of elementary computational units of FPGA-based system – LUT units (Look Up Table). The goal of the method is to detect the LUT unit subsets in which the Trojans' circuits are probably located. The presented method is based on the analysis of LUT unit activeness, i.e. the registration of value changes at these units outputs. The method allows to obtain statistics of the activity of LUT units, which makes it possible to analyze the change in the dynamics of the participation of these units in the computing process, in the normal and emergency operating modes of the safety-critical system on characteristic sets of input codewords. The method offers to enter an extra circuit of LUT unit activeness registration in a project. Two basic variants of the LUT block activity analysis scheme are proposed. These variants differ in the way of fixing activity and storing the fixed information in the internal memory of the circuit. The analysis of the possible ways of entering the mentioned circuits has been performed, and the advantages, disadvantages and restrictions of different circuit variants estimated.

Keywords: LUT-oriented architecture, FPGA, Safety-Critical Systems, Integrity Monitoring.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ВЫЯВЛЕНИЯ ТОЧЕК ЦИФРОВОГО МОНТАЖА В ФОНОГРАММАХ И МЕТОДОЛОГИЯ ЕЕ СОЗДАНИЯ**О.В. Рыбальский, В.И. Соловьев, В.В. Журавель**Национальная академия внутренних дел,
Соломенская площадь, 1, Киев, 02000, Украина; e-mail: gov_1946@ukr.net

Одним из сложнейших аспектов экспертизы материалов и средств видео и звукозаписи является выявление следов цифрового монтажа в фонограммах. Исследования этой проблемы привели к появлению ряда направлений и подходов к созданию систем выявления следов такого монтажа. Основными среди них являются две. Построение первой системы основано на измерении частоты сигнала сетевой наводки, зафиксированного на носителе. Система широко применяется в странах ЕС. Она позволяет идентифицировать аппаратуру записи, устанавливать оригинальность фонограммы и выявлять следы монтажа, выполненного путем компиляции нового целого из фрагментов фонограмм. Но это относится к фрагментам, на которых зафиксированы сигналы сетевой наводки разной частоты. К ним можно отнести фрагменты, записанные в разное время или в разных местах. Построение второй системы основывается на сравнении характеристик фрактальных структур, выделяемых из шумов пауз образцовых (экспериментальных) и исследуемой (спорной) фонограмм. Система разработана и применяется в Украине. Она позволяет идентифицировать аппаратуру записи, устанавливать оригинальность фонограммы и выявлять следы монтажа, выполненного путем компиляции нового целого из фрагментов фонограмм, записанных на разной аппаратуре. Обе системы базируются на методах идентификации аппаратуры записи, но ни одна из них не позволяет окончательно решить проблему выявления цифрового монтажа.

Показано, что требуется разработка системы, предназначенной для выявления точек монтажа в фонограммах, выполненных способом компиляции нового целого из фонограмм, записанных на одной аппаратуре записи или из одной фонограммы. Определены требования к такой системе и предложена методология ее построения. Предложена основная методология построения программной системы, основанная на использовании свободных библиотек глубокого обучения для нейронных сетей. Для проведения разработки системы предложено создать базу, содержащую не менее 10000 образцов фонограмм, необходимых для достаточной представительности статистических исследований. Для ее создания предложено автоматизировать процесс их изготовления.

Ключевые слова: нейронная сеть, точки монтажа, фонограмма, цифровой монтаж, экспертиза

Введение

Одним из сложнейших аспектов экспертизы материалов и средств видео и звукозаписи является выявление следов цифрового монтажа в фонограммах. Этой проблемой занимаются в ряде стран, где результаты такой экспертизы рассматриваются в судебных процессах по уголовным и гражданским делам, в том числе и в Украине.

Исследования этой проблемы привели к появлению ряда направлений и подходов к созданию систем (аппаратно-программных комплексов и методик их применения) выявления следов такого монтажа (далее – система).

Основными среди них являются:

- построение системы, основанное на измерении частоты сигнала сетевой наводки, зафиксированного на носителе. Система широко применяется в странах ЕС.

Она позволяет идентифицировать аппаратуру записи, устанавливать оригинальность фонограммы и выявлять следы монтажа, выполненного путем компиляции нового целого из фрагментов фонограмм (см., например, [1–3]). Но это относится к фрагментам, на которых зафиксированы сигналы сетевой наводки разной частоты. К ним можно отнести фрагменты, записанные в разное время или в разных местах;

- построение системы на сравнении характеристик фрактальных структур, выделяемых из шумов пауз образцовых (экспериментальных) и исследуемой (спорной) фонограмм [4]. Система разработана и применяется в Украине. Она позволяет идентифицировать аппаратуру записи, устанавливать оригинальность фонограммы и выявлять следы монтажа, выполненного путем компиляции нового целого из фрагментов фонограмм, записанных на разной аппаратуре.

Обе системы основаны на методах идентификации аппаратуры записи, но ни одна из них не позволяет окончательно решить проблему выявления цифрового монтажа.

Проблема заключается в том, что ни одна из этих систем не позволяет выявлять монтаж, выполненный способом компиляции нового целого из фрагментов одной фонограммы (способ вырезания и перестановки фрагментов) или фонограмм, записанных на одной аппаратуре.

Такой монтаж выполняется в звуковых редакторах в ручном режиме. Модель изменений в сигналах, возникающих в фонограммах при таком монтаже, показывают, что в обработанных фонограммах возникают изменения спектрального и фрактального состава записанных и обработанных сигналов [5]. Появление этих изменений подтверждаются экспериментально, но их уровень крайне мал [6]. Вероятно, эти изменения могут быть пригодны для использования в качестве идентификационных признаков при построении системы.

Цель работы

Цель статьи состоит в определении требований к системе, позволяющей выявлять монтаж, выполненный способом вырезания и перестановки фрагментов одной фонограммы, а также к методологии ее создания.

Основная часть

При определении требований к системе мы исходим из того, что монтаж производится в паузах между словами [7]. Поэтому система должна определять паузы, на которые припадает начало и окончание вставляемого фрагмента. Кроме того, система должна определять паузы, в которых происходит стыковка двух частей фонограммы при вырезании фрагмента. Очевидно, что система должна быть способна определять такие паузы (далее – точки) независимо от того в начале, середине или конце паузы произошла состыковка фрагментов фонограммы.

Разумеется, что система должна выявлять точки монтажа в фонограммах, записанных на аппаратуре звукозаписи любого типа и конструкции.

Также в системе должна обеспечиваться высокая достоверность получаемых результатов.

Последнее требование к системе сразу же выдвигает требования к методологии ее создания.

Система должна строиться на вероятностных принципах с установлением величины ошибки первого и второго рода. Это подразумевает использование технологии проверки ее работоспособности на большом количестве статистического материала, что крайне необходимо для отработки программы, выявляющей точки монтажа, и методики ее применения в экспертизе. Следовательно,

необходимо создать базу для проведения исследований, содержащую не менее 10000 фонограмм, записанных на разной аппаратуре. При этом база должна содержать необработанные (первичные) и обработанные фонограммы. Обработка фонограмм должна производиться в формате wav. После обработки фонограмма должна быть преобразована в формат, используемый в аппаратуре, на которой была записана первичная фонограмма. При этом необходимо сохранить обработанную фонограмму в обоих форматах. Совершенно очевидно, что создать такую базу, пользуясь способом ручного монтажа в звуковом редакторе, за короткое время практически невозможно. Поэтому следует использовать средства автоматизации для изготовления образцов фальсификатов, необходимых для проведения исследований направлений и путей создания системы. Такое средство должно опираться на следующие принципы:

- должна использоваться автоматическая сегментация пауз;
- при состыковке фрагментов фонограммы должно производиться автоматическое сглаживание скачков сигнала;
- монтаж должен не зависеть от содержания монтируемых речевых фрагментов;
- длительность смонтированной фонограммы должна составлять не менее 1 мин.;
- при создании образцов фальсификатов должно автоматически фиксироваться положение точек монтажа.

Мы полагаем, что и требования к системе, и принципы автоматизации создания образцов для ее отработки могут быть реализованы при использовании современных технологий глубокого обучения на нейронных сетях. Это требование обусловлено большими массивами обрабатываемых данных и необходимостью испытаний разнообразных гипотез.

Методологически возможны два направления создания системы, ориентированные на разные методики проведения экспертизы. Первое из них – направление, ориентируемое на сравнительные исследования спорной фонограммы с образцами, записанными экспертом на аппаратуре записи, представленной на экспертизу.

Второе – направление, ориентируемое на сравнение характеристик пауз внутри исследуемой фонограммы на основе определенных критериев, характеризующих наличие монтажа в конкретных точках.

По нашему мнению, второе направление является более предпочтительным с точки зрения общности решаемой задачи и удобства проведения экспертизы. Однако разработка системы, основанной на этом направлении, представляется достаточно сложной. Мы предполагаем, что в процессе ее создания необходимо будет найти решения ряда частных задач, связанных с поиском функции (или функционала) оптимизации и функций входных данных, критериев выявления точек монтажа и критериев ошибки и т.п. Разумеется, этот перечень задач будет уточняться в процессе разработки.

При разработке системы предполагается воспользоваться свободными библиотеками программных модулей, предназначенных для конструирования нейронных сетей [8, 9]. Такой путь решения поясняется необходимостью обработки больших массивов статистической информации, содержащейся в исследуемых фонограммах. Наиболее сложной частью разработки представляется выбор функций входных данных, подлежащих обработке, поскольку этими функциями определяется выбор физических характеристик исследуемых сигналов что, в свою очередь, определит многие другие параметры системы. Таких характеристик может быть несколько и выбрать их можно только в процессе проведения массовых экспериментов. Этот выбор определит дальнейший путь разработки системы. Именно

поэтому необходимо автоматизировать изготовление образцов фальсификатов фонограмм.

Разработка и исследования подобного рода систем без автоматизации процесса вычислений современными методами едва ли целесообразны по причине невозможности оценки их эффективности на достаточно представительном массиве обработанных фонограмм.

Выводы

На основе анализа разработанных и используемых в настоящее время систем, предназначенных для экспертизы фонограмм:

- показано, что ни одна из них не обеспечивает выявление точек цифрового монтажа, выполненного способом компиляции нового целого из фонограмм, записанных на одной аппаратуре записи или из одной фонограммы;
- показано, что требуется разработка новой системы, предназначенной для выявления точек монтажа в фонограммах, выполненных таким способом;
- определены требования к такой системе и предложена методология ее построения.

Основная методология построения системы должна опираться на использование свободных библиотек программ, предназначенных для построения нейронных сетей, что поясняется большими массивами информации, подлежащей статистической обработке.

Для выбора направления и пути разработки системы предложено создать базу, содержащую не менее 10000 образцов сфальсифицированных фонограмм, выполненных указанным способом. Для ее создания предложено автоматизировать процесс их изготовления.

Список литературы

1. Aggarwal, R. Cellphone identification using noise estimates from recorded audio, in: Communications and Signal Processing (ICCSP), 2014 International Conference on, IEEE / R. Aggarwal, S. Singh, A.K. Roul, N. Khanna, 2014. - Pp. 1218–1222.
2. Garcia-Romero, D. Automatic acquisition device identification from speech recordings, in: Acoustics Speech and Signal Processing (ICASSP), 2010 IEEE International Conference on, IEEE / D. Garcia-Romero, C.Y. Espy-Wilson, 2010. - Pp. 1806–1809.
3. Panagakis, Y Automatic telephone handset identification by sparse representation of random spectral features, in: Proceedings of the on Multimedia and security / Y. Panagakis, C. Kotropoulos, 2012. – Pp. 91–96.
4. Рыбальський, О.В. Методика визначення оптимальних значень фрактальних масштабів залежно від використання форматів записів під час проведення технічних досліджень звуко-та відеозаписів на основі застосування програмного комплексу «Фрактал» / О.В. Рыбальський, В.І. Соловйов, В.В. Журавель, Т.О. Татарнікова. – К.: ЛОНМР ДНДЕКЦ МВС України. – 2017. – 80 с.
5. Рыбальський, О.В. Следы монтажа в цифровых фонограммах, выполненного способом вырезания и перестановки фрагментов / О.В. Рыбальський, В.И. Соловьев, В.В. Журавель // Реєстрація, зберігання і обробка даних, 2016. – т. 18, №1. – С. 32–41.
6. Рыбальський, О.В. Экспериментальная проверка эффекта изменения фрактального состава сигналов при монтаже фонограммы способом вырезания и перестановки фрагментов / О.В. Рыбальський, В.И. Соловьев, В.В. Журавель // Сучасна спеціальна техніка. – 2016. – № 3. – С. 75–85.
7. Рыбальський, О. В. Современные методы проверки аутентичности магнитных фонограмм в судебно-акустической экспертизе / О.В. Рыбальський, Ю.Ф. Жариков. – К. : Нац. акад. внутр. справ України, 2003. – 300 с.
8. Николенко, С. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей / С. Николенко, А. Кадурич, Е. Архангельская. – С.-Пб.: Издательский дом Питер, 2016. – 476 с.

9. Bengio Y. Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning) / Y. Bengio, A. Courville, 2016. – 781 p.

ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ТОЧОК ЦИФРОВОГО МОНТАЖУ У ФОНОГРАМАХ І МЕТОДОЛОГІЯ ЇЇ СТВОРЕННЯ

О.В. Рыбальський, В.И. Соловйов, В.В. Журавель

Національна академія внутрішніх справ,
Солом'янська площа, 1, Київ, 02000, Україна; e-mail:

Одним із найскладніших аспектів експертизи матеріалів і засобів відео та звукозапису є виявлення слідів цифрового монтажу у фонограмах. Дослідження цієї проблеми призвели до появи ряду напрямів і підходів до створення систем виявлення слідів такого монтажу. Основними серед них є дві. Побудова першої системи основана на вимірюванні частоти сигналу мережевої наводки, зафіксованого на носії. Система широко застосовується в країнах ЄС. Вона дозволяє ідентифікувати апаратуру запису, встановлювати оригінальність фонограми та виявляти сліди монтажу, виконаного шляхом компіляції нового цілого з фрагментів фонограм. Але це відноситься до фрагментів, на яких зафіксовані сигнали мережевої наводки різної частоти. До них можна віднести фрагменти, записані в різний час або в різних місцях. Побудова другої системи ґрунтується на порівнянні характеристик фрактальних структур, що виділяються з шумів пауз зразкових (експериментальних) і досліджуваною (спірною) фонограм. Система розроблена і застосовується в Україні. Вона дозволяє ідентифікувати апаратуру запису, встановлювати оригінальність фонограми та виявляти сліди монтажу, виконаного шляхом компіляції нового цілого з фрагментів фонограм, записаних на різній апаратурі. Обидві системи базуються на методах ідентифікації апаратури запису, але жодна з них не дозволяє остаточно розв'язати проблему виявлення цифрового монтажу.

Показано, що необхідна розробка системи, призначеної для виявлення точок монтажу у фонограмах, виконаних способом компіляції нового цілого з фонограм, записаних на одній апаратурі запису або з однієї фонограми. Визначені вимоги до такої системи і запропонована методологія її побудови. Запропонована основна методологія побудови програмної системи, що заснована на використанні вільних бібліотек глибокого навчання для нейронних мереж. Для проведення розробки системи запропоновано створити базу, що міститиме не менше 10000 зразків фонограм, необхідних для достатньої показності статистичних досліджень. Для її створення запропоновано автоматизувати процес їх виготовлення.

Ключові слова: нейронна мережа, точки монтажу, фонограма, цифровий монтаж, експертиза

THE BASIC REQUIREMENTS TO THE SYSTEM OF EXPOSURE OF POINTS OF THE DIGITAL EDITING IN PHONOGRAMS AND METHODOLOGY OF HER CREATION

O.V. Rybalskiy, V.I. Solovyov, V.V. Zhuravel

National Academy of Internal Affairs,
Solomenskaya Square, 1, Kiev, 02000, Ukraine; e-mail:

One of the most difficult aspects of examination of materials and facilities of video and audio recording is an exposure of tracks of the digital editing in phonograms. Researches of this problem resulted in appearance of row of directions and going near creation of the systems of exposure of tracks of such editing. Basic among them it is been two. Construction of the first system is based on measuring of frequency of the signal of the network aiming, fixed on a carrier. The system is widely used in countries EU. She allows to identify the apparatus of record, set originality of phonogram and expose tracks of editing executed by compiling of new unit from the fragments of phonograms. But it behaves to the fragments which the signals of the network aiming of different frequency are fixed on. To them it is possible to take fragments written in at different times or in different places. Construction of the second system is based on comparison of descriptions of the fractal structures distinguished from noises of pauses exemplary (experimental) and investigated (debatable) phonograms. The system is worked out and is used in Ukraine. She allows to identify the apparatus of record, set originality of phonogram and expose tracks of editing, executed by compiling of new unit from the fragments of phonograms written in on a different apparatus. Both systems are based on the methods of authentication of apparatus of record, but none of them allows finally to decide the problem of exposure of the digital editing.

It is shown that development of the system, intended for the exposure of points of editing in the phonograms, executed by the method of compiling of new unit from phonograms written in on one apparatus of record or from one phonogram, is required. Requirements are certain to such system and methodology of her construction is offered. The basic methodology of construction of the programmatic system, based on the use of free libraries of the deep educating for neuron networks, is offered. For realization of development of the system it is suggested to create a base, containing no less than 10000 standards of phonograms necessary for the sufficient representativity of statistical researches. For her creation it is suggested to automatize the process of their making.

Keywords: neuron network, points of editing, phonogram, digital editing, examination.

**FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF SOCIAL PROJECTS USING
INFORMATION TECHNOLOGY****O.O. Chernyshov, T.V. Filatova**

Odesa National Polytechnic University,
1, Shevchenko Ave., Odesa, 65044, Ukraine; e-mail: oleksii.chernyshov@outlook.com, filatova.321@gmail.com

The development of IT technologies in the social sphere has led to the widespread use of new developments to ensure the more efficient functioning of existing systems. Internet of things, machine learning, online education, Internet technologies, mobile applications, cybersecurity and other areas of information technology are widely used in modern projects aimed at providing services to consumers, helping those in need, advertising and other activities. The application of new ideas, technologies and approaches can be realized thanks to start-up projects, as they have easy scalability, great automation and focus on the end user, and do not require large investments and a large number of staff. Thus, the idea is subject to verification by the target audience of the product, minimizing the necessary development costs, which allows us to test the success of a new idea, concept, technology, methodology, etc. without large losses. This article describes and accumulates features of project development (start-ups) of social orientation using information technologies. The described methodology reflects the stage-by-stage formation and development of a start-up that will allow the business to select and create a product successfully implemented, implemented and bringing the effectiveness for which it was created. The article considers various ways of developing projects and building strategies, describes the limitations and advantages of existing approaches, business models, methodologies. Initially, it is necessary to assemble a team and determine the idea, available resources for the developed IT product, and, based on this, a strategy for its implementation and improvement. The project takes its place in the market, when satisfying customer needs better than the others in any aspects. The result that the start-up project seeks to become successful is to match the product and market fit, solve the customer problem, take into account the competitive environment (experienced possession of segmentation, positioning and product targeting), improve the problem / situation after launch project.

Key words: project; product; management; social project; IT.

Introduction

In the process of development of the social sphere, social projects have become an important aspect in solving various kinds of problems. In our time, with the application of information technology, new models are opening up to create and develop public innovations. New approaches to the creation of social projects provide significant hanging of efficiency through the use of information technologies that allow to automate existing processes, reduce costs and open new ways for financing. New approaches differ from established ones, they have many advantages over standard ones. Their use requires expertise in several areas, which complicates the creation of similar projects.

In order to determine the optimal approach to the creation of such a project, it is necessary to analyze and determine the stages of the development of existing projects that have gone from an idea to implementation.

Information technology in our time can significantly improve people's lives. By providing new approaches to social projects, it is possible to significantly improve their effectiveness and reach a new level of social attraction of citizens.

A social project is an implementation of an idea that is useful to society: countries, cities, people, etc. A social project in the field of information technology involves the

development of an information system, a software product that has a characteristic social value.

The definition of the social project, the concept of the implementation of projects in the field of information technology are considered and presented by various authors and researchers [1]. In addition, great importance is given to the universal principles of consideration or creation of any projects in various spheres of life in which a unified methodology can be applied. Analyzing existing projects in the field of social orientation, we can come to the conclusion that at the moment the development of public projects in the field of information technologies is topical. The purpose of their creation is not only to help the surrounding world in certain tasks, but also to provide services in this area [2].

Main part

The development of social projects unites the creation of both a software product and a social innovation. The complexity lies in the need for an integrated approach, which must take into account many aspects of the project. You need to take into account the various parameters of the idea: subject area, target audience, business model, team and available initial resources.

As an example of an IT social project, the article describes the Helpy project, which passed from idea to implementation in the framework of the projects "Programmer 2018" and "Social IT" and represents a volunteer platform [3].

Each project consists of many aspects. Let's highlight the main aspects of the important when creating a new project:

- the idea is the main concept of a future project; the idea should clearly define what tasks the future project will perform, for whom the product is developed, what competitors are on the market and what advantages this product will have in comparison with others;
- the team is a group of like-minded people; it is important that the team members are interested in the project objective and actively participate in its development, and also have the necessary competencies;
- the development strategy is a project development plan that includes planning of the economic, organizational, marketing, technical and technological aspects of the project;
- initial resources are all human and man-made resources; depending on the existing requirements of the project and available resources, the business model is determined.

The team is an important part of every project. Social projects are built around people interested in the idea of the project. Team members should specialize in various aspects of the project and have sufficient experience to fulfill their role in the team. Team building is an important stage in the creation of the project, and in cases where the final requirements for the project do not exist, the first stage in the creation of any social project is the definition of the team. In actual conditions, the initial concept of the project must be formed before the team is assembled, as this allows to form a team of like-minded people with the necessary experience and knowledge to solve the problem posed. To determine the actual topic, it is necessary to make a list of possible ideas for the future development of the project, for example, during a brainstorming session. Further the evaluation criteria are determined, which reflect the goals that enthusiasts set for themselves. For example, they can include the relevance, sociality, financial prospects and personal preferences of team members. As a result, the ideas with the maximum indicators are selected and, during the discussion, the final idea of the project is selected from them. In table 1 shows a layout that allows you to determine expertly the most significant project. Such a technique can be considered in different subject areas [2].

Table 1.

EXPERT LAYOUT OF PROJECT SELECTION

Title	Criteration № 1	Criteration № 2	...	Score by criteration №1	Score by criteration №2	Subjective assessment (max 5)				Total
						Name №1	Name №2	Name №3	...	
Title a	Criteration a1	Criteration a2	...	score	score	score	score	score		
Title b	Criteration b1	Criteration b2	...	score	score	score	score	score		
...

It is worth noting that the total number of points is determined by the formula of the amount by which the ideas of the projects are subsequently ranked. The team leader, or appointed trustee, determines the evaluation criteria and evaluates these criteria. In addition to evaluation criteria, it is possible to take into account personal estimates of the team, if the number of its members is small, then the responsible person must determine how many points are allocated for each criterion and for each participant. As an example of a sorted idea table, the Helpy project table is shown (see table 2). When the idea is chosen, all the forces go to think through its concept, it includes: defining the target audience, business model, technical implementation, competitive analysis and strategy, which determines scalability, implies the automation of the key activities of the project and the immediate plans of the project. To help in this process, it is usually resorted to the support of mentors, people with experience in a particular area related to product development, including technical implementation, monetization, design, marketing, etc.

Table 2.

SORTED PROJECT IDEAS TABLE OF HELPY

Title	Description	Business model	Social significance	Business model	Subjective assessment (max 5)				Total
					A	C	B	K	
A Volunteer Platform	Our clients are volunteers ...	Interest from ...	10	8	5	5	5	5	38
A Assistant Deaf	Application helping deaf. It ...	Purchase an app...	10	7	5	4	5	3	34
A Labor market analyst	Market analysis service	Collaborations...	9	7	5	5	4	3	33
K Finding the nearest help	Search for volunteers...	Transaction Percentage	10	7	4	3	4	4	32
B Service rental of equipment	The service that facilitates...	Interest from rent	7	7	5	2	5	4	30
A Marshrut Tracker	Application development...	Monthly subscription for customers	7	8	4	5	4	2	30
A Service evaluation of doctors and honey. institutions	A rating platform from ...	Advertising	8	6	5	3	4	3	29
B Job search service for students	Search Offer Platform	Advertising...	7	7	5	2	5	3	29
A Scientific nutrition	Selection of diets according...	Subscription (no ads, offline)	8	9	4	5	1	2	29

The target audience helps to allocate the necessary functionality of the project, which is determined on the basis of the needs of future customers, also a good understanding of the consumer allows to determine the correct business model, technical implementation and think over the development strategy. Competitive analysis makes it possible to highlight more clearly the weak and strong sides of the market, which clearly shows which elements of the project need to be improved. For competitive analysis, it is sufficient to identify market leaders and their key strengths and weaknesses. An example of a competitive analysis of the proposed Helpy project is shown in table 3.

Table 3.

COMPETITIVE ANALYSIS OF THE IT PROJECT HELPY.

	Communication without intermediaries	Broad audience reach	Publicity of profiles
Helpy	+	+	+
IT-Volunteer	+	-	-
Ukrainian Volunteer Service	-	+	-

The business model of a project can be based on one of the following principles (Fig. 1):

- the non-commercial approach [4, Article 1] is an approach based on the field of volunteerism, where all expenses are covered by charity; is often used in classical social projects, but makes the project highly dependent on non-permanent resources and does not provide adequate reliability and sufficient resources to support the technology project;

- the nonprofit approach involving grants and / or funding [4, Article 6] - the approach involves ensuring project costs through grants or investments from stakeholders; allows to develop the project under conditions established by the investor, and based on the resources provided; the investor provides support, but also can set a lot of constraints that hinder the growth of the project, or incline its development into a profitable investor channel;

- the commercial approach [5] - an approach based on the provision of paid services and guided by the principles of supply and demand; this approach is able to properly provide the required technology project, but requires a certain initial capital, which is determined by the costs of developing a client product, and experience in creating a business;

- the commercial approach involving grants and / or financing [5] is a commercial approach based on attracting investors for project development when there is a shortage of resources; often this approach provides insignificant control over the organization's processes on the part of investors; an investor can provide mentoring assistance.

The main stage is the development of the final product. This is a complex process that is based on all the previous stages and requires proper knowledge of technology, as well as the skills and experience of software design and resource management of the company. This stage can be radically different depending on the chosen idea, business model, team and available financial resources.

The use of information technology involves a variety of design and development options. The main thing is that it's convenient, as accessible as possible and, if possible, free of charge.

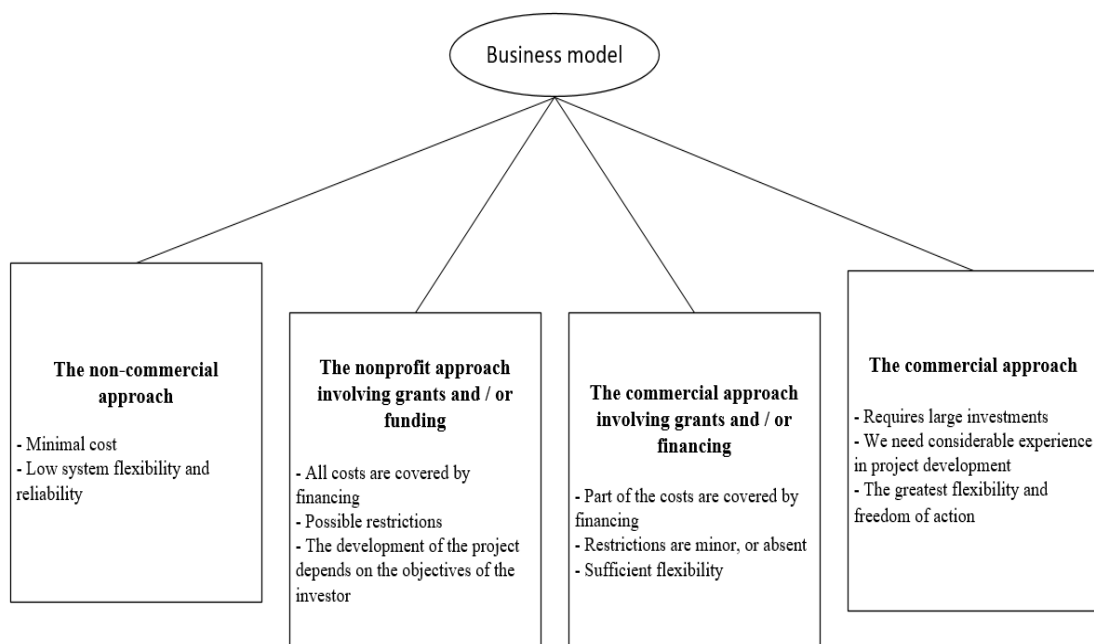


Fig. 1. The business model principles

The described ideas and possibilities for designing and implementing social projects are presented on the example of a successfully implemented project, approved by experts and specialists of the given subject area.

Conclusion

The result of the description of the presented methodology can be a public platform for volunteers and organizers Helpy, which went through all the described stages and was recognized by experts in the field of IT. Developed as part of the Social IT project, system Helpy moved from idea to implementation, faced with all the steps described in the article. The project is guided by the commercial principle of modern start-ups and continues to develop.

To reduce the risks of the project - it is necessary to choose the right approach to its development, based on the many complex factors described in the article.

The development of a social project using information technology is complex. It combines approaches to creating both a software product and social innovations. Such projects should have all the advantages of approaches to new technological projects, have easy scalability and flexibility of the system, apply new types of business models and approaches to the development and development of new software products in the consumer market.

References

1. Palchuk, V. Social Information Communications and the Development of the Activity of Modern Information Centers. *Naukovi pratsi Natsionalnoi biblioteki Ukrainy imeni V. I. Vernadskoho – Transactions of V. I. Vernadsky National Library of Ukraine / V. Palchuk.* – Kyiv, 2017. – Pp. 74-91 [in Ukrainian].
2. Filatova, T.V. Methodology for the presentation of social projects in the IT industry / T.V. Filatova, O.O. Chernyshov // *Materials of III International Conference Computer Algebra and*

- Information Technologies CAIT-Odessa-2018, 20th, to August, 25th, 2018, Odessa I.I. Mechnikov National University. – Pp. 85-87 [in Russian].
3. The Boris Kolesnikov Foundation. (2018). “The result of the beneficent project "Programmer 2018” Mode of access: <http://kolesnikovfund.org/ru/news/1652>.
 4. Zakon Ukrainy pro blagodiynu diyalnist ta blagodiyni jhganizatcii vid 06.11.2016 Mode of access: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/5073-17>
 5. Ignatovich, N. Zarubizhniy dosvid rozvitku sotsialnogo pidpriemnitstva. VIIsnik Kiivskogo natsionalnogo universitetu im. Tarasa Shevchenka. Seriya: Ekonomika / N. Ignatovich, V. Gura, 2014. - vol. 165.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ СОЦІАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

О.О. Чернишов, Т.В. Філатова

Одеський національний політехнічний університет,
просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна; e-mail: filatova.321@gmail.com,
oleksii.chernyshov@outlook.com

Розвиток ІТ-технологій у соціальній сфері призвело до широкого використання нових подій для забезпечення більш ефективного функціонування існуючих систем. Інтернет речі, машинне навчання, онлайнове навчання, Інтернет-технології, мобільні додатки, кібербезпека та інші сфери інформаційних технологій широко використовуються в сучасних проектах, спрямованих на надання послуг споживачам, допомагаючи тим, хто потребує, рекламу та інші види діяльності. Застосування нових ідей, технологій та підходів може бути реалізоване завдяки стартап проектам, оскільки вони мають просту масштабованість, велику автоматизацію та зосередженість на кінцевому користувачеві, а також не вимагають великих інвестицій та великої кількості співробітників. Таким чином, ця ідея підлягає перевірці цільовою аудиторією продукту, мінімізуючи необхідні витрати на розробку, що дозволяє нам протестувати успіх нової ідеї, концепції, технології, методології тощо без значних втрат. Ця стаття описує та акумулює особливості розробки проектів (запусків) соціальної спрямованості за допомогою інформаційних технологій. Описана методологія відображає поетапне формування та розвиток стартап проектів, що дозволить організації вибирати та створювати продукт, який успішно впроваджується, використовується та забезпечує ефективність, для якої вона була створена. У статті розглядаються різні шляхи розробки проектів та побудови стратегій, описуються обмеження та переваги існуючих підходів, бізнес-моделей, методологій. Спочатку необхідно зібрати команду та визначити ідею, наявні ресурси для розробленого ІТ-продукту та, відповідно, стратегію її реалізації та вдосконалення. Проект займає своє місце на ринку, коли задовольняє потреби клієнтів краще, ніж інші в будь-яких аспектах. Результат, при якому стартап проект прагне стати успішним, полягає у відповідності продукту та ринковому потенціалу, вирішенню проблем клієнта, врахуванню конкурентного середовища (досвіду володіння сегментацією, позиціонуванню та націлюванню на продукти), поліпшенню проблеми / ситуації після запуску проекту.

Ключові слова: проект; соціальний проект; управління; програмний продукт; ІТ - область.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.А. Чернышов, Т.В. Филатова

Одесский национальный политехнический университет,
просп. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина; e-mail: filatova.321@gmail.com,
oleksii.chernyshov@outlook.com

Развитие ИТ-технологий в социальной сфере привело к широкому использованию новых событий для обеспечения более эффективного функционирования существующих систем. Интернет продукты, машинное обучение, обучение через интернет-технологии, мобильные приложения, кибербезопасность и другие сферы информационных технологий широко используются в современных проектах, направленных на предоставление услуг потребителям, помогая тем, кто нуждается, в рекламе и других видах деятельности. Применение новых идей, технологий и подходов может быть реализовано благодаря стартап проектам, поскольку они имеют простую масштабируемость, большую автоматизацию и сосредоточенность на конечном пользователе, а также не требуют больших инвестиций и большого количества сотрудников. Таким образом, эта идея подлежит проверке целевой аудиторией продукта, минимизируя необходимые расходы на разработку, что позволяет протестировать успех новой идеи, концепции, технологии, методологии и т.п. без значительных потерь. Эта статья описывает и аккумулирует особенности разработки проектов (запусков) социальной направленности с помощью информационных технологий. Описанная методология отражает поэтапное формирование и развитие стартап проектов, позволит организации выбирать и создавать продукт, который успешно внедряется, используется и обеспечивает эффективность, для которой она была создана. В статье рассматриваются различные пути разработки проектов и построения стратегий, описываются ограничения и преимущества существующих подходов, бизнес-моделей, методологий. Сначала необходимо собрать команду и определить идею, имеющиеся ресурсы для разработанного ИТ-продукта и, соответственно, стратегию ее реализации и совершенствования. Проект занимает свое место на рынке, когда удовлетворяет потребности клиентов лучше, чем другие в любых аспектах. Результат, при котором стартап проект стремится стать успешным, заключается в соответствии продукта и рыночного потенциала, решению проблем клиента, учету конкурентной среды (опыта владения сегментацией, позиционированию и нацеливанию на продукты), улучшению проблемы /ситуации после запуска проекта.

Ключевые слова: проект; социальный проект; управление; программный продукт; ИТ-область.

ДИСКРИМІНАЦІЯ ЗА НАЦІОНАЛЬНИМИ ОЗНАКАМИ В МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ**О.М. Симонова, І.І. Бобок**Одеський національний політехнічний університет,
просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна; e-mail: onu_metal@ukr.net

Сьогодні мережа Інтернет не має дієвих засобів захисту для різномірних верств населення у випадках розповсюдження певних стереотипних думок щодо расового, національного, релігійного, політичного або етнічного походження населення. Інтернет є підґрунтям при створенні злочинних угруповань, розповсюдженні дискримінаційного характеру повідомлень, у тому числі, расистського, шовіністичного, антиісламістського напрямлення. З погляду на це, метою роботи є формування уявлення, щодо поняття дискримінації в загальному вигляді та надати можливі практичні рекомендації, стосовно усунення проявів дискримінації у суспільстві в цілому, зокрема у мережі Інтернет, а також виявити джерела розповсюдження дискримінації в окремих сферах людського життя. У результаті проведеної роботи було встановлено відмінність між близькими за змістом поняттями – «дискримінація», «ксенофобія» та «шовінізм». Також було проведено соціологічне дослідження, у результаті якого, на основі відповідей респондентів на поставлені запитання, були отримані пропозиції та рекомендації щодо можливих дій для боротьби з дискримінацією за національними ознаками в мережі Інтернет. Встановлено, що 74,3% опитуваних вважають, що держава може проводити антидискримінаційну політику в Інтернеті; на думку 71,6% респондентів ігнорування проблем, пов'язаних з проявами дискримінації на державному рівні, сприяє розвитку загрози безпеки держави в цілому; 68,9% опитуваних вважає, що існуючий контент в Інтернеті може створювати загрозу і впливати на прояви і розповсюдження дискримінації. Результати даної роботи можуть бути використані при формуванні антидискримінаційної політики в державі – створення нових законодавчих актів, прийняття нових стратегій при боротьбі із проявами дискримінації у країні, проведення міжнародних конференцій, присвячених антидискримінаційним діям.

Ключові слова: дискримінація, шовінізм, ксенофобія, антидискримінація, антидискримінаційна політика, мережа Інтернет, соціологічне опитування.

Вступ

Науково-технічний прогрес стає причиною появи не лише нових можливостей та новаторських ідей, а й впливає на розповсюдження певних глобальних проблем, обмежень для окремих людей, іноді стає засобом приниження та зневажливості певних категорій громадян за расовою, національною належністю, політичними або релігійними переконаннями [1]. Виникає дилема щодо отримання максимальної користі від глобальної мережі для держави та окремо взятих осіб без порушення чийось інтересів. Мережа Інтернет не має 100% захисту для різномірних верств населення у випадках розповсюдження певних стереотипних думок щодо расового, національного, релігійного, політичного або етнічного походження населення. Навіть держава, яка усіяко проводить антидискримінаційну політику, не в змозі протидіяти впливам глобальних інформаційних мереж, особливо, коли вільний доступ до інформації передбачений багатьма міжнародно-правовими актами та національним законодавством.

Інтернет сьогодні часто є підґрунтям при створенні злочинних угруповань, розповсюдженні дискримінаційного характеру повідомлень, у тому числі, расистського, шовіністичного, антиісламістського напрямлення. Інтернет стає основою при утворенні нових форм дискримінаційних уявлень. Так, за даними експертів, в

Україні серед користувачів соціальних мереж до 80% молоді поширює дискримінаційний контент, навіть над цим не замислюючись [2]. Дуже часто під виглядом смішних картинок, глузливих написів криється дискримінаційний сенс. Але інтернет-користувачі над цим навіть не замислюються, а просто "лайкають" і пересилають своїм друзям.

Варто зазначити, що на сьогоднішній день прояви дискримінації зустрічаються навіть в Інтернет-торгівлі. На ранньому етапі інтернет-платформи зберігали відносну анонімність продавців і покупців. Потім додалися фотографії, імена і конкретні характеристики користувачів. Цілі всього цього були благими, але в угодах стало все більше упередженості.

Сьогодні користувачі самих різних Інтернет-сервісів уважно вивчають, з ким їм доведеться мати справу, і часто приймають рішення на підставі фотографії або імені. Доступність цієї інформації залежить від платформи: одні зберігають достатню анонімність учасників, інші дотримуються принципів, давно заборонених на реальних ринках. На багатьох сайтах, в тому числі Etsy і CustomMade, потенційні покупці бачать не тільки товар, а й ім'я, і фотографію продавця. Звичайно, чим більше інформації про потенційних партнерів, тим менше шансів помилитися. Але в той же час з'являється все більше доказів, що додаткові відомості підживлюють різні прояви дискримінації [3].

Таким чином, Інтернет не тільки не покінчив з дискримінацією, але сам став її джерелом.

В умовах сьогодення, коли Україна знаходиться у щоденній боротьбі як із внутрішніми так і зовнішніми ворогами, проникнення основних характерних впливів дискримінації до свідомості її громадян відбувається доволі легко, тому проведення моніторингу розповсюдження проявів дискримінації серед українських користувачів мережі Інтернет є актуальним для можливості знаходження способів їй протистояти.

Мета роботи

Одним з найбільш поширених видів дискримінації є в наш час дискримінація за національною ознакою. Враховуючи це, аналізу саме цього питання присвячена робота.

Мета роботи полягає у проведенні соціологічного дослідження щодо ставлення населення до розповсюдження мережею Інтернет певних дискримінаційних за національною ознакою матеріалів з наступним наданням певних рекомендацій щодо протистояння цьому процесу.

Основні завдання, які підлягають розв'язанню в даній роботі, наступні:

- виявлення відмінностей у ставленні до громадян певної країни і національних меншин, які проживають на її території;
- чи може дискримінація за національною ознакою в Інтернеті стати причиною проблем на державному, міжнародному рівнях;
- чи відбувається за сьогоднішніх умов боротьба з дискримінацією за національною ознакою, які законні методи боротьби з дискримінацією використовують окремі особи, держава.

Основна частина

Для того, щоб показати і об'єктивно оцінити ставлення населення до розповсюдження мережею Інтернет певних дискримінаційних за національною ознакою матеріалів, було проведено соціологічне опитування, основними завданнями якого стали:

- виявлення відмінностей у ставленні до громадян якоїсь країни і національних меншин, які проживають на її території ?????: чи проявляє хтось із них дії дискримінаційного характеру в Інтернеті, усвідомлено/не усвідомлено це відбувається або на фоні «стадного мислення»;

- чи існує ненульова ймовірність того, що дискримінація за національною ознакою в Інтернеті може викликати проблеми/ускладнення на державному, міжнародному рівні;

- з'ясувати позицію пересічного громадянина до розповсюдження мережею Інтернет певних дискримінаційних матеріалів: чи вважають опитувані, що з дискримінацією за національною ознакою потрібно боротися; чи вживають вони особисто які-небудь дії в цьому напрямку; чи є в них будь-які ідеї, способи боротьби з даним видом дискримінації, які вони можуть запропонувати.

Опитування проводилося з 18 по 25 травня 2018 року. Вибіркова сукупність була побудована на основі статистичних даних про чисельність за гендерною приналежністю, віком і рівнем освіти. Наявність подібних питань дозволило надалі обробити матеріал анкетування в межах тієї чи іншої підгрупи людей, при необхідності зіставивши аналогічну інформацію з різних підгруп. В опитуванні взяло участь 183 особи різних вікових категорій. Була реалізована квотна вибірка з набором респондентів за квотними ознаками (стать, вікова група, рівень освіти).

Портрет респондентів виглядає наступним чином: більшу частину опитуваних склали жінки (рис.1) віком до 40 років (табл.1), для чоловіків вікова межа більшості становить 50 років (табл.1), рівень освіти респондентів виявився досить високим. Велика частина опитуваних має професійну освіту. У табл. 1 наведені дані про вік, освіту та належність до національних меншин, відштовхуючись від статі опитуваних.

97% учасників опитування (рис.2) користуються мережею Інтернет, та кожен має вільний доступ до соціальних мереж та пошукових сайтів, тобто усі вони є учасниками інформаційного обміну.

Імовірно, далеко не всі учасники опитування мали чітке уявлення про те, що таке дискримінація, і як вона може проявлятися в Інтернеті. В умовах масового опитування розраховувати на адекватні відповіді, задаючи прямі питання про дискримінацію, взагалі не можна, так як зафіксоване різне розуміння цього терміна і навіть нерозуміння не дозволять однозначно інтерпретувати отримані відповіді. Тому для вирішення цієї проблеми був обраний наступний спосіб: респондентам задавалося питання, чи розуміють вони значення слова «дискримінація», чи зустрічалися вони з проявом дискримінації за національною ознакою в Інтернеті. При позитивній відповіді на останнє питання додатково з'ясовувалося, як саме проявлялася дискримінація.

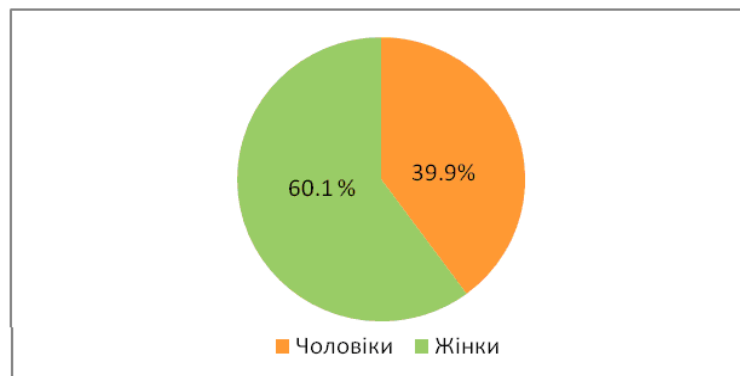


Рис. 1. Діаграма кількості респондентів за статтю

Таблиця 1.

Вибірка за статтю¹ (%)

Ознаки	Стать	
	Чоловіки	Жінки
	39,9 (100)	60,1 (100)
Вік		
До 20	13,6 (34)	17,4 (29)
21-30	10,4 (26,5)	14,45 (24)
31-40	8,8 (22,5)	8,75 (15)
41-50	4,4 (11)	10,8 (18)
51-60	2,5 (4,5)	5,14 (9)
Більше 60	0,2 (1,5)	3,6 (5)
Відношення до національних меншин		
Ні	35,6 (89)	47,2 (79)
Так	4,3 (11)	12,9 (21)
Освіта		
Вища або незакінчена вища	22,4 (64)	35,6 (56)
Середня спеціальна (технікум, коледж)	2 (21)	6,1 (11)
Середнє або початково- професійне (ПТУ, ліцей)	5,8 (1)	1,1 (1)
Повна середня	9,7 (14)	15,8 (26)
Неповна середня, початкова	-	1,5 (3)

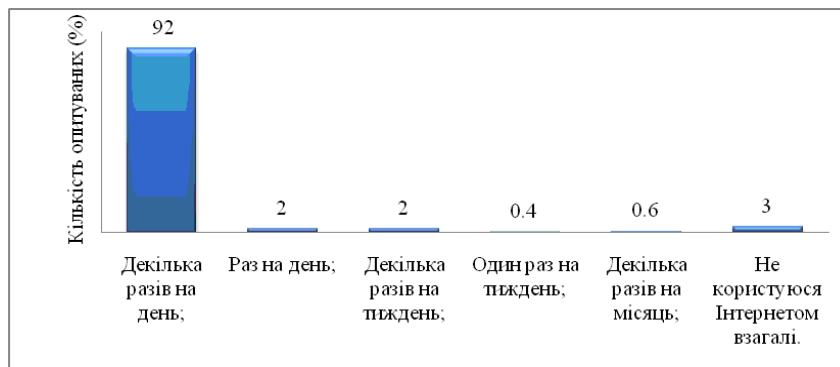


Рис. 2. Діаграма регулярності користування Інтернетом

Як приклади проявів дискримінації був запропонований перелік, що складався з шістьох пунктів, два з яких не розглядалися, як дискримінаційні приклади. Вибір причини «інше» не розглядатиметься через нечіткість формулювань. Також в якості дискримінаційного не розглядався варіант «не зустрічав(-ла)».

Таким чином, в якості тих, хто зіткнувся з дискримінацією, розглядалися респонденти, які вказали по одній з чотирьох дискримінаційних причин.

Збір кількісної інформації проводився за допомогою опитування на основі формалізованого інтерв'ю та єдиного відкритого питання. Опитувальник складався з 21 питання, розбитих на чотири блока. Структура блоків і індикаторів представлена в таблиці 2.

¹У даній та у наступних таблицях усі дані відображені у двох значеннях: основні – по відношенню до всіх респондентів, - (додаткові – з перерахуванням до визначеного критерію)

В результаті опитування було з'ясовано, що 86% опитуваних стикалися із проявами дискримінації за національною ознакою в мережі Інтернет. Найбільше цю дискримінацію зустрічали в коментарях до інформаційних джерел (див. рис. 3), де найпростіше ввести людину в оману, а також змусити неадекватно сприймати інших людей та загалом навколишній світ.

З цих 86%, що зустрічали дискримінацію у соціальній мережі Інтернет, найбільше зустрічали її через хамську поведінку та приниження той чи іншої націоналісті. На рисунку 4 видно, що з таким її проявом стикалися 56,3% опитуваних. Дещо менший відсоток складають упереджене ставлення до національностей (49,7%), у перебільшенні власних досягнень конкретної нації перед оточуючими, приниження достоїнств інших націй (45,9%) та в неповазі чужої думки щодо національності (41,5%).

Таблиця 2.

Структура блоків і індикаторів опитувальника

Блок	Індикатори блоку
Перший блок: Соціально-демографічні характеристики респондентів.	Стать(1), вік(2), рівень освіти(3), належність до національних меншин (4).
Другий блок: Дискримінація в Інтернеті.	Регулярність користування Інтернету(5), регулярність стикання дискримінації за національною ознакою (7), місця знаходження дискримінації(8), прояви дискримінації(9), відношення до респондента(10).
Третій блок: Наслідки прояву дискримінації в Інтернеті.	Законні дії боротьби з дискримінацією(12), факт загрози та розповсюдження(13), загроза на міжнародному рівні(14), звернення до суду(17), факт боротьби з дискримінацією(20).
Четвертий блок: Факт розповсюдження дискримінації в Інтернеті.	Дії для прояви дискримінації(11), факт поширювання дискримінації(15), факт участі у спорах(16), загальноприйняте мислення (18), думка, щодо боротьби з проявами дискримінації(21).

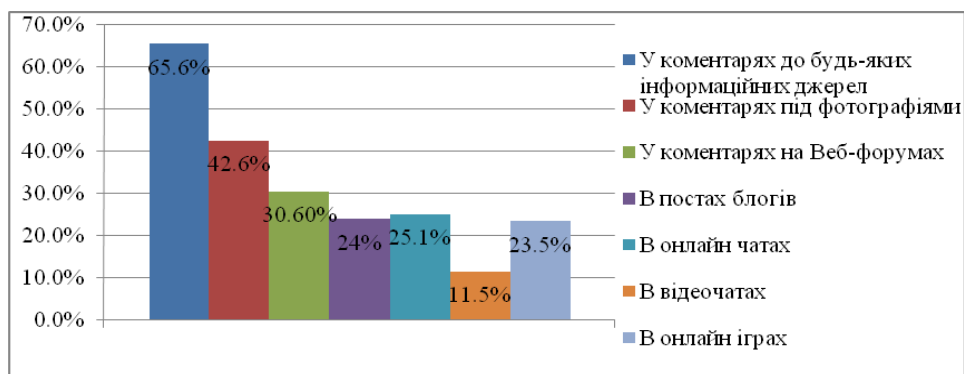


Рис. 3. Діаграма найбільшого прояву дискримінації в Інтернеті

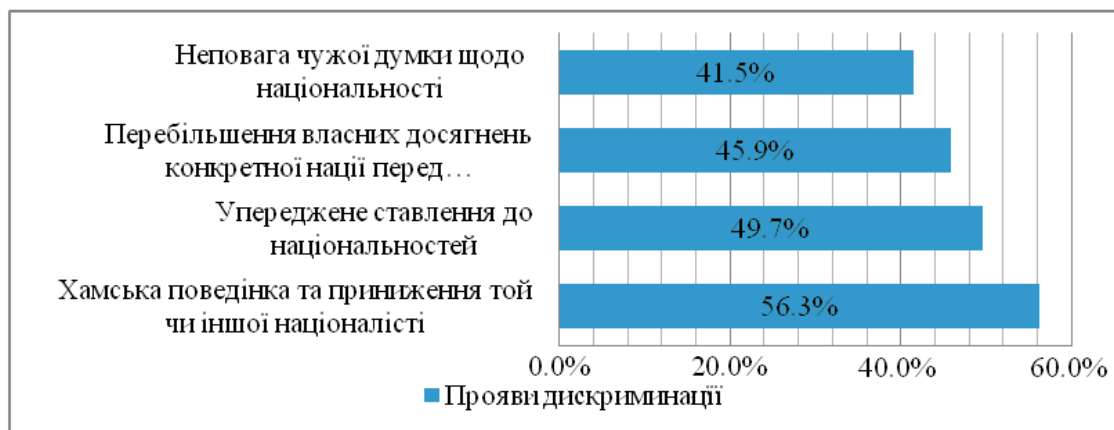


Рис. 4. Діаграма способів прояву дискримінації

К 5% опитуваних дискримінація мала пряме відношення, та лише 0,65%(13%) з них відносяться до національних меншин (див. рис. 5). З усіх респондентів 30% приймали участь у конструктивних та деструктивних суперечках щодо своєї національності, до 2,8% респондентів дискримінація мала пряме відношення. 7,5% опитуваних з 30% відносяться до національних меншин, та всього до 0,5% з них дискримінація мала пряме відношення. З цього можна зробити наступний висновок: дії дискримінаційного характеру можуть бути направлені як до корінних громадян певного населення, так і до національних меншин цього населення. Також дискримінація не обов'язково повинна мати відношення до людини та її нації, щоб та вступала у суперечку стосовно цього питання.

Відповідаючи на одне з питань третього завдання даного опитування, а саме: «Чи роблять люди що-небудь для боротьби з дискримінацією за національною ознакою в Інтернеті», були отримані наступні результати: 17,5% респондентів приймали дії проти прояву дискримінації в Інтернеті, 31,7% не приймали ніяких дій, але хотіли, та 50,8% не приймали та не хотіли приймати ніяких дій. Варто зауважити, що з 50,8% – 36,1% складають респонденти, які стикалися з проявом дискримінації за національними ознаками хоча б раз. З 17,5% респондентів, що приймали дії проти прояву дискримінації, 13,3% діяли в межах закону, 2,5% відповіли, що ці дії були частково законними, та лише 1,7% діяли незаконно.

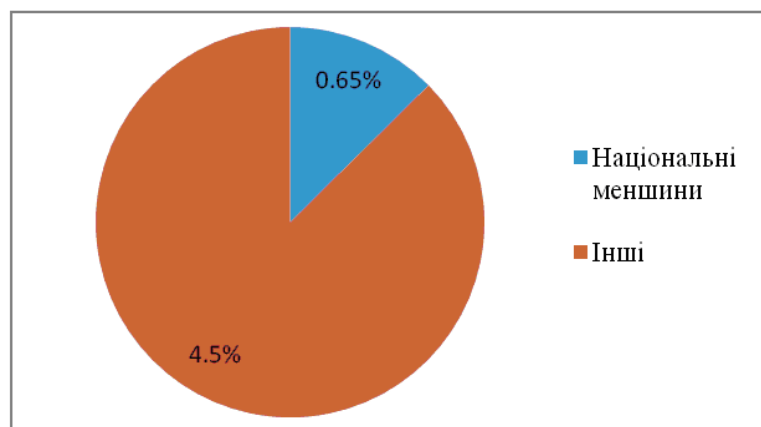


Рис. 5. Діаграма дискримінація щодо власне особи

Одним з найважливіших питань запропонованого опитувальника було наступне: чи вважають опитувані, що з нею (дискримінацією за національною ознакою) потрібно

боротися. У таблиці 3 наведені дані щодо респондентів, які вважають, що з цією дискримінацією не потрібно боротися.

Таблиця 3.

Дані респондентів, які вважають, що с дискримінацією за національними ознаками не потрібно боротися, за статтю (%)

Ознаки	Стать	
	Чоловіки	Жінки
	17,9 (45)	9 (15)
Вік		
До 20	5,9 (33)	1,08 (12)
21-30	5,4 (30)	1,62 (18)
31-40	4,8 (27)	3,15 (35)
41-50	1,1 (6)	1,65 (18)
51-60	0,7 (3)	0,54 (6)
Більше 60	-	1,08 (12)
Відношення до національних меншин		
Ні	15,8 (88)	7,92 (88)
Так	2,14 (12)	1,08 (12)
Освіта		
Вища або незакінчена вища	13,2 (74)	6 (65)
Середня спеціальна (технікум, коледж)	2 (11)	1 (12)
Середнє або початково-професійне (ПТУ, ліцей)	0,7 (4)	-
Повна середня	2 (11)	1 (12)
Неповна середня, початкова	-	1 (12)

Проаналізувавши отримані результати, можна зробити наступні висновки: майже половина опитуваних чоловіків (45%) вважає, що з дискримінацією за національною ознакою не потрібно боротися, і набагато менше такої думки дотримуються опитувані жінки: всього 15%. Чоловіки з віком змінюють свою точку зору, що чітко простежується: більш дорослі респонденти дотримуються протилежної думки. Результати показали, що жінки також з віком змінюють свою думку: до сорока років вони дотримуються твердження, що з даним видом дискримінації не потрібно боротися, однак після цього віку відсоток, що так вважали, падає. Однаковий відсоток (12%) серед опитуваних чоловіків і жінок, які належали до національних меншин, вважають, що з дискримінацією боротися не слід. Такої думки притримуються 19,2% усіх респондентів, які мають вищу освіту, та набагато менше так вважають респонденти з іншим рівнем освіти – загалом 7,7%.

У таблиці 4 розглядаються дані респондентів, які навпаки, вважають, що з дискримінацією по національним ознакам потрібно боротися.

Таблиця 4.

Дані респондентів, які вважають, що є дискримінацією за національними ознаками потрібно боротися, за статтю (%)

Ознаки	Стать	
	Чоловіки	Жінки
	22 (55)	51,1 (85)
Вік		
До 20	7,7 (35)	16,3 (32)
21-30	5 (23)	12,8 (25)
31-40	4 (18)	5,6 (11)
41-50	3,3 (15)	9,2 (18)
51-60	1,8 (8)	4,6 (9)
Більше 60	0,2 (3)	2,5 (5)
Відношення до національних меншин		
Ні	19,8 (90)	39,3 (77)
Так	2,2 (10)	11,7 (23)
Освіта		
Вища або незакінчена вища	9,2 (43)	29,6 (58)
Середня спеціальна (технікум, коледж)	-	5,1 (10)
Середнє або початково-професійне (ПТУ, ліцей)	5,1 (23)	1 (2)
Повна середня	7,7 (35)	14,8 (29)
Неповна середня, початкова	-	0,5 (1)

Серед усіх респондентів, що притримуються думки про необхідність боротьби з дискримінацією за національними ознаками, 38,8% мають вищу освіту, та 34,2% мають інший рівень освіти. Жінки більше дотримуються цієї думки аніж чоловіки, але з віком, вони змінюють свою точку зору на протилежну.

З усіх респондентів чоловічої статі 12,8% розповсюджували негативну інформацію про чужі національності (див. рис. 6), 2,7% з них відносяться до національних меншин.

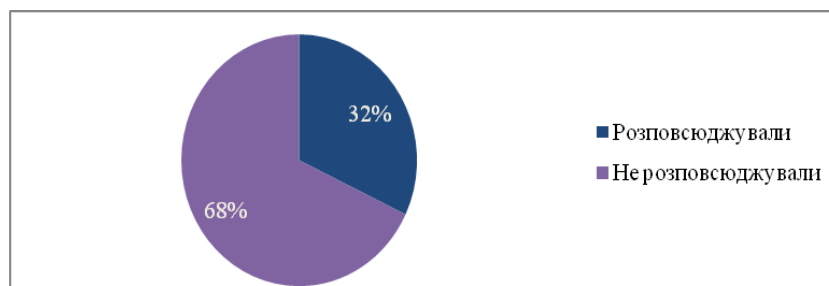


Рис. 6. Діаграма факту розповсюдження негативної інформації про чужі національності за статтю (чоловіки)

Жінки розповсюджують негативну інформацію про чужі національності дещо менше – лише 7,9% (див. рис. 7). З них 1,02% відносяться до національних меншин.

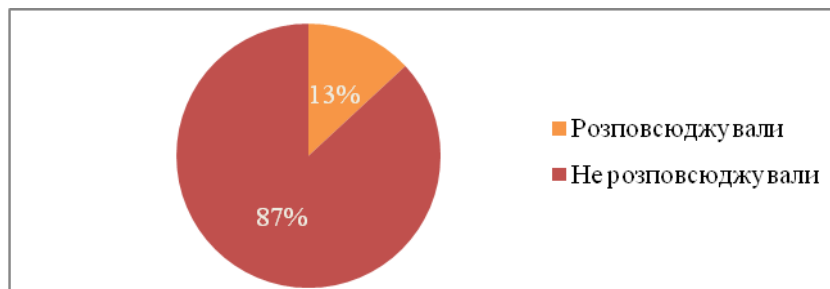


Рис. 7. Діаграма факту розповсюдження негативної інформації про чужі національності за статтю (жінки)

За даними двох діаграм можна зробити висновок, що загалом чоловіки розповсюджують негативну інформацію щодо чужих національностей більше, аніж жінки. Відношення до національних меншин ніяк не впливає на факт розповсюдження.

Проте, слід зрозуміти, чи відбувається розповсюдження дискримінації на фоні стадного мислення або це відбувається свідомо? З 100% респондентів 54,1% вважають свою думку загальноприйнятною. З них 25,9% поширювали негативну інформацію про чужі національності. Це трохи менше половини. Тому дати однозначну відповідь на поставлене запитання неможливо.

Інше запитання, що потребує відповіді: «Чи існує хоча б мала доля ймовірності, що дискримінація за національною ознакою в Інтернеті може викликати проблеми на державному, міжнародному рівні, або ускладнення, якщо такі є, не наберуть такого масштабу?».

З усіх респондентів ніхто не звертався до суду, через прояви дискримінації за національними ознаками в Інтернеті. Але 8% хотіли звернутися та 3,2% (40%) з них відносяться до національних меншин. Це менше половини, отже це вкотре підтверджує, що дискримінація може проявлятися до корінного населення (необов'язково зі сторони національних меншин, це може проявлятися і зі сторони населення інших країн).

74,3% опитуваних вважають, що держава може завдяки Інтернету проводити антидискримінаційну політику. На думку 71,6% респондентів ігнорування проблем, пов'язаних з проявами дискримінації на державному рівні сприяє розвитку загрози безпеки держави в цілому. І 68,9% опитуваних вважає, що існуючий контент в Інтернеті може створювати загрозу і впливати на прояви і розповсюдження дискримінації. Через це стає зрозумілим, що проблема існування дискримінації не набула масштабності проблеми на міжнародному рівні, але ускладнення можуть сприяти розвитку загрози держави, та один з методів щодо запобігання цього – це антидискримінаційна політика держави.

З 100% опитуваних трохи менше половини (47,6%) дали відповідь на останнє відкрите питання, а саме: «Як саме, на Вашу думку, потрібно боротися з дискримінацією за національною ознакою?». Найбільш популярна відповідь (24,8%) - це закладати почуття толерантності з дитинства, проводити роз'яснювальні бесіди. 22,2% дотримуються думки, що говорити про дискримінацію не варто зовсім, так як це тільки сприяє її розповсюдженню. Примітно, що всього 7,9% вважає навпаки – про дискримінацію потрібно говорити в суспільстві, проводити громадські заходи для привернення уваги до проблеми. Однаковий відсоток (14,7%) вважає, що потрібно вводити кримінальну та адміністративну відповідальність, і обмежувати доступ до Інтернету певному колу осіб. Друга відповідь – це блокування осіб, що

розповсюджують інформацію дискримінаційного характеру, а також обмеження надання доступу для осіб, що не досягли повноліття (наприклад, тільки при дозволі батьків або опікунів). 10,1% запропонували використовувати ЗМІ для боротьби з проявом дискримінації за національними ознаками, 9% вважають, що потрібно зрівняти усі нації, щоб у всіх були рівні права, незалежно від території, на якій людина знаходиться. У 6,7% протилежну думку - не допускати рівні права серед корінних жителів населення і некорінних.

Висновки

Проведене соціологічне дослідження виявило наявність принципово різних оцінок дискримінації за національною ознакою серед громадян України. Однак абсолютна більшість із них розуміє важливість і необхідність боротьби із усякого роду проявами дискримінації. Дискримінація в Інтернеті за національною ознакою не може й не повинна залишатися безкарною, без уваги не тільки окремих особистостей, але й держави в цілому. Протидискримінаційна політика держави повинна на законодавчому рівні протидіяти будь-яким проявам національної ворожнечі, оцінці якостей людини по її національній приналежності. Основою будь-якого спілкування людей, у тому числі в Інтернеті, повинні бути їхні інтелектуальні, матеріальні потреби й можливості, а не національність. Розуміння цього дасть можливість для одержання очікуваних результатів обома сторонами.

Список літератури

1. Цвітайло, О.А. Користувачі інтернет ресурсів як заручники кримінально-правових відносин. Діяльність підрозділів карного розшуку щодо протидії злочинному обігу вогнепальної зброї в Україні у сучасних умовах: матеріали постійно діючого методологічного семінару / О.А. Цвітайло. - Суми:РВВ ЛДУВС ім. Е.О. Дідоренка, 2016. - 309 с.
2. Украинская молодежь бездумно занимается дискриминацией в соцсетях [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.segodnya.ua/ukraine/ukrainskaya-molodezh-bezdumno-zanimaetsya-diskriminaciey-v-socsetyah-491094.html> (Дата обращения: 19.08.2018).
3. ФисманРэй, М. Л. Как победить дискриминацию в интернете [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://hbr-russia.ru/innovatsii/trendy/a19771> (Дата обращения: 19.08.2018).

ДИСКРИМИНАЦИИ ПО НАЦИОНАЛЬНОМУ ПРИЗНАКУ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

Е.М. Симонова, И.И. Бобок

Одесский национальный политехнический университет,
просп. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина; e-mail: onu_metal@ukr.net

Сегодня сеть Интернет не имеет действенных средств защиты разнородных слоев населения в случаях распространения определенных стереотипных мнений относительно расового, национального, религиозного, политического или этнического происхождения населения. Интернет является основой при создании преступных группировок, распространении сообщений дискриминационного характера, в том числе, расистского, шовинистического, анти-исламистского направлений. Целью данной работы является формирование представления о понятии дискриминации в общем виде, а также предоставление практических рекомендаций относительно устранения проявлений дискриминации в обществе в целом, и в частности в сети Интернет, а также выявление источников распространения информации, содержащей проявления дискриминации и нетерпимости, в отдельных сферах человеческой жизни. В результате проведенной работы было установлено различие между близкими по смыслу понятиями - «дискриминация», «ксенофобия» и «шовинизм». Также было проведено

социологическое исследование, в результате которого, на основе полученных ответов от респондентов, были определены возможные действия по борьбе с проявлениями дискриминации по национальному признаку в сети Интернет. Кроме того, из полученных данных следует, что 74,3% опрошенных считают, что государство может благодаря Интернету проводить антидискриминационную политику; а по мнению 71,6% респондентов игнорирование проблем, связанных с проявлениями дискриминации на государственном уровне способствует развитию угрозы безопасности государства в целом. 68,9% опрошенных считает, что существующий контент в Интернете может создавать угрозу и влиять на проявления и распространение дискриминации в целом и по национальному признаку в частности. Результаты данной работы могут быть использованы при формировании антидискриминационной политики в государстве – создании новых законодательных актов и принятии новых стратегий по борьбе с проявлениями дискриминации в стране.

Ключевые слова: дискриминация, шовинизм, ксенофобия, антидискриминационная политика, Интернет, социологический опрос.

DISCRIMINATION ON THE BASIS OF NATIONALITY ON THE INTERNET

O.M. Symonova, I.I. Bobok

Odessa National Polytechnic University,

1, Shevchenko Ave., Odessa, Ukraine; e-mail: onu_metal@ukr.net

Today, the Internet has no effective means of protecting disparate strata of the population in cases where certain stereotypical opinions are spread regarding racial, national, religious, political, or ethnic origin of the population. The Internet is the basis for the creation of criminal gangs, the dissemination of messages of a discriminatory nature, including racist, chauvinistic, anti-Islamist movements. The aim of the work is to form an understanding of the concept of discrimination in general, as well as to provide practical recommendations on how to eliminate discrimination in society as a whole, and in particular on the Internet, as well as to identify sources of dissemination of information containing manifestations of discrimination and intolerance in certain areas of human life. As a result of the work carried out, a distinction was made between similar concepts - "discrimination", "xenophobia" and "chauvinism". A sociological survey was also conducted, as a result of which, on the basis of the responses received from respondents, possible actions were taken to combat manifestations of discrimination based on nationality on the Internet. In addition, from the data obtained, it follows that 74.3% of respondents believe that the state can, through the Internet, pursue an anti-discrimination policy; according to 71.6% of respondents, ignoring problems related to discrimination at the state level contributes to the development of a threat to the security of the state as a whole. 68.9% of respondents believe that existing content on the Internet can pose a threat and influence the manifestations and spread of discrimination in general and on a national basis in particular. The results of this work can be used in the formation of state anti-discrimination policies – the creation of new legislation and the adoption of new strategies to prevent and combat discrimination in the country.

Keywords: discrimination, chauvinism, xenophobia, anti-discrimination, anti-discrimination policy, Internet, opinion poll.

ПРОГРАМНЕ ТА АПАРАТНЕ ТЕСТУВАННЯ ДЕКОДЕРУ TURBO-PRODUCT-КОДІВ**Я.М. Крайник, В.О. Перов**Чорноморський національний університет імені Петра Могили,
вул. 68 Десантників, 10, Миколаїв, 54003, Україна; e-mail: codebreaker7@ukr.net

У роботі представлена методика тестування декодера Turbo-Product-кодів на програмному та апаратному рівнях. Дана методика дозволяє отримати результати відносно корегуючої здатності декодера, а також пропускну здатності. Метою даного дослідження є розробка уніфікованої методики, яка дозволить проводити тестування та оцінку показників декодерів для будь-яких підвидів Turbo-Product-кодів на будь-якій апаратній платформі. Проведене дослідження дозволило виявити проблемні місця при декодуванні за допомогою заданого алгоритму та встановити, при яких рівнях завад декодер буде працювати стабільно. З практичної точки зору це дозволяє визначити, який код доцільно застосовувати при заданих умовах відповідно до параметрів пропускну здатності та виправної здатності та досягти максимально ефективного показника співвідношення двох вказаних параметрів. Методика тестування передбачає проходження кількох стадій тестування. У роботі використовувались програмні засоби для моделювання ModelSim, мова програмування Python, а також апаратні засоби, серед яких варто виділити розроблений лабораторний стенд на базі двох відлагоджувальних модулів. Розроблене апаратне забезпечення у вигляді схематехнічного опису декодерів на мові VHDL дозволяє проводити тестування широкого набору кодів, які підтримуються декодером. Розроблені апаратні засоби включають до свого складу лабораторний стенд, який складається з двох відлагоджувальних плат: плати з мікросхемою ПЛІС та інтерфейсною платою для підключення та передачі і прийому даних. На базі першої плати розгортається декодер, в той час як друга призначена для того, щоб забезпечити необхідну швидкість обміну даними. Комбінація з розробленого програмного забезпечення та лабораторного стенду використовувалась при проведенні тестування за представленою у даній роботі методикою. Відповідно до розробленої методики у подальшому можливо розробити універсальний підхід для тестування апаратних рішень для завадостійких кодів.

Ключові слова: декодер, Turbo-Product-коди, програмне тестування, апаратне тестування.

Вступ

Декодери кодів прямого виправлення помилок на даний момент є центральними елементами телекомунікаційних систем. Вони є одними з найскладніших компонентів на стороні отримуючого обладнання. Від того, яку швидкість декодування здатен забезпечувати декодер, залежить загальна швидкість передачі даних у системі. Для того, щоб мати можливість представити можливі режими роботи системи та її основні характеристики на основі математичних операцій, які використовуються у ході декодування, варіантами є проведення моделювання спеціалізованими програмними засобами або організація лабораторних тестувань з залученням апаратного забезпечення. У даній роботі використовуються обидва варіанти для того, щоб підтвердити коректність розгортання моделі на ресурси програмовних логічних інтегральних схем (ПЛІС). Представлена методика, відповідно до якої проводились дослідження, а також результати проведених досліджень.

До кодів з прямим механізмом виправлення помилок відносяться і коди, які отримали назву турбо-коди-добутки (англ. Turbo-Product-Codes – TP-коди) [3]. Вони

представляють собою коди, що містять горизонтальну та вертикальну компоненти коду (рядки та стовпці). Декодування відбувається за ітераціями, і результат попередньої ітерації подається на вхід новій ітерації, тому у назві наявна частина «Turbo».

У даній роботі представлені результати оцінки системи, яка описана у попередніх працях [1, 2]. Дана система представляє собою декодер, який комбінує м'який та жорсткий підхід для декодування TR-кодів. Він дозволяє об'єднати швидкість роботи жорсткого декодера з більшою коригуючою здатністю декодера, який працює з м'якими значеннями. Перш за все, такий декодер повинен забезпечувати кращу виправну здатність, ніж декодер жорстких рішень. У якості складових компонентів TR-кодів часто використовуються SECDED-коди (SingleErrorCorrectionDoubleError Detection), які дозволяють виправити одиночну помилку та вказати на наявність подвійної помилки, проте не виправити її. Саме ці коди розглядаються у даній роботі. У ній представлені показники роботи системи за умови використання різних кодів. Проводиться перевірка роботи в різних умовах зашумленості каналу передачі даних. З практичної точки зору це дозволить визначити, які коди доцільно використовувати за різних умов роботи системи.

Тестування апаратних рішень на базі програмовних логічних інтегральних схем (ПЛІС) є складною задачею, яка потребує різних підходів в залежності від задачі, яка вирішується розробкою опису для даного типу мікросхем. Традиційним підходом є тестування на основі тестового оточення з подальшим переносом реалізації на апаратну частину. При цьому послідовно виконується декілька стадій перевірки з використанням тестового оточення: поведінкова перевірка, що призначена для перевірки коректності реалізації базових положень, перевірка на рівні Place&Route або PostFit, яка дозволяє якомога більше наблизити моделювання з використанням програмних засобів до роботи реального пристрою. Дані стадії моделювання є важливими, проте вони не дозволяють повністю гарантувати працездатність схеми при завантаженні файлу конфігурації у мікросхему. Лише перевірка роботи опису безпосередньо у мікросхемі ПЛІС дозволяє гарантувати коректність роботи пристрою.

Проте, оскільки умови тестування можуть доволі часто підлягати змінам, то розроблення готового пристрою для цього не є доцільним. Альтернативою цьому є розробка лабораторного стенду, який можна підлаштувати відповідно до змін вимог без значних затрат.

Важливим аспектом у тестуванні рішень на базі ПЛІС є розробка відповідного прикладного програмного забезпечення, яке повинне взаємодіяти з апаратним забезпеченням. Специфіка програмного забезпечення залежить від прикладної задачі, яка вирішується. Для випадку декодування завадостійких кодів, до яких відносяться TR-коди, дослідження яких проводиться у даній роботі, необхідно проводити перевірку на основі передачі зашумлених даних, прийому декодованих даних та порівняння отриманих результатів з очікуваним.

У даній роботі пропонується методика проведення дослідження показників ефективності роботи декодера TR-кодів на базі ПЛІС при тестуванні і на програмному, і на апаратному рівнях. У подальшому даний підхід може бути розширений для застосування при тестуванні всіх типів завадостійких кодів.

Основна частина

Методика проведення оцінки показників декодера передбачає наявність наступних етапів:

- генерація набору тестових даних на основі показників кодів для тестування. Відповідно, на даному етапі мають бути згенеровані дані для усіх кодів, декодування яких здатен проводити декодер;

- визначення показників зашумленості каналу передачі даних. Для представлення цього показника можуть використовуватись різні фізичні показники, які у кінцевому результаті можуть бути приведені від одного до іншого (показник сигнал/шум для біту, для символу, імовірність помилки);

- накладання шуму відповідно до обраного показника, який характеризує якість передачі даних у каналі. Крок, який здійснюється між попереднім та наступним показником для цього значення залежить від того, наскільки детальну характеристику необхідно отримати для досліджуваного декодера;

- передача зашумлених даних на вхід декодеру. У якості моделі реального декодеру, зазвичай, використовується програмне забезпечення, яке проводить однакові операції з декодером, для якого проводиться тестування;

- отримання декодованого повідомлення. На цьому етапі в якості виходу можуть використовуватись як м'які дані, так і жорсткі дані;

- аналіз результуючих даних, отриманих на виході декодеру шляхом порівняння з початковим повідомленням. На цьому етапі, в основному, використовуються жорсткі дані, а м'які дані використовуються для того, щоб простежити загальний хід процесу декодування.

На першому етапі для генерації тестових даних може використовуватись довільний двовимірний масив двійкових значень відповідної розмірності, які відповідають характеристикам коду. Після цього слова з даного масиву мають бути закодовані з використанням генеруючих матриць кодів. Розмір масиву збільшується відповідно до показників довжин коду. Для представлення передачі по каналу з шумами проводиться відображення жорстких вхідних даних на м'які. Відображення відбувається на значення, що відповідають максимальному абсолютному значенню, яке використовується у системі, з присвоєнням відповідного знаку. Таким чином, для перевірки можуть використовуватись два початкові масиви: жорстких значень і м'яких значень.

На другому етапі визначається, наскільки якісним є канал передачі і які завади присутні у каналі. Для тестування можуть використовуватись різні типи помилок, які вносяться у початковий масив даних: просте інвертування, внесення зовнішнього впливу відповідно до значення амплітуди конкретного біту та інші техніки. Таким чином, на третьому етапі у повідомленні з'являються помилки/відмінності у порівнянні з початковим кодовим словом, які декодер має виправити.

Після цього мають бути реалізовані наступні етапи, які є ключовими для проведення оцінки. Програмне забезпечення, яке повністю повторює роботу декодеру з точки зору математичних операцій, що використовуються, зазвичай, є підготовленим заздалегідь, оскільки саме на його основі проводиться попереднє тестування якості алгоритму декодування. Дане програмне забезпечення може бути як звичайною консольною утилітою, так і повноцінною програмою з графічним інтерфейсом користувача. Проте через можливі зміни, пов'язані з цільовою платформою декодеру, отримана апаратна реалізація може не завжди відповідати початковій версії програмної реалізації, тому важливим моментом є повна та цілковита відповідність операцій, які проводяться на обох платформах. Для більшої наочності та більшої інформативності дослідження доцільно проводити легування результатів окремих ітерацій декодування або, навіть, більш дрібних стадій обробки даних. Наявність такого функціоналу дозволяє проводити порівняння з результатами, які отримані у спеціалізованих засобах моделювання системи для ПЛІС на базі спеціально розроблених тестових оточень. Порівняння кожної окремої стадії обчислення є обов'язковою умовою для проведення подальших досліджень.

На виході програми отримується декодоване повідомлення у м'якому або жорсткому вигляді. Результуюча кількість помилок для випадку м'яких значень визначається на основі співпадиння знаку м'якого значення у вхідному та вихідному

повідомленнях. Відмінності у абсолютних значеннях за умови співпадіння знаку не є суттєвими.

Проведення паралельного тестування з використанням як програмного, так і апаратного забезпечення надає переваги у тому, що можна одразу проводити аналіз результатів декодування. Порівняння результатів декодування під час моделювання роботи ПЛІС є більш затратним з точки зору часу, який необхідний на моделювання. Саме тому під час виконання даного дослідження був зібраний лабораторний стенд, який складався з відлагоджувальної плати з мікросхемою ПЛІС, інтерфейсної плати для спрощення підключення між комп'ютером та платою. Структурна схема з'єднань між компонентами розробленого лабораторного стенду представлена на рисунку 1.

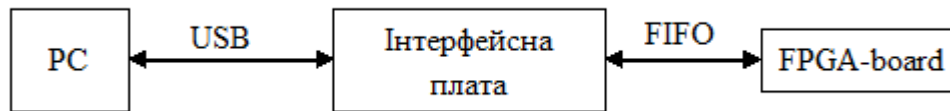


Рис. 1. Структурна схема підключення компонентів стенду

Для зв'язку з комп'ютером використовується інтерфейс передачі даних USB 2.0. Максимальна швидкість передачі даних для даної специфікації становить 480 Мбіт/с. Інтерфейсна плата, яка працює в режимі FIFO (паралельний інтерфейс передачі даних) здатна, відповідно, до документації забезпечувати швидкість передачі даних близько 40 Мбайт/с. Це означає, що дані показники є достатньо близькими, оскільки у даному випадку враховується лише корисна інформація, що передається. Мікросхема ПЛІС на відлагоджувальній платі зчитує дані з використанням блоку FIFO, а оброблені дані передаються за допомогою того самого блоку. Це пов'язано з тим, що на інтерфейсній платі наявні буфери як для прийому, так і для передачі даних.

У якості складових компонентів для побудови лабораторного стенду використовувались:

- інтерфейсна плата FT2232H MiniModule [5];
- відлагоджувальна плата Altera DE0-SoC-Nano [6].

Інтерфейсний модуль має у своєму складі в якості основного компоненту мікросхему FT2232H. Дана мікросхема здатна працювати у двох режимах FIFO (синхронний та асинхронний) для забезпечення високої пропускної здатності. У цих режимах використовується паралельний інтерфейс передачі даних. Також дана мікросхема може працювати і в якості інтерфейсу для протоколів з меншою швидкістю передачі даних – UART, SPI, I2C, JTAG. Висока пропускна здатність інтерфейсу у даному випадку означає те, що можна не лише провести перевірку результатів декодування, а і оцінити пропускну здатність системи, що тестується.

У свою чергу, відлагоджувальна плата дозволяє працювати з модулем ПЛІС сімейства Cyclone V. Дана мікросхема, окрім частини програмної логіки містить апаратні ядра мікропроцесору ARM (доступні два ядра). Завдяки цьому можна об'єднати обчислювальні потужності програмної логіки з гнучкістю налаштувань процесора. На мікропроцесорній частині пристрою можливий, навіть, запуск операційної системи Linux. Дана плата містить достатню кількість логічних ресурсів для проведення тестування роботи декодерів деяких кодів з обраного набору. Для того, щоб мати можливість тестувати декодер при роботі з більшою довжиною кодового слова, необхідно використовувати мікросхему, яка надає більшу кількість ресурсів програмної логіки (наприклад, AlteraStratix та ін.).

Зовнішній вигляд розробленого лабораторного стенду для декодера TP-кодів на базі ПЛІС представлено на рисунку 2.



Рис. 2. Зовнішній вигляд лабораторного стенду для проведення тестування

Підключення двох модулів організоване наступним чином. На відлагоджувальній платі наявний роз'єм, що відповідає за розташування пінам відомої плати ArduinoUno. У цей роз'єм вставляється перехідна макетна плата, на якій розміщений інтерфейсний модуль. Макетна плата забезпечує з'єднання між шиною даних і допоміжними сигналами на платі та модулем. Такий варіант з'єднання забезпечує надійну передачу сигналів між модулями при використанні високої тактової частоти.

Програмна складова для проведення тестування представляє собою скрипт на мові програмування Python, який окрім безпосередньо декодування вхідних даних, які попередньо були згенеровані та записані у текстовий файл. У текстовому файлі послідовно записана відповідна кількість пакетів. Даний файл використовується як для проведення тестування за допомогою скрипту, так і за допомогою спеціалізованих засобів моделювання (у даному випадку – MentorGraphicsModelSim 10.1) [4]. Як вже зазначалось засоби моделювання демонструють меншу швидкість при моделюванні декодування великої кількості пакетів, тому вони використовуються на початковому етапі налагодження скрипту. Окрім цього, засоби моделювання дозволяють більш детально дослідити роботу кожного окремого модуля, який є складовою частиною декодера. Як результат цього етапу за допомогою розробленого тестового оточення отримані вихідні файли декодованих пакетів, які порівнюються з результатами, які показує скрипт.

При моделюванні роботи декодера використовувався розроблений опис декодера мовою схемотехнічного опису VHDL. Саме цей опис на наступних етапах перенесений на мікросхему ПЛІС для апаратного тестування роботи декодера. Важливим є те, що основні модулі, які переносяться мають бути однаковими як для засобів моделювання, так і для апаратної реалізації на базі ПЛІС.

Моделювання з використанням стандартних програмних засобів, які постачаються виробниками ПЛІС проведено у середовищі ModelSim. При моделюванні на основі розробленого тестового оточення відбувається проходження усіх етапів роботи декодера (завантаження конфігураційних даних, завантаження вхідних даних для декодування, проходження необхідної кількості ітерацій декодування, видача декодованого повідомлення). Скріншот візуального представлення процесу декодування (значення основних сигналів) представлено на рисунку 3.

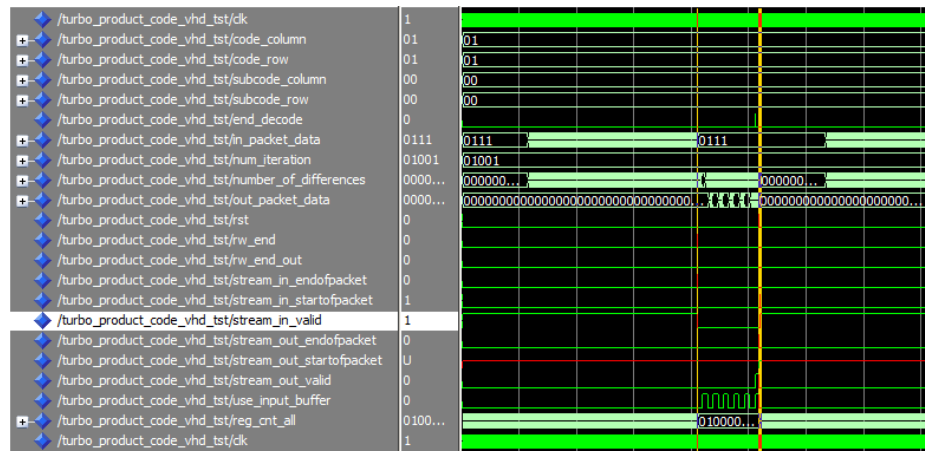


Рис. 3. Скріншот моделювання декодування одного повідомлення розробленим декодером у середовищі ModelSim

На рисунку представлено те, як проходить одна ітерація. Зрозуміло, що найбільше часу у даному випадку займає процес запису повідомлення (перше повідомлення – подальші повідомлення записуються з використанням техніки подвійного буферу), безпосередньо саме декодування (відбулось шість ітерацій декодування) займають набагато менше часу у порівнянні з даним процесом.

Проведено тестування для різних імовірностей помилки для 100 пакетів. Для тестування був обраний код-добутків (64, 57)x(46, 39). Тестування проводилось з використанням розробленого скрипту на мові програмування Python [7]. Для представлення результатів використовувалось програмне середовище gnuplot 5.1 [8]. Результуюча гістограма представлена на рисунку 4.

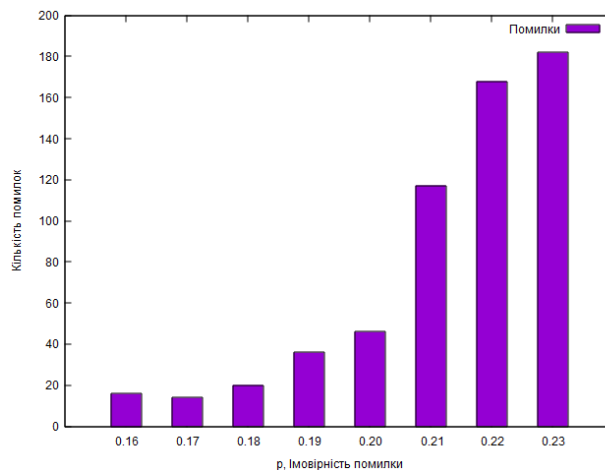


Рис. 4. Гістограма залежності кількості помилок від імовірності помилки для тестових випадків для коду 64*46

Як видно з рисунку, кількість помилок при низькій імовірності є практично однаковою, тому можна зробити висновок, що результативність декодування залежить від характеру помилок, які утворюються.

Таке саме дослідження проведено для коду 32*22. Результати представлені на рисунку 5.

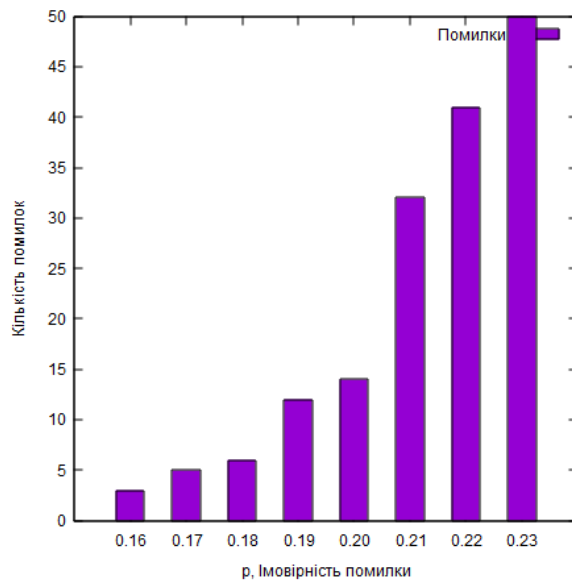


Рис. 5. Гістограма залежності кількості помилок від імовірності помилки для тестових випадків для коду 32*22

У результаті проведення дослідження виявлено, що запропонований метод декодування дозволяє отримати вищу завадостійкість у порівнянні з жорстким декодером (рис. 6а). Крім того, виявлені деякі особливості в роботі декодера, які не дозволяють підвищити продуктивність декодера (рис. 6б).

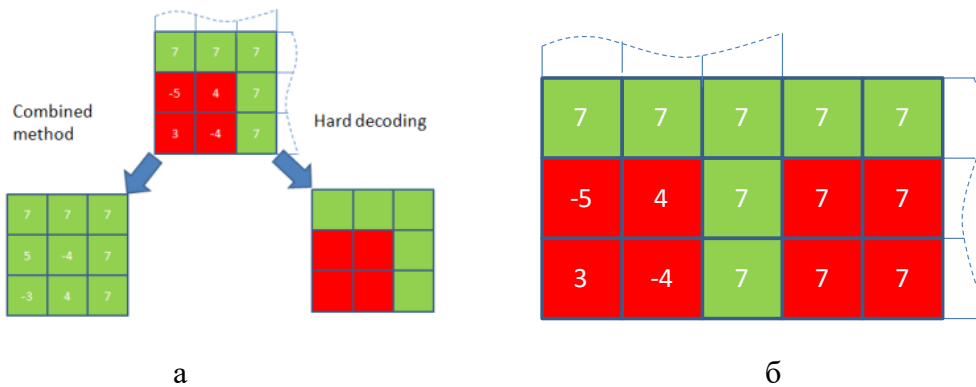


Рис. 6. Типові особливості обробки шаблонів помилок при використанні запропонованого методу декодування: а – порівняння роботи методу; б – шаблон помилок, який не виправляється

Запропонований декодер здатен виправити квадратний шаблон помилок, у той час як жорсткий декодер не виправляє такі помилки. Утім, більш складний шаблон помилок з парою рядків або стовпців з чотирма некоректними значеннями у одних і тих самих позиціях у випадку, якщо він розпізнаний як коректне кодове слово виправлений бути не може. За рахунок зменшення абсолютних значень модулю при декодуванні протилежним декодером вдається виділити біти, які є більш імовірними помилковими бітами. Особливості роботи декодера полягають у тому, що запропонований метод не завжди обирає коректний шлях декодування виділених бітів. Це призводить до ситуації, коли декодер показує відсутність помилок у вихідному слові, в той час як порівняння з початковим кодовим словом вказує на наявність помилок. Дану обставину необхідно враховувати, але оскільки ТР-коди застосовуються в тому числі в якості

складових кодів, то такі помилки можуть бути виправлені декодерами на наступних рівнях.

Висновки

У даній роботі представлена методика проведення тестування декодера TP-кодів з використанням програмних та апаратних засобів. Відповідно до представленої методики необхідно забезпечити послідовне виконання кількох стадій для того, щоб мати можливість оцінити виправну здатність декодера при роботі на заданому коді та пропускну здатність, яка гарантується при заданих умовах. Тестування проводилось з використанням як готових засобів (ModelSim) на основі розробленого тестового оточення, так і з використанням розробленого програмного забезпечення на мові Python. Відносно апаратної частини дослідження, то був розроблений лабораторний стенд для проведення тестування на основі двох відлагоджувальних плат: Altera DE0-SoC-Nanota FTDIFT2232H MiniModule. Поєднання даних двох модулів забезпечує розгортання розробленого схемотехнічного опису мовою VHDL на мікросхемі ПЛІС та дозволяє проводити тестування з пропускну здатністю, яка близька до максимальної для розробленого декодера. Відповідно до запропонованої методики проведено дослідження роботи декодера при роботі з різними кодами та за різних умов зашумлення. Дослідження показало, що для деяких видів помилок декодер не здатен забезпечити гарантоване виправлення, тому рекомендованим є використання декількох кодів на рівні з запропонованими для уникнення вказаних типів помилок.

Список літератури

1. Krainyk, Y.M. Low-Complexity High-Speed Soft-Hard Decoding for Turbo-Product Codes. Electronics and Nanotechnologies-2017 / Y.M. Krainyk, V.O. Perov, M.P. Musiyenko. – ELNANO-2017, Kyiv, 2017. – Pp. 471-474.
2. Krainyk, Y.M. Hardware-Oriented Turbo-Product Codes Decoder Architecture / Y.M. Krainyk, V.O. Perov, M.P. Musiyenko, Y. Davydenk. – IDAACS-2017, Bucharest, 2017. – Pp. 151-154.
3. Berrou C. Near Shannon limit error-correcting coding and decoding : Turbo-codes / C. Berrou, A. Glavieux, P. Thitimajshima // IEEE ICC'93, 1993. – Pp. 1064–1071.
4. Download Center. Mode of access: http://fpgasoftware.intel.com/13.1/?product=modelsim_ae#tabs-2 (Date of treatment 27.08.2018).
5. FT2232H Mini Module USB Hi-Speed FT2232H Evaluation Module Datasheet. Mode of access: http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/Modules/DS_FT2232H_Mini_Module.pdf (Date of treatment 27.08.2018).
6. DE0-Nano-SoC Kit/Atlas-SoC Kit: Mode of access: <https://www.terasic.com.tw/cgi-bin/page/archive.pl?Language=English&No=941> (Date of treatment 27.08.2018).
7. Python. Mode of access: <https://www.python.org/downloads/> (Date of treatment 27.08.2018).
8. Gnuplot. Mode of access: <http://gnuplot.info/> (Date of treatment 27.08.2018).

SOFTWARE AND HARDWARE TESTING OF TURBO-PRODUCT-CODES DECODER

Y.M. Krainyk, V.O. Perov

Petro Mohyla Black Sea National University,
68 Desantnykiv, 10, Mykolaiv, 54003, Ukraine; e-mail: codebreaker7@ukr.net

In this paper we investigate methodic of testing Turbo-Product-codes decoder on software and hardware level. The proposed methodic allows achieving results that characterize decoder's correction ability and through put. The objective of this in vestigation is development of unified methodic that makes it possible to hold testing and evaluation of decoder's properties for any sub-codes of Turbo-Product-code sand for any hard ware platform. The research has allowed emphasizing problems during decoding stage for the

specified algorithm usage and identifying condition for stable work of the decoder. From the practical point of view, it makes possible to define the code that is appropriate for the certain circumstances according to the necessary values of throughput and correction ability. Thus, the decoder can be dynamically configured in obedience to the outer conditions and reach maximum efficient ratio of the two mentioned parameters. The testing methodic supposes division on several stages of testing. In this work several software means have been used during the test stages and among them there is software modeling environment ModelSim, programming language Python. The developed hardware is intended for testing wide range of codes that are supported by the decoder. Hardware tools have also been occupied extensively. Hardware tools include developed laboratory stand using two development boards with FPGA integrated circuit and interface adapter for data transfer between computer and stand. The first one is used for direct implementation of decoder in hardware, while the second one provides necessary throughput capability for transmission speed testing. Combination of developed software and laboratory stand has been utilized during testing in accordance with methodic presented in this work. In compliance with the developed methodic, it is possible to develop universal approach for testing of hardware solutions for error-correcting codes.

Keywords: decoder, Turbo-Product-codes, software testing, hardware testing.

ПРОГРАММНОЕ И АППАРАТНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ TURBO-PRODUCT-КОДОВ

Я.М. Крайник, В.О. Перов

Черноморский национальный университет имени Петра Могилы,
68 Десантников, 10, Николаев, 54003, Украина; e-mail: codebreaker7@ukr.net

В данной работе представлена методика тестирования декодера Turbo-Product-кодов на программном и аппаратном уровнях. Данная методика позволяет получить результаты относительно корректирующей способности декодера, а также пропускной способности. Целью данного исследования является разработка унифицированной методики, которая позволит проводить тестирование и предоставлять оценку показателей декодеров для любых подвидов Turbo-Product-кодов на любой аппаратной платформе. Проведенное исследование позволило определить проблемные места при декодировании при помощи заданного алгоритма и установить, при каких уровнях помех декодер будет работать стабильно. С практической точки зрения это позволяет определить, какой код целесообразно использовать при заданных условиях в соответствии с параметрами пропускной способности и корректирующей способности. Это позволяет проводить конфигурацию декодера динамически в соответствии с изменениями внешних условий для получения максимально эффективного соотношения двух упомянутых параметров. Методика тестирования предполагает прохождение нескольких стадий тестирования. В данной работе использовались программные средства для моделирования ModelSim, язык программирования Python, а также аппаратные средства, среди которых следует выделить разработанный лабораторный стенд на базе двух отладочных модулей с микросхемой FPGA, а также интерфейсной микросхемой для передачи данных между компьютером и стендом. Первая плата используется для непосредственной реализации функций декодера, в то время как вторая способна обеспечить пропускную способность обмена на уровне максимальной пропускной способности системы. Комбинация из разработанного программного обеспечения и лабораторного стенда использовалась при проведении тестирования по представленной в данной работе методикой. В соответствии с разработанной методикой в дальнейшем возможно разработать универсальный подход для тестирования аппаратных решений для помехоустойчивых кодов.

Ключевые слова: декодер, Turbo-Product-коды, программное тестирование, аппаратное тестирование.

**СОЗДАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА НАГРУЗОК
РАМЫ ЭЛЕКТРОСКУТТЕРА В СОВРЕМЕННЫХ САПР****В.М. Тигарев, А.А. Гончаренко**

Одесский национальный политехнический университет,
просп. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина; e-mail: volodymyr_t@ukr.net, toxagonh2007@gmail.com

В работе рассматриваются принципы создания подсистемы проектирования рамной конструкции в САПР Autodesk Inventor. Предложена информационная модель рамы электрического скутера, которая состоит из пяти уровней. На основе созданной информационной модели были разработаны методика и технология построения рамы электрического скутера. Последовательно показаны этапы создания компьютерной параметрической модели рамы. Сначала создается каркасно-векторно-параметрический эскиз пространственной рамы. На основании созданного эскиза каркаса в среде «Проектирование рам» моделируется главный файл трехмерной параметрической сборки. В файле проведено профилирование основания рамы и присоединяемых компонентов. Создана подсистема проектирования для автоматизации проектирования в среде iLogic САПР Autodesk Inventor, в которой используется созданная параметрическая модель рамы электрического скутера для трех конфигураций. Разработан удобный пользовательский интерфейс для управления проектированием рамы. Проведен анализ распределенной нагрузки на багажную часть рамы, боковую нагрузку на основание рамы и нагрузку на переднюю часть конструкции. Механические нагрузки на элементы рамы проводились для трёх конструкций: пассажирская, грузопассажирская и грузовая. Проведена оптимизация трёх вариантов конструкции рамы по ее элементам и материалам. Пассажирский вариант рамы можно выполнять из алюминия. Грузопассажирский и грузовой варианты рамы необходимо выполнять из стальных конструкций с элементами усиления конструкции багажной части рамы в виде ребра жесткости. Предложенная подсистема дает возможность сократить время разработки и повысить надежность необходимой конструкции рамы электрического скутера с учетом требований по безопасности водителя, пассажира и надежности при силовых нагрузках. Впервые предложена информационная модель создания несущей конструкции электрического скутера. Дальнейшим развитием работы является автоматизация создания полной конструкции электрического скутера и анализа ее статических и динамических характеристик.

Ключевые слова: подсистема проектирования, информационная модель, параметрическая модель, среда iLogic.

Введение

Электрические транспортные средства являются неотъемлемой частью будущих устойчивых транспортных систем в городах в целях эффективного сокращения выбросов углерода и зависимости от ископаемого топлива. В связи с ростом популярности на электрический вид транспорта, а особенно электрические скутеры, у производителей появляется ряд вопросов, одним из которых является конструкция несущей части транспортного средства. Такая конструкция должна обладать рядом отличительных особенностей. Несущей конструкцией электроскуттера является рама. Рама должна выдерживать все компоненты конструкции, пассажиров и багаж, а также вбирать в себя все действующие на неё нагрузки без чрезмерных отклонений. Использование при проектировании рамы электроскуттера современных САПР позволяет сократить затраты времени, повысить точность, создать компьютерную модель для проведения анализа механических нагрузок. Поставленную задачу

рациональней выполнить с помощью САПР Autodesk Inventor Professional. В САПР Inventor есть встроенная среда программирования iLogic, которая позволяет создавать подпрограммы автоматизации проектирования.

Основная часть.

По назначению реальная пространственная рама является завершённой структурой, в которой все швы могут быть гибкими без потери рамой жёсткости в них. Это означает, что жесткость не должна ни при каких обстоятельствах передаваться путем приложения изгибающих нагрузок на элементы в местах швов. По факту швы должны быть нагружены только на растяжение или сжатие. Если рама является завершённой структурой, то и каждая секция должна быть сама по себе завершённой структурой. Рама должна быть разделена на несколько отсеков. Если какой-нибудь из них структурно будет уступать другим, то будет страдать вся рама. Для решения поставленной задачи была создана информационная модель технологии создания рамы и анализа нагрузок. Она состоит из 5 уровней:

- уровень линейных объектов;
- уровень трехмерной модели;
- уровень анализа нагрузок на раму;
- уровень оптимизации созданной модели по результатам исследования нагрузок на соответствие требуемым параметрам;
- уровень создания конструкторской документации для изготовления рамы электроскуттера.

На основании созданной информационной модели была разработана методика [1] и технология [2] построения рамы. При создании модели электроскуттера необходимо построить модель основной (базовой) части рамы, а затем создать группы элементов, которые позволят укрепить общую надёжность конструкции. Данный метод позволит провести поэтапный анализ конструкции на жёсткость и надёжность. Подобный подход рассматривался в работах [3, 4] для рамы автомобиля.

Технология построения пространственной рамы содержит особенности по сравнению со сборками, выполненными из обычных смоделированных деталей:

- для обеспечения возможности тестирования модели в среде «Анализ рам», она должна быть создана из специальных профильных элементов;
- для задания стандартного профиля необходим предварительно созданный эскиз, введенный в среду сборки в качестве компонента (профиль задается только в среде сборки);
- для модели необходимо наличие нескольких подуровней детализации (сборки в сборках), это создаёт необходимую свободу контроля над разными компонентами и уровнями детализации.

Каркасно-векторно-параметрический эскиз пространственной рамы создается в САПР Autodesk Inventor Professional. Он выполняется с помощью простых каркасных элементов. Элементами жёсткости делаются боковые подпорки задней секции рамы для поддержки багажной части. Для этого выбирается команда «3D-эскиз» и проводятся диагональные линии в эскизе. Окончательный вид каркасно-векторно-параметрического эскиза рамы с ребрами жёсткости представлен на рисунке 1.

На основании созданного эскиза каркаса рамы в среде «Проектирование рам» моделируется главный файл трехмерной параметрической сборки. В нём проводится профилирование основы рамы и присоединение компонентов. Открывается шаблон iam, и вставляется рама, которая будет фиксированным компонентом. Задание сечения профиля выполняется для всех элементов.

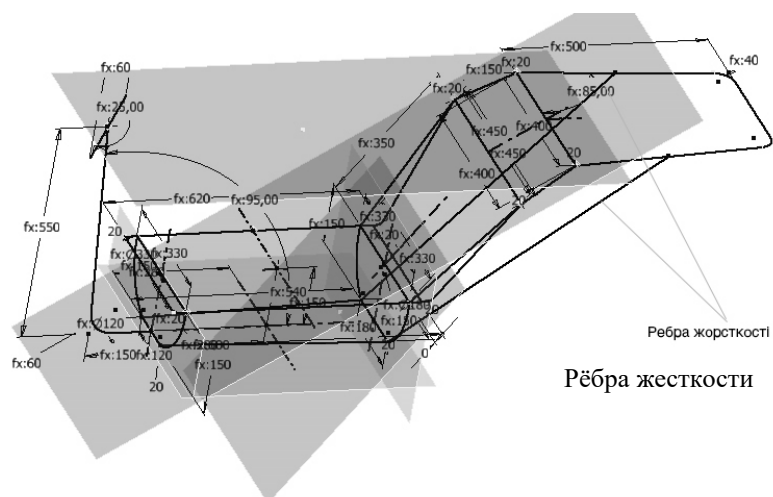


Рис. 1. Каркасно-векторно-параметрический эскиз рамы с рёбрами жёсткости

Вставка инсталляций происходит с использованием зависимости типа «Совмещение» по совпадению точки и прямой. В окончательном виде рама будет содержать все необходимые элементы (рис. 2).

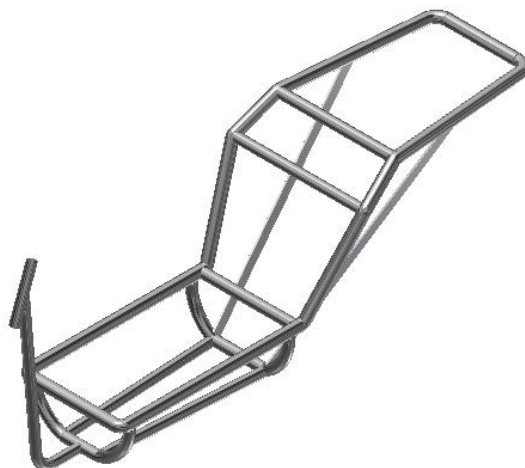


Рис. 2. Окончательный вид рамы электроскуттера (эскизы скрыты)

Следующим этапом является создание подсистемы проектирования в среде iLogic САПР Autodesk Inventor Professional. Подобный подход рассмотрен в работе [5].

Для начала создания приложения необходимо перейти в среду iLogic. Для этого выбирается вкладка «Управление» и выводится браузер iLogic с помощью кнопки «Обозреватель iLogic». Над деревом модели появляется окно с вкладками «Правила», «Формы», «Глобальные формы» и «Внешние правила». Функционирование приложения основывается на параметрах модели, для чего создаются пользовательские параметры:

- «Тип Скутера» – текстовый;
- «Диаметр сечения труб» – цифровой;
- «Толщина стенок труб» – цифровой;
- «Масса рамы» – текстовый;
- «Рёбра жёсткости» – текстовый;
- «Материал» – текстовый.

Программное приложение должно иметь свой интерфейс. Для этого в меню вкладки «Формы» браузера iLogic выбирается пункт «Добавление формы» и создается

форма с названием «Настройка вариаций рамы» (рис.3).

Для создания кода элементов функционала формы выбирается «Добавить правило» на панели инструментов iLogic. Создаются необходимые правила построений и расчетов. Используя возможности среды программирования для решения поставленной цели проектирования, в форме создается выпадающее меню, при выборе которого будут подсоединяться или отключаться элементы жёсткости. Созданная функция позволяет выполнить быстрый доступ к разным конструкциям рамы для проведения анализа каждой из них. Благодаря возможностям Autodesk Inventor, окно подпрограммы (Рис.4) и все ее функции доступны во всех средах анализов пакета.

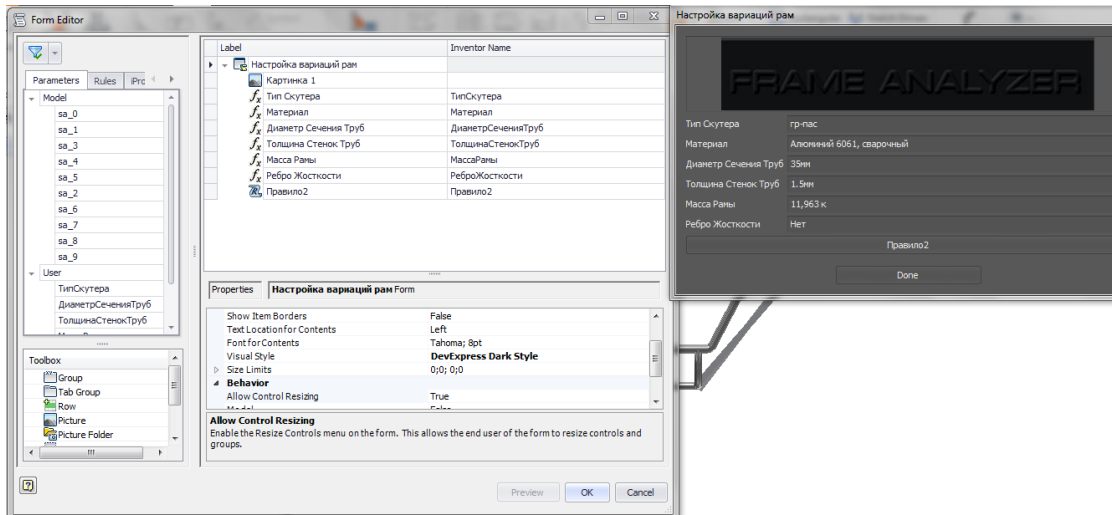


Рис. 3. Пример созданного окна управления формой

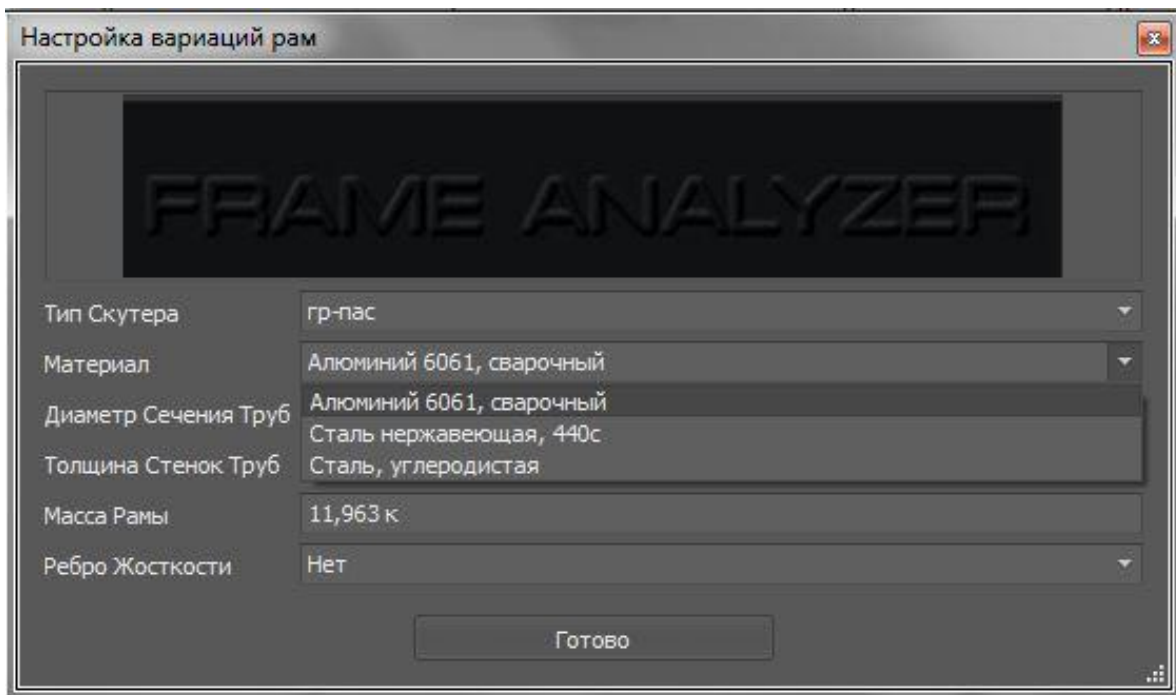


Рис. 4. Окно интерфейса управления подпрограммой

Анализ рам используется для исследования структурной целостности данной рамы по отношению к деформациям и напряжениям, которые возникают под действием нагрузок и зависимостей. Сразу после определения критериев можно запустить процесс

моделирования и увидеть состояние модели в различных условиях. Моделирование помогает идентифицировать проблемы при работе и подобрать для проектов наилучшие альтернативные решения.

Переходим в среду «Анализ рам» (открывается с помощью кнопки «Профиль Анализ») и проводим симуляции для разных модификаций конструкции рамы, динамично изменяя их с помощью подпрограммы.

Одной из важнейших целей при проектировании рамы должно быть обеспечение безопасности водителя, а уже потом обеспечение её эффективности как конструкции соединения основных узлов скутера. С точки зрения конструкции, эффективность рамы определяется её жёсткостью, что также способствует повышению уровня её безопасности. Эти две цели достигаются похожими методами, разница только в местах применения. Были проведены симуляции нагрузок на багажную часть конструкции и на место размещения водителя усилием, близким к максимальному значению силы при эксплуатации, для разных модификаций рамы.

Вначале рассматривался вариант грузопассажирской конфигурации рамы без ребер жесткости. Деформации при нагрузке на багажную часть рамы для такой конструкции были значительными (рис. 5).

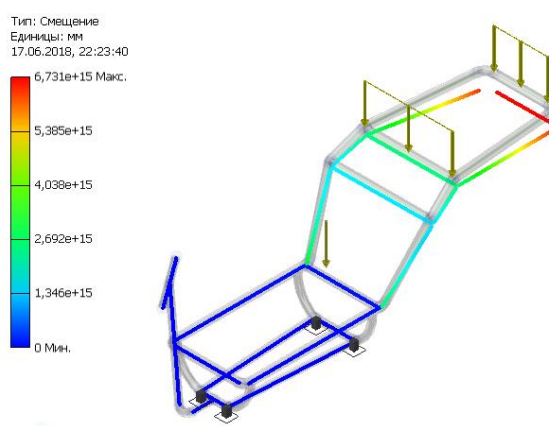


Рис. 5. Грузопассажирская конфигурация рамы – нагрузка на багажную часть рамы

При проведении анализа боковой нагрузки на раму было установлено наличие недопустимых деформаций – кручение (рис. 6).

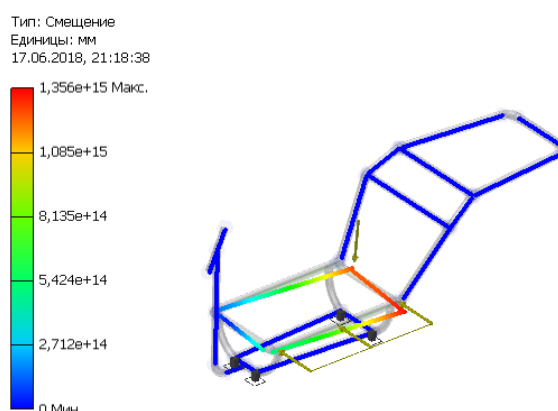


Рис. 6. Грузопассажирская конфигурация рамы – боковая нагрузка

Так как более критичными являются здесь деформации смещения, устанавливаются ребра жесткости, для которых проводятся аналогичные симуляции (рис. 7).

Симуляция грузопассажирской конфигурации рамы с ребрами жесткости продемонстрировала перенесение нагрузки с багажного отдела на среднюю часть рамы, а также снижение силы влияния приблизительно в 10 раз.

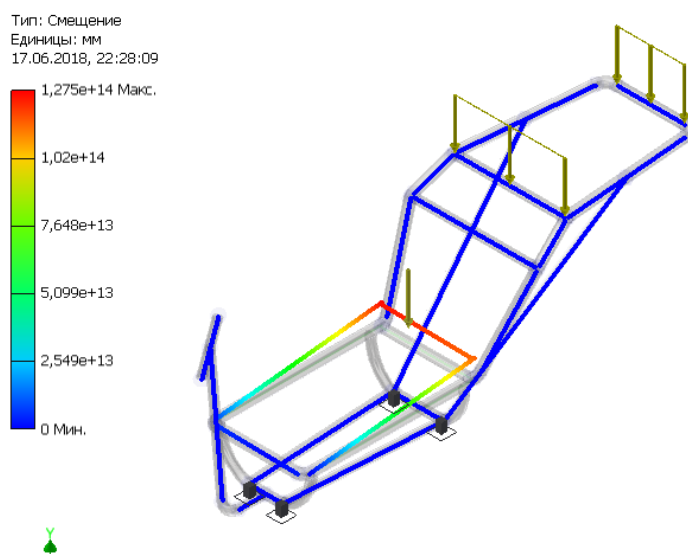


Рис. 7. Грузопассажирская конфигурация рамы с ребрами жесткости

Анализ симуляций позволяет исследовать большое количество параметров на каждый узел конструкции рамы и представить результаты в виде диаграмм или в качестве таблиц. На рисунке 8 представлена диаграмма распределённой нагрузки на основную часть рамы.

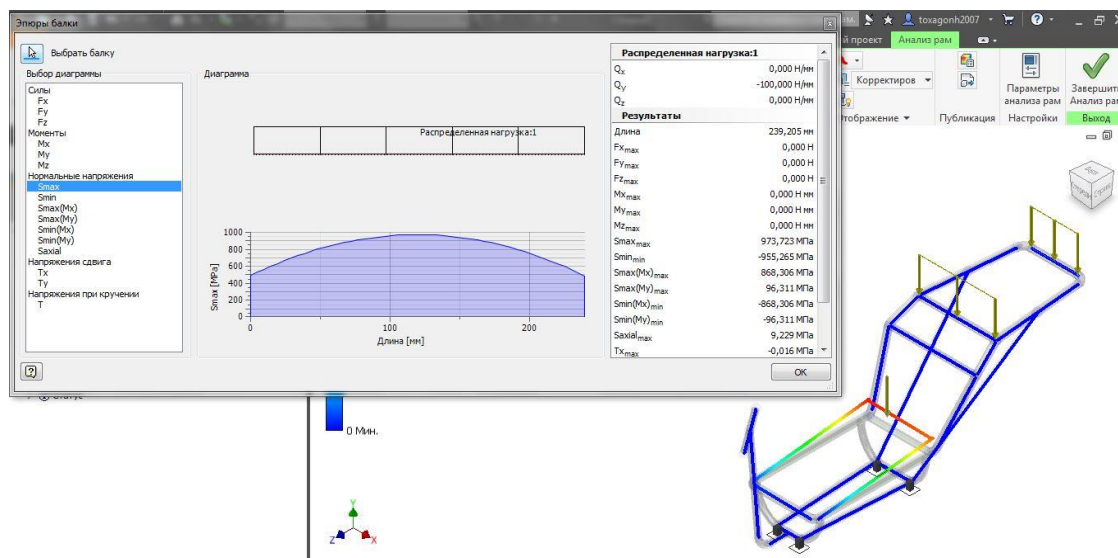


Рис. 8. Диаграмма распределённой нагрузки на основную часть рамы

Были проведены симуляции для трех видов конструкции рамы и выявлена необходимость добавления ребер жесткости для грузопассажирской и грузовой конфигурации. Исследования проводились для различных материалов (алюминий, сталь). В результате определилась конструкция и материал для каждой из испытываемых конструкций рамы электроскуттера. Для пассажирского варианта можно создавать раму из алюминиевых сплавов, а для грузопассажирской и грузовой конфигурации необходимо использовать стальную трубу.

Выводы

В работе описана информационная модель, методика и технология создания трёхмерной параметрической модели рамы электроскутера. Используя созданную модель в среде iLogic САПР Autodesk Inventor, была разработана подпрограмма автоматизации проектирования и анализа нагрузок рамы электроскутера. Приложение ускоряет процесс проектирования, повышает точность и надёжность созданного изделия. Изменяя параметры конструкции и величины нагрузок можно получить оптимальную конструкцию рамы для различных исполнений электроскутера. Были созданы и проверены три варианта конструкции рамы: пассажирский, грузопассажирский и грузовой. Для каждой конфигурации предложен оптимальный вариант конструкции и материала изготовления. Дальнейшим развитием является автоматизация создания полной конструкции электроскутера и анализа её статических и динамических характеристик.

Список литературы:

1. Тигарев, В.М. Методика создания трёхмерной параметрической модели рамы электроскутера / В.М. Тигарев, А.А Гончаренко // VIII Міжнародна наукова конференція студентів та молодих вчених «Modern Information Technology 2018». – Одеса :Екологія, 2018. – С. 146-147.
2. Тігарев, В.М. Розробка технології створення та аналізу параметричної моделі рами електроскутера / В.М. Тігарев, А.О.Гончаренко, А.А. Медведєв // VIII міжнародна науково-практична конференція. – Чернігів : ЧНТУ, 2018. – Т.2. – С. 128-129.
3. Тонконогий, В.М. Розробка параметричної тривимірної моделі просторової рами автомобіля / В.М. Тонконогий, В.М. Тігарев, К.В. Козирєва // Сучасні технології в машинобудуванні. – Вип. 9, ХАРЬКІВ НТУ "ХПІ", 2014, – С. 216-228.
4. Rusnak, S.V. Computer simulation and calculation of a sporting car frame. / S.V. Rusnak, V.V. Khamray, M.A. Novak. – Одеса, 2012. – Вип. 2(39). – С 101-103.
5. Тігарев, В.М. Розробка програмного модулю для управління тривимірною моделлю рами спортивного автомобіля при автоматизованому проектуванні/ В.М. Тігарев, В.М. Тонконогий, О.О. Якімов // Високі технології в машинобудуванні, зб. наук. праць. випуск 1(26). – Харків, НТУ “ХПІ”, 2016, – С. 100-110.

СТВОРЕННЯ ПІДСИСТЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ ТА АНАЛІЗУ НАВАНТАЖЕНЬ РАМИ ЕЛЕКТРОСКУТТЕРА В СУЧАСНИХ САПР

В.М. Тігарев, А.О.Гончаренко

Одеський національний політехнічний університет,
просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна;
e-mail: volodymyr_t@ukr.net, toxagonh2007@gmail.com

В роботі розглядаються принципи створення підсистеми проектування рамної конструкції в САПР Autodesk Inventor. Запропоновано інформаційну модель рами електричного скутера, яка складається з п'яти рівнів. На основі створеної інформаційної моделі були розроблені методика та технологія побудови рами електричного скутера. Послідовно показані етапи створення комп'ютерної параметричної моделі рами. Спочатку створюємо каркасно-векторно-параметричний ескіз просторової рами. На основі створеного ескізу каркасу в середовищі «Проектування рами» моделюємо головний файл тривимірної параметричної збірці. В файлі проведено профілювання основи рами та приєднання компонентів. Створено програмний додаток для автоматизації проектування в середовищі iLogic САПР Autodesk Inventor, в якому використовується створена параметрична модель рами електричного скутера для трьох конфігурацій. Розроблено зручний користувальницький інтерфейс для управління проектуванням рами. Проведено аналіз розподіленого навантаження на багажну частину рами, бокове навантаження на основу рами та навантаження на передню частину конструкції. Механічні

навантаження на елементи рами проводились для трьох конструкцій: пасажирська, вантажопасажирська і вантажна. Проведена оптимізація трьох варіантів конструкції рами по її елементам і матеріалам. Пасажирський варіант рами можливо виконувати з алюмінію. Вантажопасажирській та вантажний варіанти рами необхідно виконувати з сталевих конструкцій з елементами підсиленні конструкції багажної частини рами у вигляді ребра жорсткості. Запропонована підсистема дає можливість скоротити час розробки і підвищить надійність необхідної конструкції рами електричного скутера з урахуванням вимог з безпеки водія, пасажирів і надійності з силових навантажень. Вперше запропоновано інформаційну модель створення несучої конструкції електричного скутера. Подальшим розвитком роботи є автоматизація створення повної конструкції електричного скутера і аналізу її статичних і динамічних характеристик.

Ключові слова: підсистема проектування, інформаційна модель, параметрична модель, середовище iLogic.

CREATION OF A SUBSYSTEM FOR DESIGNING AND ANALYZING LOADS OF THE ELECTRIC SCOOTER FRAME IN THE MODERN CADRE

V.M. Tigariyev, A.O. Honcharenko

Odesa National Polytechnic University,
1, Shevchenko Ave., Odesa, 65044, Ukraine
e-mail: volodymyr_t@ukr.net, toxagonh2007@gmail.com

In this paper, the principles of creating a framework design framework in CAD Autodesk Inventor are discussed. The information model of the electric scooter frame is proposed, which consists of five levels. Based on the created information model, the technique and technology of building an electric scooter frame were developed. After comparing the steps of creating a computer parametric frame model. First, we create a skeleton-vector-parametric sketch of a spatial frame. Based on the sketch frame sketch created in the "Frame Design" environment, we model the main file of the three-dimensional parametric assembly. In this file, the framework of the frame and connection of components is profiled. An application for designing automation in the iLogic environment of Autodesk Inventor CAD is created, which uses the received parametric model of an electric scooter frame for three configurations. The developer is a user-friendly interface for managing the design of the frame. The analysis of the distributed load on the luggage part of the frame, the lateral load on the frame base and the load on the front part of the structure are carried out. Mechanical loads on the frame elements were carried out for three designs: passenger, cargo, and freight. Optimization of three variants of designs on elements and materials is carried out. The passenger version of the frame can be made of aluminum. The cargo and passenger variant of the frame must be made of steel structures with elements of retaining loads in the form of ribs of rigidity. The proposed subsystem, allowing you to control the time when security is required, the passenger and reliability for power loads. For the first time, an information model for the creation of the supporting structure of an electric catcher has been proposed. A further continuation is the automation of the creation of a complete design of an electric scooter and an analysis of its static and dynamic characteristics.

Keywords: design subsystem, information model, parametric model, iLogic environment.

ІНФОРМАТИКА ТА МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ В МОДЕЛЮВАННІ

Том 8, номер 3, 2018. Одеса – 89 с., іл.

ИНФОРМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МОДЕЛИРОВАНИИ

Том 8, номер 3, 2018. Одесса – 89 с., ил.

INFORMATICS AND MATHEMATICAL METHODS IN SIMULATION

Volume 8, No. 3, 2018. Odesa – 89 p.

Засновник: Одеський національний політехнічний університет

Зареєстровано Міністерством юстиції України 04.04.2011р.

Свідоцтво: серія КВ № 17610 - 6460Р

Друкується за рішенням Вченої ради Одеського національного політехнічного університету (протокол №1 від 29.08.2018)

Адреса редакції: Одеський національний політехнічний університет,
проспект Шевченка, 1, Одеса, 65044 Україна

Web: <http://www.immm.opu.ua>

E-mail: immm.ukraine@gmail.com

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за підбір, точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, власних імен та інших відомостей. Редколегія залишає за собою право скорочувати та редагувати подані матеріали

© Одеський національний політехнічний університет, 2018