



ISSN
2682-9517

Journal of Informatics & Innovative Technologies

TOPICS

Year II

№ 1 / 2020

- Optimization
- Neuro – Fuzzy Models
- Sensors
- Ethernet Communication
- Blockchain Initiatives



ISSN 2682-9517



9 772682 951000



IIIT ACADEMIC PUBLISHING HOUSE



Издателски съвет:

Председател:

д-р ик. инж. **Петър Нейчев**

Зам. председател:

проф. д.ик.н. **Асен Конарев**

инж. Ст. Гълъбов, П. Троплев; Д. Гишин

проф. Хр. Смоленов; П. Иларионова;

В. Стоянова; В. Йорданов; Р. Герасимов

Publishing Council:

Chairman:

Dr. Ec. Eng. **Petar Neychev**

Deputy Chairman:

Prof. D.Sc. **Asen Konarev**

Eng. St. Galabov; P. Troplev; D. Gishin;

Prof. Hr. Smolenov; P. Ilarionova;

V. Stoyanova; V.Yordanov; R. Gerasimov

Главен редактор - проф. **Ч. Дамянов**

Зам. гл. редактор - проф. **Г. Тотков**

Редколегия:

- проф. Ангел Дишлиев – България
- проф. Ангел Смрикаров – България
- проф. Джон Робинсън – Великобритания
- проф. Камен Велев – България
- проф. Лук Хенс – Белгия
- проф. Мария Христова – България
- проф. Миролюб Младенов – България
- проф. Михаил Константинов – България
- проф. Михаил Петров – България
- проф. Никола Маджаров – България
- проф. Никос Маркатос – Гърция
- проф. Пламен Матеев – България
- проф. Рейн Лус – Канада
- проф. Румен Трифонов – България
- проф. Стивън Алън – Северна Ирландия
- проф. Стоян Марков – България
- проф. Стоян Стоянов – България
- проф. Тошко Ненов – България
- проф. Фрерих Каел – Германия

Научен секретар – доц. Георги Лафчиев

Editor-in-Chief - Prof. **Ch. Damyanov**

Deputy ch. editor - Prof. **G. Totkov**

Editorial Board:

- prof. Angel Dishliev - Bulgaria
- prof. Angel Smrikarov - Bulgaria
- prof. John Robinson - Great Britain
- prof. Kamen Velev - Bulgaria
- prof. Luc Hens - Belgium
- prof. Maria Hristova - Bulgaria
- prof. Miroljub Mladenov - Bulgaria
- prof. Mihail Konstantinov - Bulgaria
- prof. Mihail Petrov - Bulgaria
- prof. Nikola Madjarov - Bulgaria
- prof. Nikolas Markatos - Greece
- prof. Plamen Mateev - Bulgaria
- prof. Rein Luus - Canada
- prof. Rumen Trifonov - Bulgaria
- prof. Stephen Allen - Northern Ireland
- prof. Stoyan Markov - Bulgaria
- prof. Stoyan Stoyanov - Bulgaria
- prof. Toshko Nenov - Bulgaria
- prof. Frerich Keil - Germany

Sc. Secretary - Assoc. prof. Georgi Lafchiev

Journal of Informatics



Innovative Technologies

ISSN: 2682-9517 (Print)

№ 1 (2), 2020

ISSN: 2683-0930 (Online)

C O N T E N T S

MULTICRITERIA OPTIMIZATION OF ANISE–FLAVOURED ALCOHOLIC BEVERAGE PRODUCTION St. Stoyanov, St. Stoyanova.....	3
A NEW HEURISTIC ONE DIMENSIONAL OPTIMIZATION ALGORITHM WITH ACCELERATED CONVERGENCE IN BOUNDLESS SPACE D. Borisov.....	11
COMPUTATIONALLY EFFICIENT NEURO-FUZZY PREDICTIVE MODELS M. Terziyska, Zh.Terziyski.....	19
INTELLIGENT SENSOR FOR FIRE DETECTION WITH DEEP NEURAL NETWORKS St. Stankov, St. Ivanov.....	25
APPLIED SOLUTION FOR DISTRIBUTED PRODUCTION PROCESS CONTROL SYSTEM USING AN ETHERNET COMMUNICATION NETWORK L. Zhivkov, V. Popov, R. Hrishev, N. Shakev.....	29
BLOCKCHAIN DEVELOPMENT INITIATIVES AND OTHER INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN EUROPE AND BULGARIA P. Ruskov, N. Stoyanova.....	33
CARDANO BLOCKCHAIN V. Dabov.....	41
IN THE CONCEPT OF “GAS HUB BALKANS” OPPORTUNITY AND PROSPECTS FOR IMPLEMENTATION OF IT PLATFORM FOR MEETING THE REQUIREMENTS OF THE THIRD ENERGY PACKAGE A. Andreev.....	45
IN MEMORIAM.....	50

Колонка на главния редактор

Уважаеми читатели,

С 2020 г. започна втората година от появата на списание „Информатика и иновативни технологии“. Година, която се съпровожда от пандемията COVID-19 и очертаващото се настъпване на икономическа рецесия. Значителна част от света е в процес на голяма трансформация. Технологичният напредък все повече се интегрира с цифровизацията, изкуствения интелект (ИИ) и информационните технологии. Достатъчно е да се отбележат само някои от най-успешните приложения на ИИ – автоматичен превод от един език на друг, разпознаване на образи и изображения, машинно обучение и самообучение и др.

Една от мерките за икономическо възстановяване е въвеждането на иновативни технологии, които се подхранват от непрекъснатия прогрес в интелигентните системи и техните приложения. Без съмнение ИИ може да автоматизира много процеси, но той има далеч по-големи възможности да създава изцяло нови категории продукти и услуги и съответно нови пазарни ниши. С помощта на технологии, базирани на ИИ и насочване на компаниите да го използват те могат да трансформират бизнес моделите си към цифров преход с електронно управление и по-ефективно производство и използване на енергиините ресурси. Като редколегия сме щастливи от направените първи стъпки на списанието и имаме амбицията да продължим да предлагаме на своите читатели полезна информация и възможности за пораждаване на нови връзки и асоциации в духа на новите тенденции в сферата на информатиката, ИИ, софтверния и иновативните технологии.

Списанието е некомерсиално и има за единствена цел да представи на читателите си от професионалната гилдия научните постижения и резултати на нашите колеги, да обобщи и обсъди световните тенденции и актуални дискуссионни проблеми.

Списанието ще продължава да бъде форум за разпространение на нови научни резултати и обмен на идеи, техники и приложения на изследователите в областта на интелигентните системи. Спазвайки мисията си, ще предоставим широки възможности за дискусии, дебати и обмен на информация между потребители, доставчици и изследователи.

При създаването се у нас, а и в света ограничения вследствие на COVID-19, Издателският съвет своевременно реагира с изцяло преминаване към свободен достъп до списанието (<https://journal.iiit.bg>). Списанието е регистрирано под № 3786 в Националния референтен списък, което позволява на всички автори на публикации да отразяват/цитират своите работи и те да им носят точки в Регистъра на академичния състав при НАЦИД.

Информатика

и

ИНОВАТИВНИ ТЕХНОЛОГИИ

ISSN 2682 – 9517

№ 1 (2), 2020

СЪДЪРЖАНИЕ

- Многокритериална оптимизация на производството на анасонови алкохолни напитки
Ст. Стоянов, Ст. Стоянова.....**3**
- Евристичен алгоритъм с ускорена сходимост за едномерна оптимизация в неограничено пространство
Д. Борисов**11**
- Изчислително ефективни невронно-размити предсказващи модели
М. Терзийска, Ж. Терзийски.....**19**
- Интелигентен сензор за откриване на пожар с дълбоки невронни мрежи
Ст. Станков, Ст. Иванов.....**25**
- Приложно решение за разпределено управление на производствен процес с използване на итернет мрежа
Л. Живков, В. Попов, Р. Хрисчев, Н. Шакев.....**29**
- Инициативи за развитие на Блокчейн и други иновативни технологии в Европа и България
П. Русков, Н. Стоянова.....**33**
- Блокчейн „Cardano“
В. Дъбов.....**41**
- В концепцията на „ГАЗОВ ХЪБ БАЛКАН“ възможност и перспектива за внедряване на ИТ-платформа за изпълнение на изискванията на трети енергиен пакет
Ан. Андреев.....**45**
- In memoriam.....**50**

МНОГОКРИТЕРИАЛНА ОПТИМИЗАЦИЯ НА ПРОИЗВОДСТВОТО НА АНАСОНОВИ АЛКОХОЛНИ НАПИТКИ

С. Стоянов, С. Стоянова

MULTICRITERIA OPTIMIZATION OF ANISE-FLAVOURED ALCOHOLIC BEVERAGE PRODUCTION

S. Stoyanov, S. Stoyanova

Химикотехнологичен и металургичен
университет (ХТМУ) – София
Бул. Климент Охридски, 8, София 1756
e-mail: shtain@uctm.edu

University of Chemical Technology and
Metallurgy - Sofia
8, Kliment Ohridski Blvd.
Sofia – 1756, Bulgaria

Abstract: Aniseed cordial drinks are produced by mixing several ingredients. To find the optimal composition of the mixture of aniseed drinks is necessary to investigate the preferences and satisfaction of the customers, because the best mixture is extremely subjective. The main problems are how to create a mixture with the best taste of the drink, the best limpidity, the best degree of alcohol and the best price of the drink. In this study for finding the best mixture is used experimental design of McLean and Anderson. For transformation of the several objective parameters to one generalized objective function based on the customer satisfaction is used a function of desirability in two variants – additive and multiplicative type of transformation.

Key Words: aniseed drink, mixture, McLean – Anderson experimental design, multicriteria optimization, desirability function, decision making.

ВЪВЕДЕНИЕ

Алкохолните напитки, които съдържат анисон, условно ще ги наречем «анисонові алкохолні напитки», се произвеждат и се употребяват в много страни. Особено са популярни на Балканите и Средиземноморието (България, Гърция, Турция, Франция, Италия, Испания, Ливан и др.), с различни наименования: мастика, узо, раки, пастис, рикар, самбука, анисадо, арак и др. При производството им, освен дестилацията, особено

важен е процесът на смесване на следните основни компоненти: алкохол, вода, захарен разтвор, дестилат, анисон. Окръпнената схема на производството е показана на Фиг. 1.

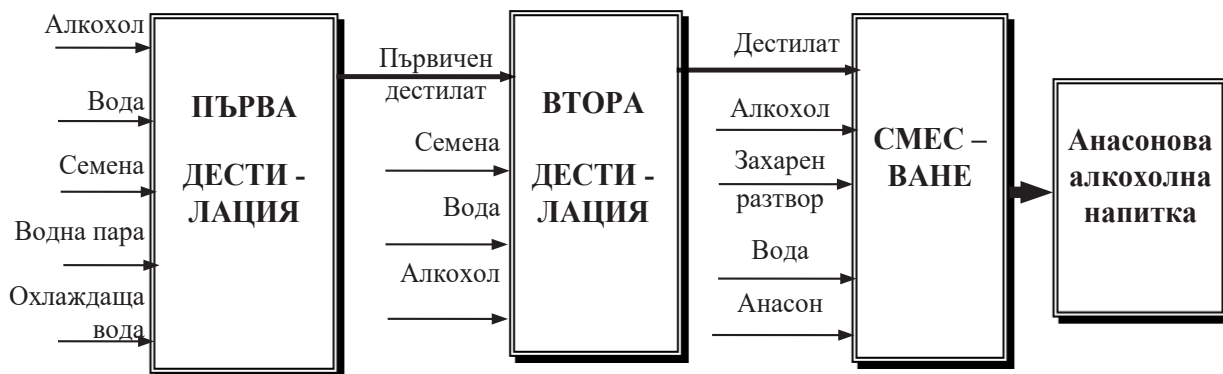
В настоящото изследване е направен експеримент за определяне на най-добрата смес и групи от оптимални смеси, които максимално да удовлетворят консуматорите на анисоновата алкохолна напитка.

От предварителни изследвания и по мнението на експерти са избрани следните допустими граници на вариране на входните параметри на етапа „смесване“:

$$\begin{aligned} 0.12 &\leq x_1 \leq 0.18 - \text{алкохол}; \\ 0.20 &\leq x_2 \leq 0.30 - \text{вода}; \\ 0.25 &\leq x_3 \leq 0.35 - \text{захарен разтвор}; \\ 0.10 &\leq x_4 \leq 0.20 - \text{дестилат}; \\ 0.10 &\leq x_5 \leq 0.20 - \text{анисон}. \end{aligned} \quad (1)$$

Тъй като входните (управляващите) параметри са съдържанието на петте основни съставки на анисоновата алкохолна напитка, разглеждана като смес, условието, което трябва да се изпълнява при цялото изследване е:

$$\sum_{i=1}^5 x_i = 1.0. \quad (2)$$



Фиг.1. Производство на анасонова алкохолна напитка с двустепенна дестилация



Фиг. 2. Оценка на качеството на анасонова алкохолна напитка

Изходните параметри (целевите параметри) при производството на анасоновата напитка са свързани с качествата на сместа. Най-важните от тях, приети в това изследване, са следните (Фиг. 2):

y_1 - оценка на вкуса на напитката, оценявана по 10 бална скала;

y_2 - прозрачност на напитката, оценявана по 10 бална скала;

y_3 - алкохолно съдържание в алкохолни градуси (алк. °), препоръчаната стойност е 42 алк. °;

y_4 – цена в неутрални единици за един тон (НЕ/т);

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

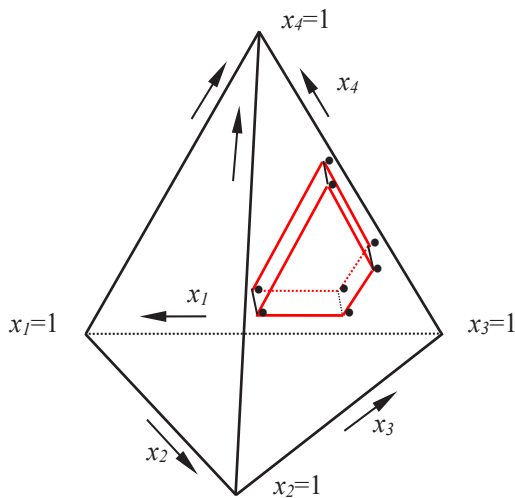
За определяне на оптималния състав на сместа, който да удовлетворява определените изисквания за множеството критерии, е проведен планиран експеримент по план на McLeen - Andersen [3,4] за изследване в ограничената допустима област (1) на съставите x_i ($i = 1, 2, \dots, 5$).

Съотношенията (1) и (2) определят многостен в симплексното пространство на компонентите, който не е псевдосимплекс и формата му зависи от конкретните стойности на a_i и b_i ($i = 1, 2, \dots, 5$), (Фиг.3), които представляват минималните и максималните стойности на компонентите на сместа, съгласно (1).

Планът на Мак-Лийн и Андерсън се съставя така, че множеството от експерименти се разполагат в граничните точки на допустимото пространство, центроидни точки по повърхността и в центъра на този многостен.

На Фиг. 3 за илюстрация, е показана допустимата област на изследване, но представена за 4-компонентна смес.

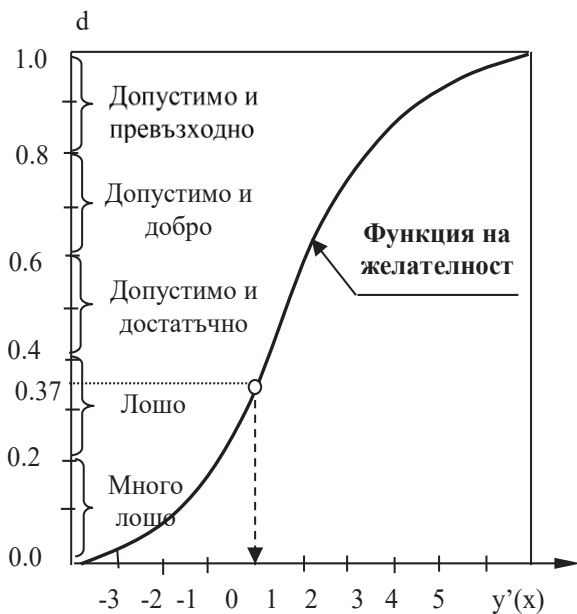
Планът на експериментите е изпълнен в една от европейските държави. Получените резултати за целевите показатели са дадени в Табл. 1 [1].



Фиг. 3. Примерна допустима област за изследване при 4 компонентна смес

МНОГОКРИТЕРИАЛНА ОПТИМИЗАЦИЯ НА АЛКОХОЛНАТА СМЕС

Тъй като в критериите за оценка на анасоновата алкохолна смес има субективни показатели, за многокритериалната оптимизация е използвана обобщена функция на желателност, предложена от Едуин Харингтон [2].



Фиг. 4. Функция на желателност

Тази функция е от експоненциален вид и обединява всички целеви параметри (показателите

на качеството), като се изменя в диапазона $[0 \div +1]$. Тя се характеризира с така наречената точка на приемливост на решението. Тази точка разделя всички резултати за целевите параметри на две области - приемливи и неприемливи, класифицирани в подобласти на неприемливост и приемливост. Разделната точка между «да» и «не» е 0.37 (много изледователи я използват и като 0.40). Кривата на желателност на Харингтон е дадена на Фиг. 4.

Когато е зададена препоръчаната («превъзходна») най -добра стойност на някои от целевите параметри $y_j(x)$ и всяко отклонение от нея (по-голямо или по-малко) е по малко приемливо, се използва двустранна скала на функцията на желателност, която има камбановидна форма, за която лявата половина е показаната на Фиг. 4, а дясната е симетрична на нея. В настоящия случай такъв показател е $y_3(x)$ - алкохолното съдържание, за който препоръчаната стойност е 42 алк.°.

При зададени m на брой целеви параметри, $y_j(x)$ ($j = 1, 2, \dots, m$), като едновременно на всички от тях се търси максимум или минимум по управляващите параметри x_i ($i = 1, 2, \dots, n$). Целевите параметри $y_j(x)$, ($j = 1, 2, \dots, m$) се преобразуват в коефициенти на желателност $d_j(x)$, $j = 1, 2, \dots, m$ по следния алгоритъм:

1. Задават се две базови стойности за $y_j(x)$ и съответните им коефициенти на желателност $d_j(x) \in [0, 1]$, $\forall j = 1, 2, \dots, m$.

$$y_j^I(x) \rightarrow d_j^I(x) \text{ и } y_j^{II}(x) \rightarrow d_j^{II}(x) \quad (3)$$

2. Изчисляват се $y_{jI}' = -\ln[-\ln(d_j^I)]$ и $y_{jII}' = -\ln[-\ln(d_j^{II})]$.

3. Съставя се системата от уравнения:

$$y_{jI}'(x) = b_{oj} + b_{1j} y_j^I(x),$$

$$y_{jII}'(x) = b_{oj} + b_{1j} y_j^{II}(x) \quad (5)$$

4. Решава се системата (5) и се намират b_{oj} и b_{1j} .
5. Целевите параметри се трансформират във функции на желателност.

$$d_j(x) = \exp \left[-\exp(-b_{oj} - b_{1j}y_j(x)) \right],$$

$$\forall j = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

Предимството на този метод е нелинейната експоненциална трансформация (7) на целевите показатели в коефициенти на желателност $d_j(x)$.

Таблица 1. Експериментален план на McLeen - Andersen и опитни резултата

No	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	y ₁	y ₂	y ₃ , алк. °	y ₄ , NE*/т
1.	0,18	0,30	0,25	0,10	0,17	7	9	44	850
2.	0,18	0,20	0,35	0,10	0,17	7	8	39	900
3.	0,12	0,30	0,35	0,10	0,13	6	7	40	540
4.	0,18	0,20	0,25	0,20	0,17	7	9	41	800
5.	0,12	0,30	0,25	0,20	0,13	5	8	40	600
6.	0,12	0,20	0,35	0,20	0,13	5	7	39	920
7.	0,18	0,30	0,25	0,17	0,10	10	8	44	940
8.	0,18	0,20	0,35	0,17	0,10	10	9	40	750
9.	0,12	0,30	0,35	0,13	0,10	8	7	41	770
10.	0,18	0,20	0,25	0,17	0,20	9	5	42	700
11.	0,12	0,30	0,25	0,13	0,20	7	4	41	730
12.	0,12	0,20	0,35	0,13	0,20	4	5	40	760
13.	0,18	0,30	0,32	0,10	0,10	5	7	43	840
14.	0,18	0,20	0,32	0,20	0,10	5	8	41	590
15.	0,12	0,30	0,28	0,20	0,10	4	9	42	670
16.	0,18	0,20	0,32	0,10	0,20	4	6	42	700
17.	0,12	0,30	0,28	0,10	0,20	3	5	41	550
18.	0,12	0,20	0,28	0,20	0,20	4	4	41	710
19.	0,18	0,30	0,32	0,20	0,20	7	4	45	780
20.	0,18	0,27	0,35	0,10	0,10	7	6	38	800
21.	0,18	0,27	0,25	0,20	0,10	6	7	41	820
22.	0,12	0,23	0,35	0,20	0,10	5	8	39	840
23.	0,18	0,27	0,25	0,10	0,20	6	4	42	800
24.	0,12	0,23	0,35	0,10	0,20	4	5	40	770
25.	0,12	0,23	0,25	0,20	0,20	3	5	42	660
26.	0,18	0,27	0,35	0,20	0,20	6	4	43	790
27.	0,15	0,30	0,35	0,10	0,10	6	7	40	710
28.	0,15	0,30	0,25	0,20	0,10	5	8	41	700
29.	0,15	0,20	0,35	0,20	0,10	5	9	39	690
30.	0,15	0,30	0,25	0,10	0,20	7	4	42	630
31.	0,15	0,20	0,35	0,10	0,20	5	6	38	590
32.	0,15	0,20	0,25	0,20	0,20	4	5	41	680
33.	0,15	0,25	0,30	0,15	0,15	8	7	42	700

NE* - Неутрални единици

6. За намиране на компромисно оптимално решение се максимизира обобщената функция $Fgd(x)$ от мултипликативен тип, която представлява средно - геометричната стойност на желателност на всеки от целевите параметри:

$$\max_x Fgd(x) = \max_x \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m d_j(x)} \quad (7)$$

Това позволява „плавно приближаване” към най-желаната или най-нежеланата стойност.

Недостатък на метода е субективният избор на две желани (или нежелани) стойности за отделните целеви функции, необходими за определяне на коефициентите b_{oj} и b_{1j} в системата уравнения в (5).

Освен мултипликативната форма на обобщено представяне на резултатите за целевите параметри се използва също и адитивната форма,

т.е. изчисляване на средно-аритметичната стойност на обобщената желателност $Fad(x)$, на която се търси максимум [5]:

$$\max_x Fad(x) = \max_x \left[\sum_{j=1}^m d_j(x) / m \right] \quad (8)$$

Целевите параметри са трансформирани във функции на желателност dy_j , ($j = 1, 2, 3, 4$) по

формула (6) и са дадени в Табл. 2.

Обобщените функции на желателност, изчислени по формула (7) за $Fgd(x)$ от мултипликативен тип и по формула (8) за $Fad(x)$ от адитивен тип, и ранговете на предпочитание са дадени в Табл. 3, като най-високият ранг е 1, а най-ниският е 33.

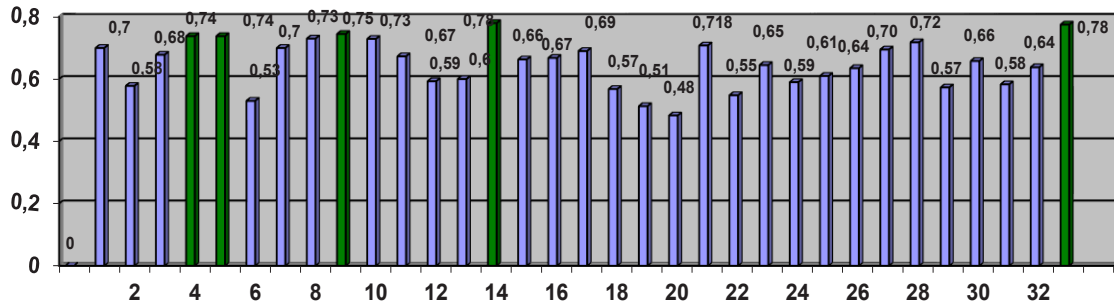
Таблица 2. Експериментални резултати за показателите на качеството и цената, преобразувани в коефициенти на желателност

No	$y_1(x)$	$y_2(x)$	$y_3(x)$, алк.°	$y_4(x)$, HE/т	dy_1	dy_2	dy_3	dy_4
1.	7	9	44	850	0.95	0.98	0.82	0.05
2.	7	8	39	900	0.95	0.97	0.37	0.02
3.	6	7	40	540	0.87	0.95	0.82	0.068
4.	7	9	41	800	0.95	0.98	0.96	0.06
5.	5	8	40	600	0.79	0.97	0.82	0.37
6.	5	7	39	920	0.79	0.95	0.37	0.008
7.	10	8	44	940	1.0	0.97	0.82	0.01
8.	10	9	40	750	1.0	0.98	0.82	0.12
9.	8	7	41	770	0.97	0.95	0.96	0.10
10.	9	5	42	700	0.98	0.79	1.0	0.146
11.	7	4	41	730	0.95	0.65	0.96	0.131
12.	4	5	40	760	0.65	0.79	0.82	0.11
13.	5	7	43	840	0.79	0.95	0.96	0.04
14.	5	8	41	590	0.79	0.97	0.96	0.40
15.	4	9	42	670	0.65	0.98	1.0	0.019
16.	4	6	42	700	0.65	0.87	1.0	0.15
17.	3	5	41	550	0.37	0.79	0.96	0.64
18.	4	4	41	710	0.65	0.65	0.96	0.014
19.	7	4	45	780	0.95	0.65	0.37	0.08
20.	7	6	38	800	0.95	0.87	0.051	0.06
21.	6	7	41	820	0.87	0.95	0.96	0.05
22.	5	8	39	840	0.79	0.97	0.37	0.055
23.	6	4	42	800	0.87	0.65	1.0	0.06
24.	4	5	40	770	0.65	0.79	0.82	0.10
25.	3	5	42	660	0.37	0.79	1.0	0.28
26.	6	4	43	790	0.87	0.65	0.96	0.055
27.	6	7	40	710	0.87	0.95	0.82	0.14
28.	5	8	41	700	0.79	0.97	0.96	0.146
29.	5	9	39	690	0.79	0.98	0.37	0.150
30.	7	4	42	630	0.95	0.65	1.0	0.03
31.	5	6	38	590	0.79	0.87	0.051	0.62
32.	4	5	41	680	0.65	0.79	0.96	0.15
33.	8	7	42	700	0.97	0.95	1.0	0.146

Таблица 3. Коэффициенты на желателност, функции на желателност и рангове на смесите

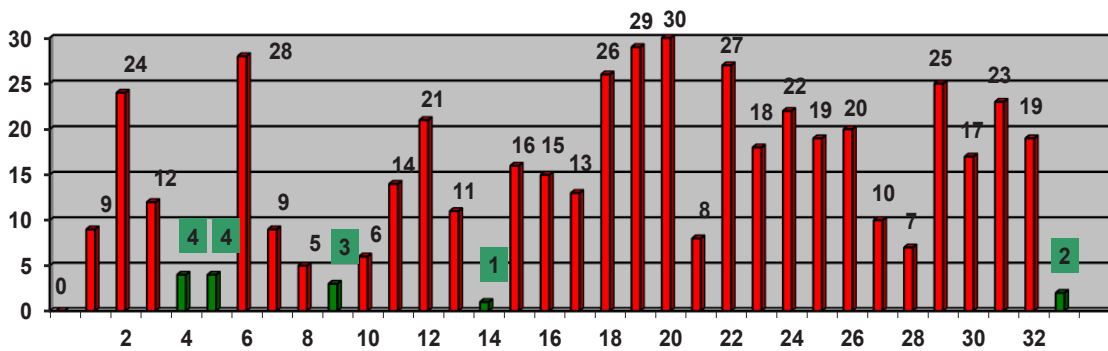
No	$d_1(x)$	$d_2(x)$	$d_3(x)$	$d_4(x)$	$F_{ad}(x)$	Ранг по F_{ad}	$F_{gd}(x)$	Ранг по F_{gd}
1.	0,95	0,98	0,82	0,05	0,700	9	0,442	19
2.	0,95	0,97	0,37	0,02	0,578	24	0,287	29
3.	0,87	0,95	0,82	0,068	0,678	12	0,463	15
4.	0,95	0,98	0,96	0,06	0,738	4	0,481	13
5.	0,79	0,97	0,82	0,37	0,738	4	0,694	2
6.	0,79	0,95	0,37	0,008	0,530	28	0,217	33
7.	1,0	0,97	0,82	0,01	0,700	9	0,299	28
8.	1,0	0,98	0,82	0,12	0,730	5	0,557	7
9.	0,97	0,95	0,96	0,10	0,745	3	0,545	9
10.	0,98	0,79	1,0	0,146	0,729	6	0,580	5
11.	0,95	0,65	0,96	0,131	0,673	14	0,528	12
12.	0,65	0,79	0,82	0,11	0,593	21	0,464	14
13.	0,79	0,95	0,96	0,04	0,600	11	0,412	22
14.	0,79	0,97	0,96	0,40	0,780	1	0,737	1
15.	0,65	0,98	1,0	0,019	0,663	16	0,332	27
16.	0,65	0,87	1,0	0,15	0,668	15	0,540	10
17.	0,37	0,79	0,96	0,64	0,690	13	0,651	3
18.	0,65	0,65	0,96	0,014	0,568	26	0,275	30
19.	0,95	0,65	0,37	0,08	0,513	29	0,368	25
20.	0,95	0,87	0,051	0,06	0,483	30	0,224	32
21.	0,87	0,95	0,96	0,05	0,708	8	0,446	18
22.	0,79	0,97	0,37	0,055	0,548	27	0,353	26
23.	0,87	0,65	1,0	0,06	0,645	18	0,429	20
24.	0,65	0,79	0,82	0,10	0,590	22	0,453	17
25.	0,37	0,79	1,0	0,28	0,610	19	0,535	11
26.	0,87	0,65	0,96	0,055	0,635	20	0,416	21
27.	0,87	0,95	0,82	0,14	0,695	10	0,555	8
28.	0,79	0,97	0,96	0,146	0,718	7	0,573	6
29.	0,79	0,98	0,37	0,150	0,573	25	0,455	16
30.	0,95	0,65	1,0	0,03	0,658	17	0,369	24
31.	0,79	0,87	0,051	0,62	0,583	23	0,384	23
32.	0,65	0,79	0,96	0,15	0,638	19	0,522	13
33.	0,97	0,95	1,0	0,146	0,775	2	0,610	4

Степен на желателност на сместа



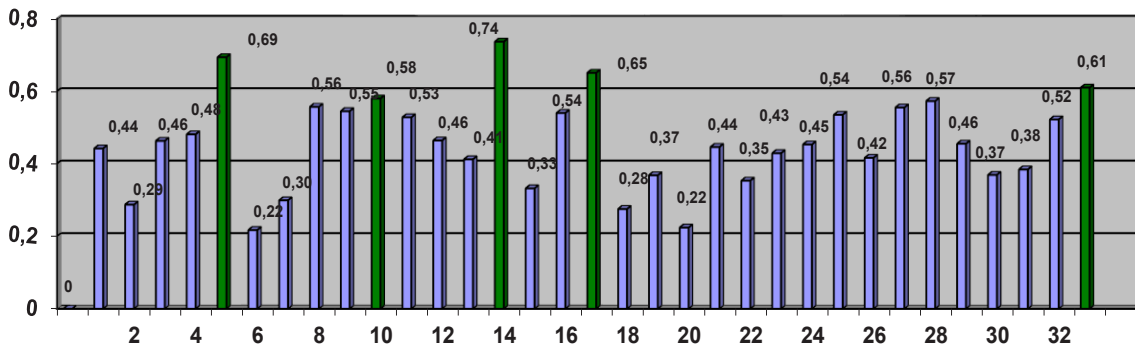
Фиг. 5. Степен на желателност на алкохолната смес по средно-аритметично обобщен показател

Ранг на сместа



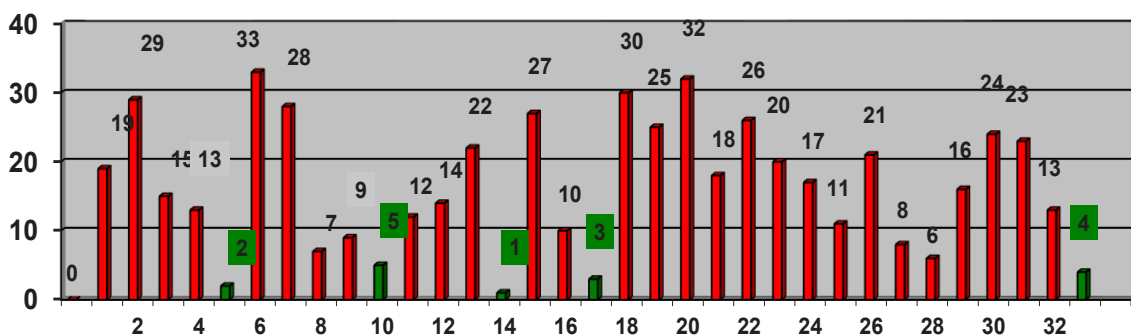
Фиг. 6. Рангове на предпочитанията за алкохолната смес по средно-аритметичен обобщен показател

Степен на желателност на сместа



Фиг. 7. Степен на желателност на алкохолната смес по средно-геометричен обобщен показател

Ранг на сместа



Фиг. 8. Рангове на предпочитанията за алкохолната смес по средно-геометричен обобщен показател

РАНЖИРАНЕ НА СМЕСИТЕ

Оценката на желателност на алкохолната напитка, в зависимост от компонентите на сместа по средно-аритметичната стойност на обобщената желателност $Fad(x)$ е дадена на Фиг. 5, а ранговете на алкохолните смеси са дадени на Фиг. 6. За средно - геометричен обобщен показател на желателност, и съответните рангове са дадени на Фиг. 7 и Фиг. 8.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направено е експериментално изследване за определяне на най - добрите смеси при производството на анасонови алкохолни напитки, които максимално да удовлетворят консуматорите на напитката. По съставен план на експериментите на Мак - Лийн и Андерсен, в допустимата област са изследвани тридесет и три смеси от 5 съставки (алкохол, вода, захарен разтвор, винен дестилат и анасон). Избраните показатели на качеството на напитката са: вкус на напитката, прозрачност, алкохолно съдържание и икономически показател - цена на напитката. Числената оценка на качеството силно зависи от субективните мнения на консуматорите и по тази причина, за намиране на най - добрата смес е прието да се използва обобщена функция на желателност, с отчитане и на цената.

Многокритериалната оптимизационна задача е трансформирана в еднокритериална чрез

съставяне на два вида обобщени функции: адитивна (средно-аритметична) и мултипликативна (средно-геометрична).

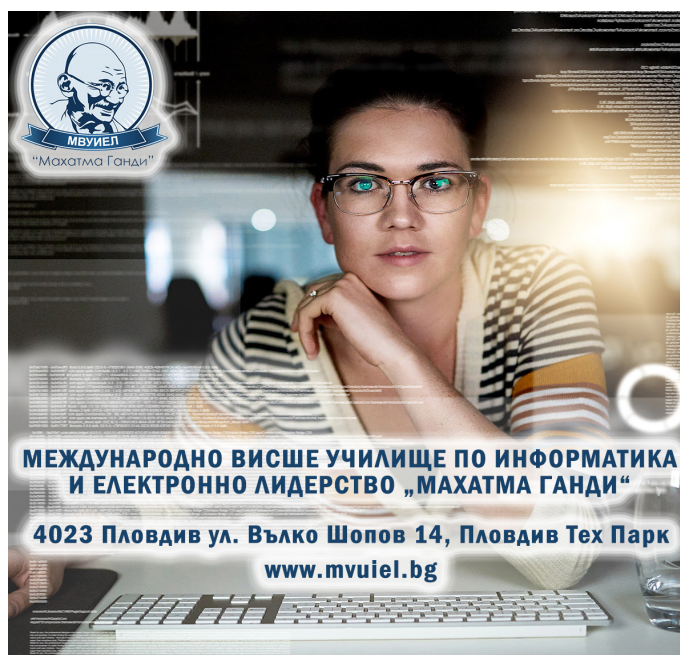
Най-добрата смес, оценена с ранг 1 и по двете обобщени целеви функции е смес No 14.

Препоръчани са също така още 5 смеси с висок ранг (смеси No 5, 33, 17, 9 и 4).

Резултатите от изследването са реализирани в реално производство на анасонова алкохолна напитка.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. Pavlova, S. Stoyanov, G. Bafas, A. Taprantzis. Mathematical Modelling and Optimization under Uncertainty of Wine Distillation Products, System, Modelling, Control, Lodz, v. 2, 1995, pp 157-161.
2. Harrington, E. C. The Desirability Function. Ind. Quality Control, No 4, 1965.
3. McLean, R.A., V. L. Anderson. Extreme Vertices Design of Mixture Experiments. Technometrics, 1966, v. 8, No 3, p. 447-454.
4. И. Вучков, С. Стоянов. Математическо моделиране и оптимизация на технологични обекти, I изд., Техника, София, 1980, II изд., Техника, София, 1986.
5. С. Стоянов, Оптимизация на технологични процеси, Техника, София, 1993.



ЕВРИСТИЧЕН АЛГОРИТЪМ С УСКОРЕНА СХОДИМОСТ ЗА ЕДНОМЕРНА ОПТИМИЗАЦИЯ В НЕОГРАНИЧЕНО ПРОСТРАНСТВО

Д. Борисов

A NEW HEURISTIC ONE DIMENSIONAL OPTIMIZATION ALGORITHM WITH ACCELERATED CONVERGENCE IN BOUNDLESS SPACE

D. Borisov

Химикотехнологичен и металургичен
университет (ХТМУ) – София
Бул. Климент Охридски, 8, София 1756
e-mail: shtain@uctm.edu

University of Chemical Technology and
Metallurgy - Sofia
8, Kliment Ohridski Blvd.
Sofia – 1756, Bulgaria

Abstract — A new heuristic algorithm with accelerated convergence is proposed and investigated. The algorithm includes first four Fibonacci numbers and third order series of numbers for one dimensional optimization without limits of the uncertainty interval of the control parameter. A comparative study with other 3 efficient algorithms: golden search, Kiefer – Johnson – Fibonacci method and combined method with dichotomy and Kiefer – Johnson – Fibonacci method is given. The results show that the new proposed method has a better speed of convergence.

Key Words: one dimensional optimization, heuristic algorithm, golden search method, Fibonacci Kiefer – Johnson method, combined series, interval of uncertainty, comparative analysis.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

В литературата са описани много методи и алгоритми за едномерна оптимизация [1,2]. Всеки един от тях има положителни и отрицателни страни при практическото им използване. Изследванията показват, че създаването на комбинирани алгоритми, които обединяват положителните характеристики на два или повече метода, дават по бърза сходимост [3,4]. В настоящото изследване е представен един нов евристичен алгоритъм, който използва комбиниран ред от числа на Фибоначи и функционален ред от трета степен при не зададена област на търсенето.

Анализът на сходимостта на комбинирания ред показва по-бърза сходимост от метода на

златното сечение, метода на Кифер – Джонсън с числа на Фибоначи [5,6] и комбинираните редове от ред на Фибоначи и степенни редове от втора и четвърта степен [4,7]. Този метод може да се използва и за многомерна оптимизация, като алгоритъмът се преработи за търсене на оптимума в дадено многомерно направление – случайно, градиентно или друго направление.

За определяне на областта на неопределеност, т. е. долна А и горна В граници на управляващия параметър X, в която се намира търсеният екстремум на целевата функция Q(X), се предлага следният алгоритъм:

1. Избира се начална точка X_0 и параметър на стъпката h_0 . Определя се успешната посока, в която целевата функция Q(X) се подобрява от X_0 със стъпката h_0 .

2. При всяка успешна стъпка с по-добра стойност на целевата функция Q(X) се прави двукратно увеличение на стъпката (новото $h_0 = 2h_0$) в успешната посока до получаване на по-лош резултат за целевата функция.

3. Координатите на точката преди най-добрата стойност на Q(X), (точка А) и след най-добрата стойност на Q(X), (точка В) определят областта (А ÷ В) за локализиране на максимума на Q(X).

Предложеният нов алгоритъм с ускорена сходимост е следният:

1. Зададена е целева функция Q(X) дефинирана в границите $A \leq X \leq B$, на която се

търси максимум. Задава се точността на локализиране на максимума Δ_{\min} .

2. Изчислява се помощното число M

$$M = \frac{B - A}{\Delta_{\min}}$$

3. Формира се комбинирания степенен ред по алгоритъма, представен на Фиг. 1. Последното число от комбинирания ред се приема с означението R_n .

4. Изчислява се действителната точност, с която ще се локализира максимумът

$$\Delta_m = \frac{B - A}{R_n}$$

5. Изчисляват се координатите на централната точка, $X^{(c)}$;

$$X^{(c)} = A + \frac{B - A}{2}$$

6. За начална точка се приема $X^{(c)}$. Изчислява се целевата функция $Q^{(c)} = Q(X^{(c)})$, която се приема за най-добра: $X_{\text{extr}} = X^{(c)}$, $Q_{\text{extr}} = Q^{(c)}$.

7. Изчислява се нова точка $X^{(1)}$ в посока на нарастване на X с използване на $n-1$ число от генерирания комбиниран ред. Приема се ($k = 1$)

$$X^{(1)} = X_{\text{extr}} + \Delta_m \cdot R_{n-k}$$

8. Изчислява се целевата функция в тази точка

$$Q^{(1)} = Q(X^{(1)})$$

9. При успешна стъпка ($Q^{(1)} > Q_{\text{extr}}$), текущата стойност на координатите на максимума $X^{(1)}$ се запомня като X_{extr} , а стойността на функцията в тази точка, като Q_{extr} . Всяка следваща стъпка се извършва в същото направление с число от комбинирания ред R_i , номерът на което е с единица по-малък от този на използваното в предишната ($k = k + 1$). Алгоритъмът се продължава по формулата от т. 7.

10. Ако стъпката в т. 7 е неуспешна, следващата се стъпка се извършва със същото число от редицата, R_i , в обратното направление

$$X^{(1)} = X_{\text{extr}} - \Delta_m \cdot R_{n-k}$$

11. Изчислява се целевата функция в тази точка

$$Q^{(1)} = Q(X^{(1)})$$

12. При успешна стъпка ($Q^{(1)} > Q_{\text{extr}}$), стойността за параметъра X се запомня като X_{extr} , а стойността на функцията в тази точка, като Q_{extr} , всяка следваща стъпка се извършва в същото направление с число от редицата R_i , номерът на което е с единица по-малък от този на използваното в предишната ($k = k + 1$). Алгоритъмът се продължава по формулата от т. 10.

13. Ако стъпката е неуспешна, следващата стъпка се извършва в обратен направление с число от редицата R_i , номерът на което е с единица по-малък от този на използваното в предишната ($k = k + 1$). Алгоритъмът се продължава формулата от т. 7.

14. За числата от реда R_i ($i = 1, 2, 3$ и 4) търсенето се извършва по алгоритъма на Кифер - Джонсън;

15. Търсенето се прекратява след изчерпване на числата от редицата от числа на комбинирания ред и се извеждат стойностите за Q_{extr} и X_{extr} .

Сходимостта на предложени нов алгоритъм е изследвана чрез сравнителен анализ с няколко от най-добрите алгоритми за едномерна унимодална оптимизация. При всички методи локализирането на оптимума се извършва при едни и същи целеви функции $Q(X)$, условия за област, ако е зададена, начални и крайни параметри на стъпката за търсене на оптимума и критериите за спиране на търсенето. Като критерий за прекратяване на търсенето се използва зададената точност на локализация на оптимума h_{\min} .

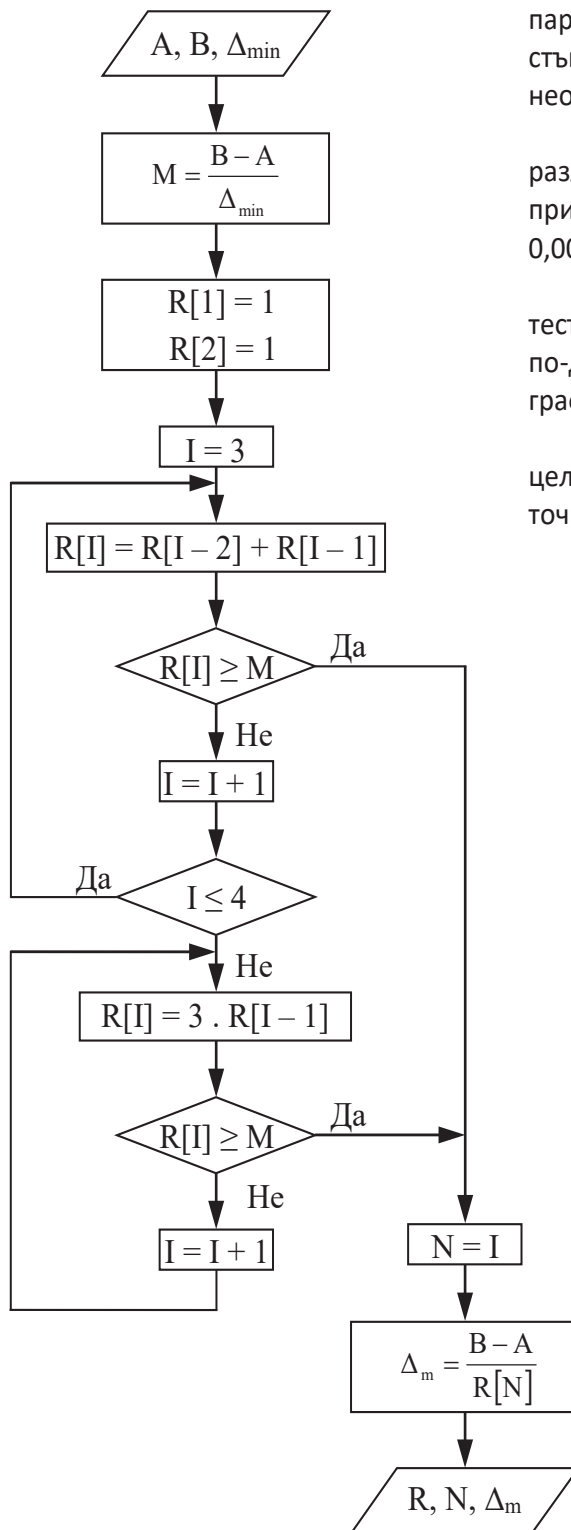
Приети са следните означения на изследваните алгоритми:

GS - метод на „Златното сечение“;

KJF - метод на „Кифер - Джонсън“, използващ числа на Фибоначи (*F*);

2-F - комбиниран метод на „Дихотомията“ и „*KJF*“ с превключване на число 8 от „Дихотомията“ на „*KJF*“ със следната серия числа: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, ...;

3-F - нов комбиниран метод с ред от трета степен и ред на Фибоначи „*KJF*“, с превключване на число 3 със следната серия числа: 1, 1, 2, 3, 9, 27, 81, 243, 729, 2187, Първите четири числа са от реда на Фибоначи, а следващите са от трети степенен ред.



Фиг. 1. Блок-схема на алгоритъм за генериране на числов ред, включващ първите четири числа от реда на Фибоначи (1, 1, 2, 3) и трети степенен функционален ред

Сравнителният анализ на методите е направен със зададена абсолютна точност за локализиране на екстремума Δ_{\min} по управляващия

параметър X и зададена стойност за параметъра на стъпката за определяне на границите на неопределеност на управляващия параметър $[A, B]$.

Сравнителният анализ е реализиран за различна точност на локализация на екстремума при различни стойности на Δ_{\min} (0,1; 0,01; 0,001; 0,0001 и 0,00001).

Ефективността на методите е изследвана с 2 тестови унимодални целеви функции, представени по-долу и е илюстрирана на Табл. 1. до Табл. 20. и графично представени на Фиг. 2. до Фиг. 5.

Екстремумите на изследваните унимодални целеви функции се локализируют по новия метод с точност Δ_m , която е по-голяма от зададената Δ_{\min} .

(а) Изследване с целева функция

$$F(x) = -3,177x^2 + 21,62x + 1,35$$

Максимумът на тази функция е известен: $F_{\max}(x^*) = 38.839$ при $x^* = 3.468$.

(1) Избраната начална точка е близо до максимума $X_a = -9,00$. Използваната стъпка за определяне на областта на управляващия параметър е $\Delta_0 = 1,00$. По стъпковия алгоритъм, областта, която включва максимума е определена след 7 изчисления за целевата функция и е $[A = -2; B = 14]$.

(2) Избраната начална точка е далече от максимума: $X_a = -14000$. Използваната стъпка за определяне на областта на управляващия параметър е $\Delta_0 = 1,00$. По стъпковия алгоритъм, областта, която включва максимума е определена след 17 изчисления за целевата функция и е $[A = -58092; B = 10575]$.

(б) Изследване с целева функция

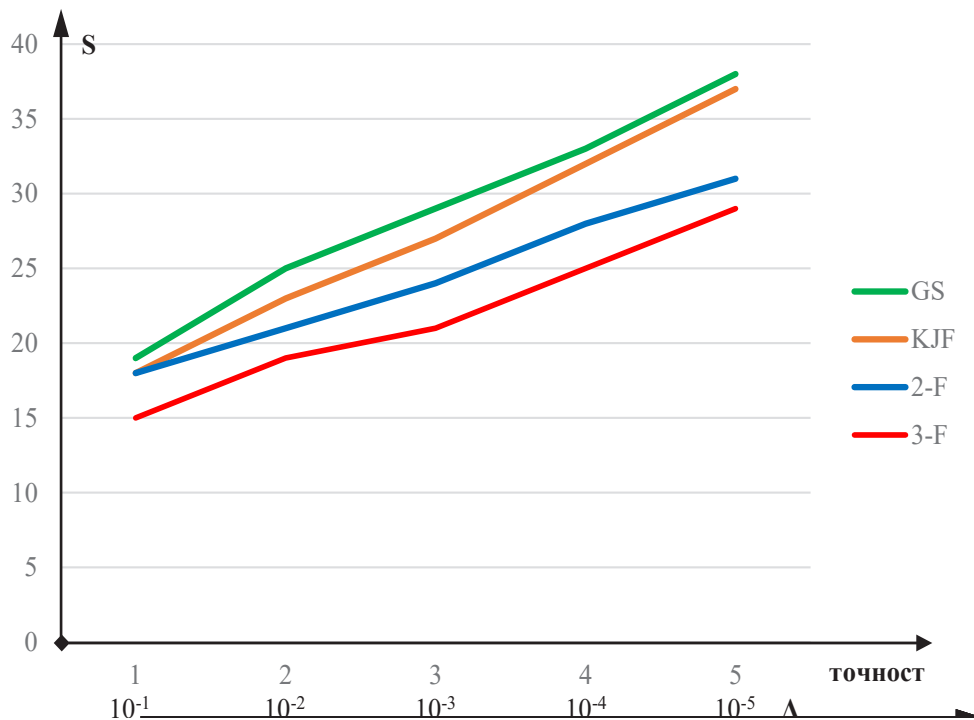
$$F(x) = \frac{15,115}{x^2 - 10,112x + 30,015}$$

Максимумът на тази функция е известен: $F_{\max}(x^*) = 3.39521$ при $x^* = 5.056$.

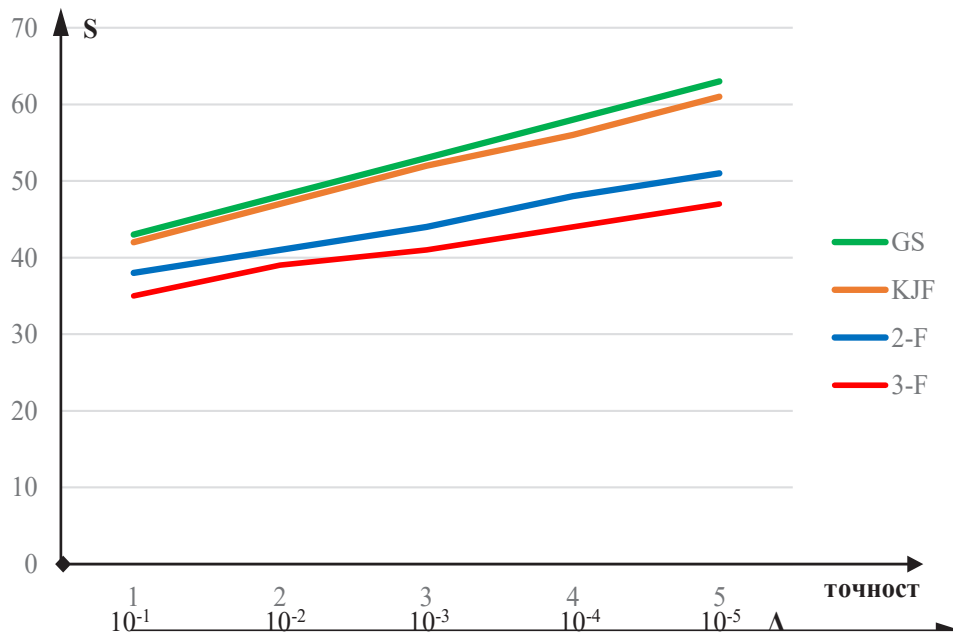
(1) Избраната начална точка е близо до максимума $X_a = -9,00$. Използваната стъпка за определяне на областта на управляващия параметър е $\Delta_0 = 1,00$. По стъпковия алгоритъм, областта, която включва максимума е определена след 7 изчисления за целевата функция и е $[A = -1; B = 15]$.

Таблица 1. Метод на Златното сечение

Δ_{min}	Δ_m	$\frac{\Delta_m}{B-A}$	$\lg \left\{ \frac{\Delta_m}{(B-A)} \right\}$	Точност	S	Q_m	X_m
0.1	0.00362483	0.000226551926892	-3.64483224	1	19	39.87976219	3.59109658
0.01	0.00032685	0.000020428174504	-4.68977044	2	25	39.87999179	3.59834624
0.001	0.00002947	0.000001842007346	-5.73470864	3	29	39.87999999	3.60005765
0.0001	0.00000430	0.000000268745250	-6.57065920	4	33	39.87999999	3.59999871
0.00001	0.00000039	0.000000024232744	-7.61559741	5	38	39.87999999	3.59999871



Фиг. 2. Брой изчисления при зададената точност за методи: GS, KJF, 2-F, 3-F



Фиг. 3. Брой изчисления при зададената точност за методи: GS, KJF, 2-F, 3-F

Таблица 2. Метод на Кифер – Джонсън

Δ_{min}	Δ_m	$\frac{\Delta_m}{B-A}$	$\lg \left\{ \frac{\Delta_m}{(B-A)} \right\}$	Точност	S	Q_m	X_m
0.1	0.06866953	0.004291845493562	-2.36735592	1	18	39.87713533	3.63090129
0.01	0.00619195	0.000386996904025	-3.41229251	2	23	39.87998160	3.59752322
0.001	0.00090339	0.000056462085709	-4.24824308	3	27	39.87999994	3.60013551
0.0001	0.00008146	0.000005091183089	-5.29318128	4	32	39.87999999	3.59997556
0.00001	0.00000735	0.000000459071693	-6.33811949	5	37	39.87999999	3.59999890

Таблица 3. Комбиниран метод на Дихотомията и KJF: 2-F

Δ_{min}	Δ_m	$\frac{\Delta_m}{B-A}$	$\lg \left\{ \frac{\Delta_m}{(B-A)} \right\}$	Точност	S	Q_m	X_m
0.1	0.06250000	0.003906250000000	-2.40823997	1	18	39.8781250	3.62500000
0.01	0.00781250	0.000488281250000	-3.31132995	2	21	39.8799928	3.60156250
0.001	0.00097656	0.000061035156250	-4.21441994	3	24	39.8799927	3.60156250
0.0001	0.00006104	0.000003814697266	-5.41853992	4	28	39.8799999	3.59997559
0.00001	0.00000763	0.000000476837158	-6.32162991	5	31	39.8799999	3.59999847

Таблица 4. Комбиниран метод на ред от трета степен и KJF 3-F

Δ_{min}	Δ_m	$\frac{\Delta_m}{B-A}$	$\lg \left\{ \frac{\Delta_m}{(B-A)} \right\}$	Точност	S	Q_m	X_m
0.1	0.06584362	0.004115226337449	-2.38560627	1	15	39.87736625	3.62962963
0.01	0.00731595	0.000457247370828	-3.33984878	2	19	39.87999960	3.60036580
0.001	0.00081290	0.000050805263425	-4.29409129	3	21	39.87999960	3.60036580
0.0001	0.00009032	0.000005645029269	-5.24833380	4	25	39.87999999	3.60000452
0.00001	0.00000335	0.000000209075158	-6.67969757	5	29	39.87999999	3.60000117

Таблица 5. Брой изчисления на целевата функция за четирите изследвани методи

Δ_{min}	Точност	S			
		GS	KJF	2-F	3-F
0.1	1	19	18	18	15
0.01	2	25	23	21	19
0.001	3	29	27	24	21
0.0001	4	33	32	28	25
0.00001	5	38	37	31	29

Таблица 6. Брой изчисления на целевата функция за четирите изследвани методи

Δ_{min}	Точност	S			
		GS	KJF	2-F	3-F
0.1	1	43	42	38	35
0.01	2	48	47	41	39
0.001	3	53	52	44	41
0.0001	4	58	56	48	44
0.00001	5	63	61	51	47

Таблица 7. Метод на Златното сечение

Δ_{min}	Δ_m	$\frac{\Delta_m}{B-A}$	$\lg \left\{ \frac{\Delta_m}{(B-A)} \right\}$	Точност	S	Q_m	X_m
0.1	0.00362483	0.000226551926892	-3.64483224	1	19	3.39519921	5.05279554
0.01	0.00032685	0.000020428174504	-4.68977044	2	24	3.39520580	5.05727608
0.001	0.00002947	0.000001842007346	-5.73470864	3	29	3.39520704	5.05596867
0.0001	0.00000430	0.000000268745250	-6.57065920	4	33	3.39520704	5.05600510
0.00001	0.00000039	0.000000024232744	-7.61559741	5	38	3.39520704	5.05599980

Таблица 8. Метод на Кифер – Джонсън

Δ_{min}	Δ_m	$\frac{\Delta_m}{B-A}$	$\lg \left\{ \frac{\Delta_m}{(B-A)} \right\}$	Точност	S	Q_m	X_m
0.1	0.06866953	0.004291845493562	-2.36735592	1	18	3.39498765	5.07296137
0.01	0.00619195	0.000386996904025	-3.41229251	2	23	3.39520096	5.05882353
0.001	0.00090339	0.000056462085709	-4.24824308	3	27	3.39520692	5.05640562
0.0001	0.00008146	0.000005091183089	-5.29318128	4	32	3.39520704	5.05597247
0.00001	0.00000734	0.000000459071693	-6.33811949	5	37	3.39520704	5.05599802

Таблица 9. Комбиниран метод на Дихотомията и KJF: 2-F

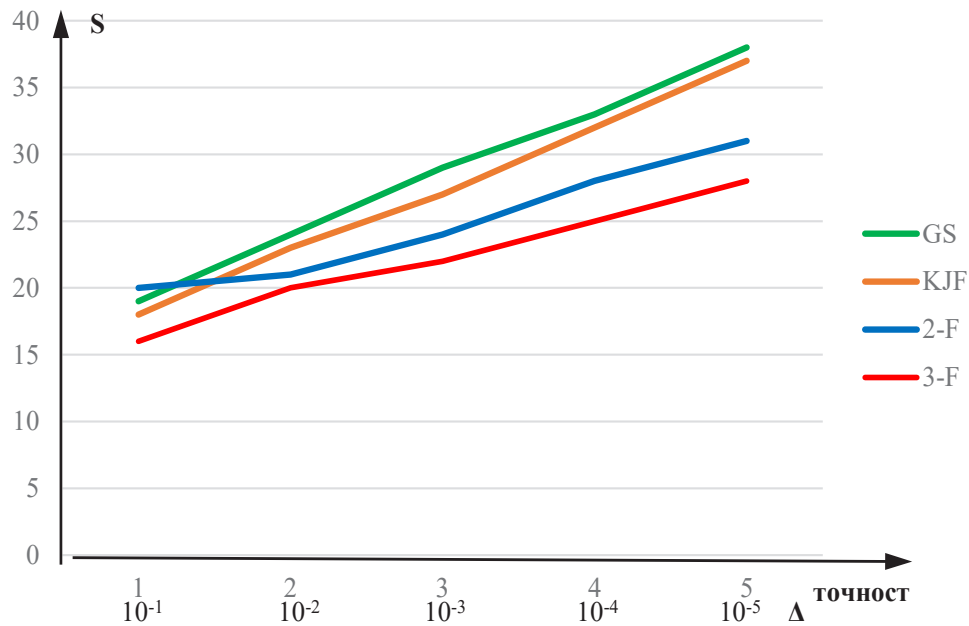
Δ_{min}	Δ_m	$\frac{\Delta_m}{B-A}$	$\lg \left\{ \frac{\Delta_m}{(B-A)} \right\}$	Точност	S	Q_m	X_m
0.1	0.06250000	0.003906250000000	-2.40823997	1	20	3.39517482	5.06250000
0.01	0.00781250	0.000488281250000	-3.31132995	2	21	3.39520573	5.05468750
0.001	0.00097656	0.000061035156250	-4.21441994	3	24	3.39520696	5.05566406
0.0001	0.00006104	0.000003814697266	-5.41853992	4	28	3.39520704	5.05603027
0.00001	0.00000763	0.000000476837158	-6.32162991	5	31	3.39520704	5.05599976

Таблица 10. Комбиниран метод на ред от трета степен и KJF 3-F

Δ_{min}	Δ_m	$\frac{\Delta_m}{B-A}$	$\lg \left\{ \frac{\Delta_m}{(B-A)} \right\}$	Точност	S	Q_m	X_m
0.1	0.06584362	0.004115226337449	-2.38560627	1	16	3.39445963	5.02469136
0.01	0.00731596	0.000457247370828	-3.33984878	2	20	3.39520385	.053955190
0.001	0.00081288	0.000050805263425	-4.29409129	3	22	3.39520692	5.05639384
0.0001	0.00009032	0.000005645029269	-5.24833380	4	25	3.39520704	5.05603256
0.00001	0.00000334	0.000000209075158	-6.67969757	5	28	3.39520704	5.05599910

Таблица 11. Брой изчисления на целевата функция за четирите изследвани методи

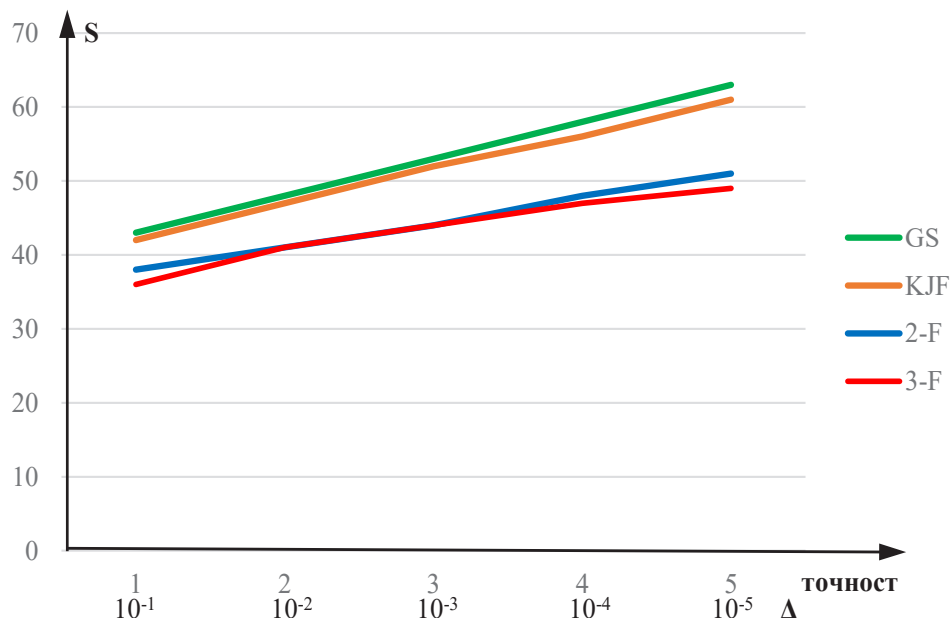
Δ_{min}	Точност	S			
		GS	KJF	2-F	3-F
0.1	1	19	18	20	16
0.01	2	24	23	21	20
0.001	3	29	27	24	22
0.0001	4	33	32	28	25
0.00001	5	38	37	31	28



Фиг. 4. Брой изчисления при зададената точност за методи: GS, KJF, 2-F, 3-F

Таблица 12. Брой изчисления на целевата функция за четирите изследвани методи

Δ _{min}	Точност	S			
		GS	KJF	2-F	3-F
0.1	1	43	42	38	36
0.01	2	48	47	41	41
0.001	3	53	52	44	44
0.0001	4	58	56	48	47
0.00001	5	63	61	51	49



Фиг. 5. Брой изчисления при зададената точност за методи: GS, KJF, 2-F, 3-F

Избраната начална точка $X_a = -15000$ е далече от максимума. Използваната стъпка за определяне на областта на управляващия параметър е $\Delta_0 = 1,00$. По стъпковия алгоритъм, областта, която включва максимума е определена след 17 изчисления за целевата функция и тя е $[A = -68092; B = 9575.0]$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложеният и изследван нов метод за едномерна оптимизация на унимодални целеви функции с използване на комбиниран ред от числа на Фибоначи и функционален ред от трета степен показва по-бърза сходимост към оптималното решение, в сравнение с известните методи на златното сечение, метода на Кифер и Джонсън с използване само на числата на Фибоначи и от комбинирания метод от числата на Фибоначи и метода на „дихотомията“.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стоянов, С., Оптимизация на технологични обекти, Техника, София, 1983.
2. Стоянов, С., Оптимизация на технологични процеси, Техника, София, 1993.
3. Стоянов, С., Методи и алгоритми за оптимизация, Техника, София, 1990.
4. Стоянов, С., Методи и алгоритми с ускорена сходимост при оптимизация на технологични обекти и системи, Дисертация за д-р т.н., ХТМУ, София, 1990.
5. Kiefer, J., Sequential Minimax Search for a Maximum, Proc. Am. Math. Soc. 1953, v.
6. Johnson, S. M., Optimal Search for a Maximum is Fibonacci, RAND Corp. rep. P-856, 1956.
7. D. Borisov, Investigation of Heuristic Algorithms for One Dimensional Optimization with Accelerated Convergence, Optimization, information technologies and control, SAI, 1, 2018, Online ISSN: 2367-5357.

Частна професионална гимназия по информатика и компютърни науки „Академик Благоев Сендов“

www.gikn.eu

0800 900 11

ПЛОВДИВ ТЕХ ПАРК
ГР. ПЛОВДИВ УЛ. "ВЪЛКО ШОПОВ" №14
www.gikn.eu

ИЗЧИСЛИТЕЛНО ЕФЕКТИВНИ НЕВРОННО-РАЗМИТИ ПРЕСКАЗВАЩИ МОДЕЛИ

Маргарита Терзийска

Желязко Терзийски

COMPUTATIONALLY EFFICIENT NEURO-FUZZY PREDICTIVE MODELS

Margarita Terziyska

Informatics and Statistics Department
University of Food Technologies
Plovdiv, Bulgaria
m.terziyska@uft-plovdiv.bg

Zhelyazko Terziyski

Faculty of Mathematics and Informatics
University of Plovdiv Paisii Hilendarski,
Plovdiv, Bulgaria
terziyski@engineer.com

Abstract—Hybrid neuro-fuzzy structures are well known and widely used artificial intelligence techniques. Their computational efficiency is not discussed in any of the existing review articles. In this paper different approaches to reduce the computational burden in these structures will be discussed, it will be presented some ideas of the authors to reduce the number of fuzzy rules and a comparison between them and the classic ANFIS will be made.

Keywords—*neuro-fuzzy systems, ANFIS, DANFA, SFNN, Neo-fuzzy neuron, fuzzy rules reduction*

I. INTRODUCTION

Hybrid neuro-fuzzy intelligent architectures is appeared a natural continuation in the development of neural networks and systems with fuzzy logic. They combine the clarity and transparency of fuzzy systems with the learning ability on neural networks. Their fusion has been compared in [1] with the human brain - the neural network is the structure of the brain, i.e. "hardware", while fuzzy logic takes care of "software". Some of the well-known hybrid neuro-fuzzy architectures are ANFIS [2], GARIC [3], NEFCON [4], FALCON [5], FUN [6], SONFIN [7], EFuNN [8], dmEFuNN [9].

A number of overview articles dedicated to the neuro-fuzzy structures, are presented in the scientific literature. All they show the evolution on these intelligent systems. A comparative study of the ANFIS, FALCON, GARIC, SONFIN and EFuNN structures was performed in [10]. Relatively newer in historical terms are the review articles [11-14]. An extremely in-depth analysis of the neuro-fuzzy structures developed in the period 2010-2017 is presented in [15]. The authors made classification the neuron-fuzzy models according to their learning algorithm, according to their structure (static or dynamic), according to the used type of fuzzy logic (Type 1, Type 2, Intuitionistic fuzzy logic), etc. A review of the central theories involved in hybrid models

based on fuzzy systems and artificial neural networks, mainly focused on supervised methods for training hybrid models is given in [16].

However, none of these review papers discusses the problem of the computational efficiency of neuron-fuzzy models. It is well known that all these structures are composed of a set of if-then rules. In principle, the number of fuzzy rules depends exponentially on the number of inputs and membership functions. If p is the number of inputs in a fuzzy-neural system and m is the number of the membership functions, then the number of the generated fuzzy rules is m^p . Thus, the huge number of generated rules requires determination of a large number of parameters during the learning procedure. For instance, for a fuzzy inference system with 8 inputs, each one with three membership functions, the grid partitioning leads to $6561 (=3^8)$ rules, which is an extremely large number of rules for any practical applications. In this paper different approaches to reduce the computational burden in these structures will be discussed, it will be presented some ideas of the authors to reduce the number of fuzzy rules and a comparison between them and the classic ANFIS will be made.

II. METHODS FOR FUZZY RULES REDUCTION

One significant drawback of the fuzzy models that they carry into the neuro-fuzzy structures is the large number of fuzzy rules they work with. In order to reduce the number of generated rules without loss the accuracy of modeling, different methods have been proposed in the scientific literature. One of them is the use of hierarchical neuro-fuzzy structures [17]. Hierarchical fuzzy/neuro-fuzzy systems have also been shown to be universal approximators [18-19]. However, in [17] was proven that the learning algorithm is too complicated.

In [20] the use of the so-called sensory fusion was proposed. In this method, one of several input signals is obtained. The new signal represents a linear function of its components. In this way, the size of the base rule decreases as the number of inputs decreases. The author also proposes the combination of hierarchical structures with sensory fusion. The disadvantage of this idea is that its implementation depends mainly on the experience of the human operator. He is the one who has to determine what the structure of the hierarchical system should be, as well as the respective parameters. In an attempt to overcome this disadvantage, in [her dissertation [21] she] it was proposed an automatic determination of these parameters by using genetic algorithm.

Another possibility to simplify the fuzzy/neuro-fuzzy models is the use of orthogonal transformations. In fact, they are a way to determine the most significant rules. In [22] several different methods of orthogonal transformations were compared, namely: Orthogonal Least Squares (OLS) method; Eigenvalue Decomposition (ED); Total Least Squares (TLS) and Direct Singular Value Decomposition (D-SVD). In [23] a modified version of the Gram-Schmidt transformation is presented. In [24] some comments are given concerning the use of orthogonal transformations.

Various ways to reduce the fuzzy rules by removing the redundant ones have been proposed in [25-26]. The conditions for reducing the rule from the point of view of linear matrix inequalities (LMIs) are presented in [27]. A method based on the concept of similarity and vague interpolation is described in [28]. In it, the similarity between the rules is first measured in order to determine the "best", and then interpolation is performed in order to increase the accuracy after the first. An overview of the methods for reducing the fuzzy rules is given in [29].

Another group of algorithms that have become popular in recent years is the so-called self-constructing and self-organizing neuro-fuzzy structures [30-31]. During the learning process, the inactive rules are removed, which in turn leads to a reduction in the number of learning parameters. A method that compresses a system with an arbitrarily large number of rules to one with a small number of rules is presented in [32]. As a result of this compression, the number of on-line operations during the fuzzy inference process is significantly reduced without compromising the solution.

In order to reduce the number of fuzzy rules without loss of accuracy, different fuzzy clustering approaches, such as fuzzy C-means [33, 34] and K-means [35] can be used. Besides, subtractive clustering and hyperplane clustering are proposed in [36, 37]. Evolving fuzzy systems [38, 39], such as DENFIS, includes evolving clustering and dynamically forms bases of fuzzy rules generated during the past instance of the learning process. The new AnYa neuro-fuzzy structure also belongs to the evolving fuzzy systems. This architecture works with the so-called cloud instead of fuzzy sets. This removes the need for training of the membership functions parameters. However, apriori data is needed to form the clouds [40].

III. COMPUTATIONALLY EFFICIENT NEURO-FUZZY MODELS

A. Distributed Adaptive Neuro-Fuzzy Architecture

The structure of the Distributed Adaptive Neuro-Fuzzy Architecture (DANFA) model is shown on Fig. 1.

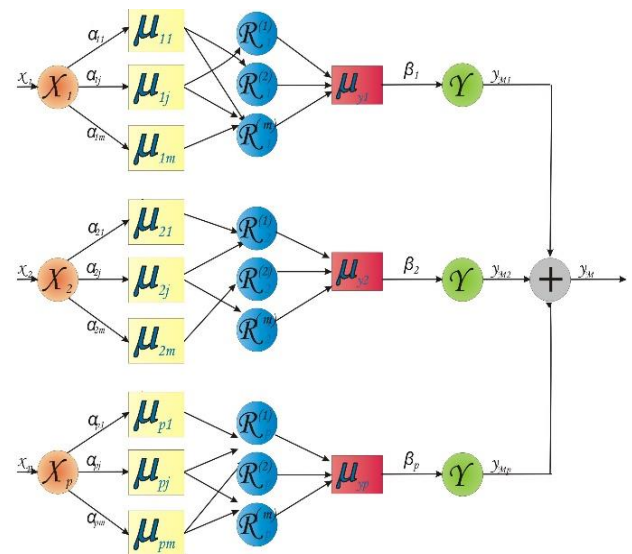


Fig. 1. Structure of the proposed DANFA model

DANFA model is a modification of the well-known Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS). The main idea behind it is to "distribute" the input signals to separate ANFIS-type structures. In this way a network of neural fuzzy structures is obtained. Each of these neural-fuzzy structures act as a separate sub-model and global DANFA model is a set of p on the number of sub-model. The output signal of a global DANFA model is computed as a sum of the output signals of the p ANFIS-type models and is calculated by the following expression:

$$\hat{y}_M(k+j) = \hat{y}_{M1}(k+j) + \dots + \hat{y}_{Mp}(k+j) \quad (1)$$

where \hat{y}_{Mr} for $r=1:p$ is obtained as follow:

$$\hat{y}_{Mr}(k+j) = \frac{\sum_{i=1}^q f_r^{(i)}(k+j)\mu_r^{(i)}(k+j)}{\sum_{i=1}^q \mu_r^{(i)}(k+j)} \quad (2)$$

The number of fuzzy rules of the DANFA model is calculated by the following formula:

$$N = m_1^{p_1} + m_2^{p_2} + \dots + m_q^{p_q} \quad (3)$$

More details about the DANFA model can be found in [41].

B. Semi Fuzzy Neural Network

The structure of the proposed SFNN model is shown on Fig. 2. It represents five-layered architecture with Takagi-Sugeno inference mechanism. However, in SFNN model a part of input signals are not fuzzified, but they come with their real values, weighted by the appropriate coefficient, into the third layer (fuzzy rules layer), i.e. directly into the THEN part of the functions of Sugeno.

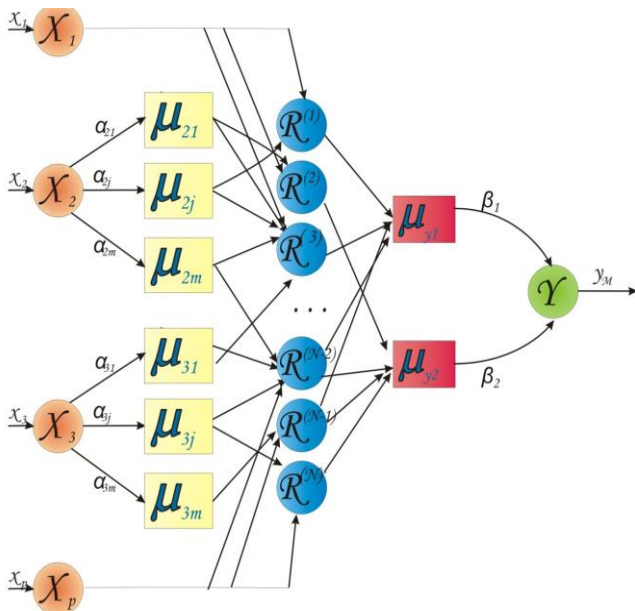


Fig. 2. Structure of the proposed SFNN model

Thus, on the one hand it is reduced the number of fuzzy rules with which the model is working and on the other hand – it is reduced the number of the parameters that must be determined during learning procedure. For example, for implementation of NARX model with 4

inputs, each of which is fuzzified with 3 fuzzy sets, then for ANFIS model is needed 81 fuzzy rules while SFNN works with only 9 fuzzy rules. Furthermore, in ANFIS model during the learning procedure it is needed to obtain 405 linear and 648 nonlinear parameters or total 1053 parameters! The number of parameters that must be determined during the training procedure is only 81 (45 linear and 36 nonlinear parameters). More details about the SFNN model can be found in [42, 43].

C. Modified Neo-Fuzzy Network

Modified Neo-Fuzzy Network (MNFN) is based on the concept of Neo-fuzzy neuron (NFN), which was initially introduced by T. Yamakawa and E. Uchino [44]. The architecture of the neo-fuzzy neuron is shown in Fig.3. The Neo-Fuzzy neuron is similar to a zero order Sugeno fuzzy system where only one input is included in each fuzzy rule, and to a radial basis function network (RBFN) with scalar arguments of basis functions. The neo-fuzzy neuron implements nonlinear mapping using the following equation:

$$f(x) = \sum_{j=1}^m \mu_j(x(k))w_j \quad (4)$$

where $x(k)$ is the input, w_j is the weight coefficient and μ_j for $j=1:m$ is a defined set of Gaussian membership functions:

$$\mu_{Xp,m}^{(n)} = \exp \frac{-(x_p - c_{Xp,m})^2}{2\sigma_{Xp,m}^2} \quad (5)$$

where c and σ represent its center (mean) and width (standard deviation).

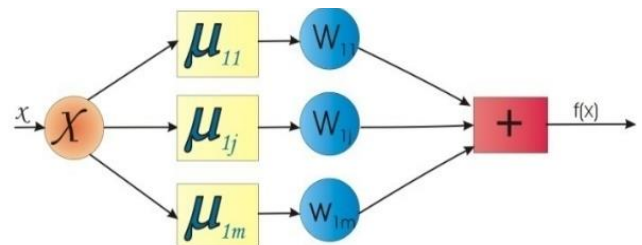


Fig. 3. Single Neo-Fuzzy neuron

Using the basic concept of the neo-fuzzy neuron, it is easy to obtain a network containing a larger number of such neurons. Such a structure is shown in Fig. 4. More details about the MNFN model can be found in [45, 46].

The MNFN model represents a six-layered architecture as each layer perform following:

Layer 1: The neurons in this layer receive the input signals and transmit them to the next layer.

Layer 2: Each node in this layer does fuzzification via a Gaussian membership function (5).

Layer 3: This layer is a kind of a fuzzy rules generator. All rules have the following form:

$$f_{ij}(k) = \mu_{ij}(k) * w_{ij}(k) \tag{6}$$

Layer 4: Summation of the values calculated in layer 3 using the expression (4) is realized.

Layer 5: Multiplication on the output of each neo-fuzzy neuron by he input signal for it is performed.

Layer 6: The output of the MNFN model is obtained as follows:

$$y_m(k) = \sum_{i=1}^p x_i(k) f_i(x_i(k)) = \sum_{i=1}^p x_i(k) \sum_{j=1}^m \mu_{ij}(x_i(k)) w_{ij}(k) \tag{7}$$

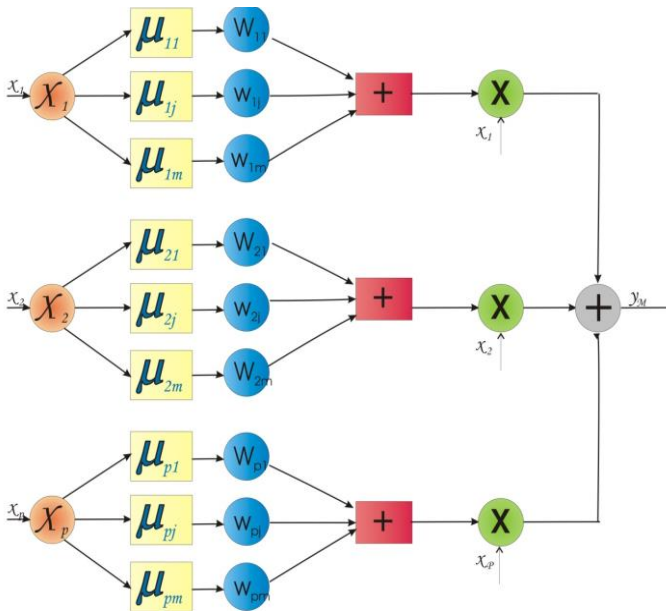


Fig. 4. Structure of the proposed MNFN model

IV. COMPARATIVE STUDY OF THE PRESENTED COMPUTATIONALLY EFFICIENT NEURO-FUZZY MODELS

In this section, a comparison between the models presented above and ANFIS have been made. To test the prediction ability of all these models, Mackey-Glass chaotic systems have been chosen. The used time

series will not converge or diverge, and the trajectory is highly sensitive to initial conditions. The MG time series is described by time-delay differential equation:

TABLE I. COMPARATIVE STUDY OF THE STUDIED NEURO-FUZZY MODELS

Model	Steps	MSE
ANFIS Rules=81 Parameters=1053 t[ms]=2,82	50	9,2 e ⁻²
	100	7,7 e ⁻²
	150	7,9 e ⁻²
	200	7,8 e ⁻²
	250	7,6 e ⁻²
	300	7,65 e ⁻²
	350	7,62 e ⁻²
	400	0,96 e ⁻²
	450	0,85 e ⁻²
DANFA Rules=18 Parameters=126 t[ms]=1,83	50	5,3 e ⁻²
	100	2,7 e ⁻²
	150	1,9 e ⁻²
	200	1,4 e ⁻²
	250	1,2 e ⁻²
	300	1,03 e ⁻²
	350	0,91 e ⁻²
	400	0,82 e ⁻²
	450	0,74 e ⁻²
SFNN Rules=9 Parameters=63 t[ms]=1,58	50	16 e ⁻⁵
	100	8,7 e ⁻⁵
	150	6,04 e ⁻⁵
	200	4,8 e ⁻⁵
	250	3,97 e ⁻⁵
	300	3,5 e ⁻⁵
	350	3,1 e ⁻⁵
	400	2,8 e ⁻⁵
	450	2,6 e ⁻⁵
MNFN Rules=12 Parameters=36 t[ms]=1,67	50	9,35 e ⁻⁵
	100	7,06 e ⁻⁵
	150	5,6 e ⁻⁵
	200	4,5 e ⁻⁵
	250	3,9 e ⁻⁵
	300	3,4 e ⁻⁵
	350	3,12 e ⁻⁵
	400	2,92 e ⁻⁵
	450	2,33 e ⁻⁵
500	2,17 e ⁻⁵	

$$x(i + 1) = \frac{x(i) + ax(i - s)}{(1 + x^c(i - s)) - bx(i)} \quad (8)$$

where a=0.2; b=0.1; C=10; initial conditions x(0)=0.1 and s= 17s.

It have also been chosen that all these models to have four inputs, each of which is fuzzyfied by three Gaussian membership functions.

To determine which is the best model, several criteria are defined:

- number of fuzzy rules;
- number of parameters, updated of each iteration of the learning procedure;
- accuracy;
- time for one iteration of the learning process.

The results are shown in Table I. In accordance to the defined criteria, MNFN has been chosen as the best model. It has been realized in a variant with Type 2 and with Intuitionist fuzzy logic. The obtained results are presented in Table 2.

TABLE II. COMPARATIVE STUDY OF TYPE 2 NEO-FUZZY NETWORK AND INTUITIONISTIC NEO-FUZZY NETWORK

Steps	Type 2 Neo-Fuzzy Network		Intuitionistic Neo-Fuzzy Network	
	Without disturbance	With disturbance	Without disturbance	With disturbance
	MSE	MSE	MSE	MSE
50	2.38e ⁻⁴	2.98e ⁻⁴	1.26e ⁻⁶	3.42e ⁻⁶
100	1.26e ⁻⁴	1.69e ⁻⁴	7.05e ⁻⁷	2.25e ⁻⁶
150	8.85e ⁻⁵	1.31e ⁻⁴	5.19e ⁻⁷	1.87e ⁻⁶
200	7.01e ⁻⁵	1.07e ⁻⁴	4.32e ⁻⁷	1.61e ⁻⁶
250	5.89e ⁻⁵	8.4e ⁻⁵	3.75e ⁻⁷	1.48e ⁻⁶
300	5.19e ⁻⁵	7.22e ⁻⁵	3.41e ⁻⁷	1.37e ⁻⁶
350	4.63e ⁻⁵	6.72e ⁻⁵	3.13e ⁻⁷	1.26e ⁻⁶
400	4.26e ⁻⁵	5.91e ⁻⁵	2.96e ⁻⁷	1.19e ⁻⁶
450	3.92e ⁻⁵	5.33e ⁻⁵	2.78e ⁻⁷	1.13e ⁻⁶
500	3.69e ⁻⁵	4.76e ⁻⁵	2.67e ⁻⁷	1.09e ⁻⁶

Time to perform the necessary calculations for one iteration of the learning procedure is as follows:

- **Intuitionistic Neo-fuzzy network:** 1.48 ms for the case without disturbance and 1.50 ms for the case with disturbance and.

- **Type 2 Neo-fuzzy network:** 1.93 ms for the case without disturbance and 1.96 ms for the case with disturbance and.

V. CONCLUSIONS

In this paper different approaches to reduce the computational burden in intelligent hybrid neuro-fuzzy structures was summarized, some ideas of the authors to reduce the number of fuzzy rules was presented and comparison between them and the classic ANFIS was made. The Mackey-Glass chaotic systems was chosen to test prediction ability of these models. The proposed DANFA, SFNN and MNFN models predict accurately the generated chaotic time series, with minimum prediction error and fast transient response of the MSE, reaching values closer to zero. Their main advantage is that operates by a small number of rules and respectively has a smaller number of parameters for learning. This makes the models suitable for real-time applications. The MNFM has been chosen as the best in terms of the set criteria (number of rules, number of parameters, speed and accuracy). After that, MNFN has been realized in a variant with Type 2 and with Intuitionist fuzzy logic. The results show that the Intuitionistic Neo-fuzzy network is more accurate and faster than Type 2 Neo-fuzzy network in the studied two cases –in the presence of disturbance and without disturbance.

REFERENCES

- [1] Chennakesava R. Alavala, Fuzzy logic and neural networks: basic concepts & application, New Age International, 2008.
- [2] J-SR. Jang, "ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system", IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, 23(3),1993, pp. 665-685.
- [3] H. R. Bherenji and P. Khedkar, Learning and Tuning Fuzzy Logic Controllers through Reinforcements, *IEEE Trans. on Neural Networks*, Vol (3), pp. 724-740, 1992.
- [4] D. Nauk and R. Kruse, A Neuro Fuzzy Controller Learning by Fuzzy Error Propagation, In *Proceedings of the North American Fuzzy Information Processing Society NAFIPS'92, Mexico*, pp. 388-397, 1992.
- [5] C. T. Lin and C. S. G. Lee, Neural Network based Fuzzy Logic Control and Decision System, *IEEE Trans. on Comput.*, Vol. 40, Issue 12, pp. 1320-1336, 1991.
- [6] S. M Sulzberger, N. N. Tschicholg-Gurman and S. J. Vestli, FUN: Optimization of Fuzzy Rule Based Systems Using Neural Networks, In *Proceedings of IEEE Conference on Neural Networks, San Francisco*, pp. 312-316, 1993.
- [7] J. Ch. Feng and L. Ch. Teng, An Online Self Constructing Neural Fuzzy Inference Network and its Applications, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, Vol. 6, No. 1, pp. 12-32, 1998.
- [8] N. Kasabov, Evolving Fuzzy Neural Networks for Supervised/Unsupervised On-line Knowledge-Based

- Learning, IEEE Trans of Systems, Man and Cybernetics, Part B – Cybernetics, Vol. 31, No. 6, pp. 902-918, 2001.
- [9] N. Kasabov and Q. Song, Dynamic Evolving Fuzzy Neural Networks with 'm-out-of-n' Activation Nodes for On-line Adaptive Systems, Technical Report TR99/04, Department of information science, University of Otago 1999.
- [10] J. Vieira, F. M. Dias and A. Mota, Neuro-fuzzy systems: a survey, 5th WSEAS NNA International Conference on Neural Networks and Applications, Udine, Italia, 2004.
- [11] S. Sahin, M. R. Tolun, & R. Hassanpour, Hybrid expert systems: A survey of current approaches and applications, Expert Systems with Applications, 39(4), 4609-4617, 2012.
- [12] S. Kar, S. Das and P. K. Ghosh, Applications of neuro fuzzy systems: A brief review and future outline, Applied Soft Computing Vol.15 pp. 243-259, 2014.
- [13] G. Bosque, I. del Campo & J. Echanobe, Fuzzy systems, neural networks and neuro-fuzzy systems: A vision on their hardware implementation and platforms over two decades, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 32, 283-331, 2014.
- [14] Z. J. Viharos, & K. B. Kis, Survey on Neuro-Fuzzy systems and their applications in technical diagnostics and measurement, Measurement, 67, 126-136, 2015.
- [15] K. V. Shihabudheen & G. N. Pillai, Recent advances in neuro-fuzzy system: A survey, Knowledge-Based Systems, 152, pp. 136-162, 2018.
- [16] Paulo Vitor de Campos Souza, "Fuzzy neural networks and neuro-fuzzy networks: A review the main techniques and applications used in the literature", Applied Soft Computing 106275, 2020.
- [17] Wen Yu, Marco Moreno-Armendariz, and Floriberto Ortiz Rodriguez, "System identification using hierarchical fuzzy neural networks with stable learning algorithm", Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, pp. 171-183, 2007.
- [18] Chen Wei, and Li-Xin Wang, "A note on universal approximation by hierarchical fuzzy systems." Information sciences, pp. 241-248, 2000.
- [19] Xiao-Jun Zeng, et al., "Approximation Capabilities of Hierarchical Neural Fuzzy Systems for Function Approximation on Discrete Spaces", International Journal of Computational Intelligence Research pp. 29-41, 2005.
- [20] Mohammad Jamshidi. "Fuzzy control of complex systems", Soft computing pp. 42-56, 1997.
- [21] Y. Ledeneva, "Automatic estimation of parameters to reduce rule base of fuzzy control complex systems." a master thesis in august, 2006.
- [22] John Yen and Liang Wang, "Simplifying fuzzy rule-based models using orthogonal transformation methods", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics) 29.1, pp. 13-24, 1999.
- [23] Faisal Alturki and Russell Mersereau, "An oblivious robust digital watermark technique for still images using DCT phase modulation", 2000 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. Proceedings (Cat. No. 00CH37100). Vol. 4. IEEE, 2000.
- [24] Magne Setnes and Robert Babuska, "Rule base reduction: some comments on the use of orthogonal transforms", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews) 31.2, pp. 199-206, 2001.
- [25] M. Ciliz, "Rule base reduction for knowledge-based fuzzy controllers with application to a vacuum cleaner", Expert Systems with Applications 28.1, pp. 175-184, 2005.
- [26] Yaochu Jin, "Fuzzy modeling of high-dimensional systems: complexity reduction and interpretability improvement", IEEE Transactions on Fuzzy Systems 8.2, pp. 212-221, 2000.
- [27] Tadanari Taniguchi and Kazuo Tanaka, "Rule Reduction and Robust Control of Generalized Takagi-Sugeno Fuzzy Systems", JACIII 4.5, pp. 373-379, 2000.
- [28] Hatem Bellaaj, Rouf Ketata and Mohamed Chtourou, "A new method for fuzzy rule base reduction", Journal of Intelligent & Fuzzy Systems 25.3, pp. 605-613, 2013.
- [29] Okyay Kaynak, Karel Jezernik and Agnes Szeghegyi, "Complexity reduction of rule based models: a survey", 2002 IEEE World Congress on Computational Intelligence, 2002 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, FUZZ-IEEE'02. Proceedings (Cat. No. 02CH37291), Vol. 2, IEEE, 2002.
- [30] Hector Allende-Cid, et al., "Self-organizing neuro-fuzzy inference system", Iberoamerican Congress on Pattern Recognition, Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.
- [31] Andres Ferreyra and Jose de Jesus Rubio, "A new on-line self-constructing neural fuzzy network", Proceedings of the 45th IEEE Conference on Decision and Control, IEEE, 2006.
- [32] Alexander Gegov, Complexity management in fuzzy systems, Vol. 711, Berlin, Germany, Springer, 2007.
- [33] Keh-Shih Chuang et al., Fuzzy c-means clustering with spatial information for image segmentation, Computerized Medical Imaging and Graphics, 30 (2006) 9–15.
- [34] K. R. Žalik, Fuzzy C-Means Clustering and Facility Location Problems, Artificial Intelligence and Soft Computing, 2006.
- [35] Laurent Galluce et al., Graph based k-means clustering, Signal Processing, Vol. 92, Issue 9, September 2012, pp. 1970-1984.
- [36] Mehrabian, A. R. et al., Neuro-Fuzzy Modeling of Superheating System of a Steam Power Plant, Artificial Intelligence and Applications, February 13 – 16, 2006.
- [37] M. Panella, A Hierarchical Procedure for the Synthesis of ANFIS Networks, Advances in Fuzzy Systems, Volume 2012.
- [38] N. Kasabov, Qun Song. DENFIS: Dynamic Evolving Neural-Fuzzy Inference System and Its Application for Time-Series Prediction, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 10(2), April 2002.
- [39] N. Kasabov, D. Filev. Evolving Intelligent Systems: Methods, Learning & Applications, International Symposium of Evolving Fuzzy Systems, September 2006.
- [40] P. Angelov, Autonomous Learning Systems, Wiley, 2013.
- [41] M. Terziyska, "A distributed adaptive neuro-fuzzy network for chaotic time series prediction." Cybernetics and Information technologies 15.1 (2015): 24-33.
- [42] M. Terziyska, and Lyubka Doukowska, "Semi Fuzzy Neural Network. Part 1: Nonlinear System Identification", Advanced Control and Optimisation: Step Ahead (2014): 18.
- [43] M. Terziyska, Y. Todorov and M. Olteanu, "Input space selective fuzzification in intuitionistic semi fuzzy-neural network", 2016 8th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI). IEEE, 2016.
- [44] E. Uchino and T. Yamakawa, "System modeling by a neo-fuzzy-neuron with applications to acoustic and chaotic systems", International Journal on Artificial Intelligence Tools 4.01n02 (1995): 73-91.
- [45] M. Terziyska, et al. "Multi-input Multi-output Neo-Fuzzy Neural Network for PM 10 and PM 2.5 Daily Concentrations Forecasting", 2019 Big Data, Knowledge and Control Systems Engineering (BdKCSE). IEEE, 2019.
- [46] Y. Todorov, and M. Terziyska, "Modeling of chaotic time series by interval type-2 neo-fuzzy neural network", International Conference on Artificial Neural Networks. Springer, Cham, 2014.

ИНТЕЛИГЕНТЕН СЕНЗОР ЗА ОТКРИВАНЕ НА ПОЖАР С ДЪЛБОКИ НЕВРОННИ МРЕЖИ

Станко Станков

Стефан Иванов

INTELLIGENT SENSOR FOR FIRE DETECTION WITH DEEP NEURAL NETWORKS

Stanko Stankov

Technical University of Gabrovo
Gabrovo, Bulgaria
spstrademark@outlook.com

Stefan Ivanov

Technical University of Gabrovo
Gabrovo, Bulgaria
st_ivanov@abv.bg

Abstract— The current paper presents a sensor using artificial intelligence for fire detection. The sensor uses a new platform for artificial intelligence – AI HAT based on Kendryte K210 processor. The low cost of the platform makes it suitable for implementation in various sensors. One application of the fire detection sensors with AI is for detection of flames in places where other types of fire detection sensors have drawbacks. Such places can be rooms or production facilities where the environment temperature is high, where is a presence of smoke and also presence of hot objects.

Keywords— Deep Neural Networks, CNN, object detection, fire detection, sensor

I. INTRODUCTION

The fire detection systems with high accuracy and reliability are essential for the safety conditions of life in smart cities. Since the traditional fire detection systems can make false alarms, they occasionally push the system operators to take risky actions such as turning off these low-precision fire detection systems [1]. Improving fire detection systems could prevent many accidents due to fires. During 2009–2012, excluding malicious calls 48% of all fire alarms were false alarms [2]. Of all 6,684,500 fire accidents in United States, 4,879,685 cases occurred where fire detection systems were installed [3]. Unfortunately, 20% of the fire detection systems do not correctly work [1]. Commercial fire detection systems generally have a simple sensor with low accuracy and are sensitive to sensor failure and malfunction which makes it hard to detect fires [4]. In addition, even if the sensor is

operating normally, faults may occur in the system because of the limitations of the detection capability of the sensor. A smoke sensor may send false alarms because of the incorrect recognition of present dust as smoke [5]. To overwhelm these disadvantages of fire detection systems it can be used the modern technologies for artificial intelligence (AI) and image recognition [6].

II. OVERVIEW

The systems for fire detection with high accuracy are very important for facilities where fire can occur. Since the traditional approaches for fire detection – using smoke detectors, heat detectors and ionization smoke detectors have some drawbacks based on their principle of operation in the current paper is presented a fire detection system using camera and implementing artificial intelligence (AI). The proposed system is based on a specialized chip for accelerating the DNN processing. It makes possible the improvement of accuracy when machine vision fire detection system is built

III. HARDWARE OF THE SYSTEM

The system hardware based on AI HAT edge computing kit which is built with the processor Kendryte K210 [6]. This is a powerful low-cost board for artificial intelligence that can work as a standalone board or to be connected to other boards such as Arduino for developing various applications. The board has a 16-bit neural network processor and dual core 64-bit CPU. In addition to that the board has multiple peripherals such as PWM / SPI / I2C GPIO and interfaces for LCD display and camera. Fig. 1 presents the

development board based on mentioned processor, which is used for designing of fire detection system.

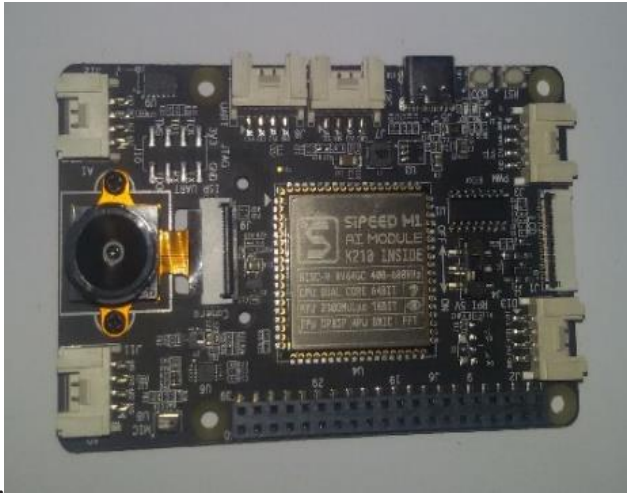


Fig. 1. AI HAT for edge computing

For detection of fire is used camera, which is connected to the board by the DVP interface. The images acquired by the camera are recognized by DNN implemented in the processor module.

IV. ALGORITHM OF OPERATION

The algorithm of system operation includes the following steps:

1. Initialization of system – after power-on, the system is initialized and the periphery of AI HAT module is prepared for data exchange.
2. Reading image from camera – the camera is used for continuous acquiring of images which are resized and feed to the DNN inputs.
3. Applying Deep Neural Network for detection of fire. The resized image from the camera is classified by the DNN.
4. If the neural network locates a fire in the image, an alarm is issued. The sensor module activates one of its outputs in response of this alarm.

V. YOLO DNN ARCHITECTURE

YOLO stands for (“you look only once”) and it is used for detection and classification. It brings a trained neural network which predicts bounding boxes and class probabilities. It finds the location of the image

where specific object is present. Other neural networks such as R-CNN use a pipeline for performing tasks in multiple steps which is very hard to optimize. An image from the camera or some other external source is being passed to the neural network and a vector of bounding boxes and a classifier is being returned.

Figure 2 represents the structure of YOLO and the layers in it.

Name	Filters	Output Dimension
Conv 1	7 x 7 x 64, stride=2	224 x 224 x 64
Max Pool 1	2 x 2, stride=2	112 x 112 x 64
Conv 2	3 x 3 x 192	112 x 112 x 192
Max Pool 2	2 x 2, stride=2	56 x 56 x 192
Conv 3	1 x 1 x 128	56 x 56 x 128
Conv 4	3 x 3 x 256	56 x 56 x 256
Conv 5	1 x 1 x 256	56 x 56 x 256
Conv 6	1 x 1 x 512	56 x 56 x 512
Max Pool 3	2 x 2, stride=2	28 x 28 x 512
Conv 7	1 x 1 x 256	28 x 28 x 256
Conv 8	3 x 3 x 512	28 x 28 x 512
Conv 9	1 x 1 x 256	28 x 28 x 256
Conv 10	3 x 3 x 512	28 x 28 x 512
Conv 11	1 x 1 x 256	28 x 28 x 256
Conv 12	3 x 3 x 512	28 x 28 x 512
Conv 13	1 x 1 x 256	28 x 28 x 256
Conv 14	3 x 3 x 512	28 x 28 x 512
Conv 15	1 x 1 x 512	28 x 28 x 512
Conv 16	3 x 3 x 1024	28 x 28 x 1024
Max Pool 4	2 x 2, stride=2	14 x 14 x 1024
Conv 17	1 x 1 x 512	14 x 14 x 512
Conv 18	3 x 3 x 1024	14 x 14 x 1024
Conv 19	1 x 1 x 512	14 x 14 x 512
Conv 20	3 x 3 x 1024	14 x 14 x 1024
Conv 21	3 x 3 x 1024	14 x 14 x 1024
Conv 22	3 x 3 x 1024, stride=2	7 x 7 x 1024
Conv 23	3 x 3 x 1024	7 x 7 x 1024
Conv 24	3 x 3 x 1024	7 x 7 x 1024
FC 1	-	4096
FC 2	-	7 x 7 x 30 (1470)

Fig. 2. Structure of YOLO

Yolo’s last layer is using a linear activation and all other layers use a leaky RELU transfer function.

VI. TRAINING THE NEURAL NETWORK

A neural network has been trained with YOLO architecture which has high speed and accuracy for detecting various objects [7]. The training requires a preliminary database of photos (some of them shown on Fig. 3) from which it is necessary to extract the

characteristics of the objects which have to be found after that. The neural network is trained using the library for machine learning TensorFlow-GPU. The neural network is able to recognize multiple objects and by doing software filtering it determines which object is fire and which is not in the image.



Fig. 3. Some of the photos for training the neural network

For training of the neural network for finding fire more than 500 images were used. The images are additionally processed with Python script and new batch of 2000 images with shifted positions of fires are generated. Extracting their characteristics and pixel annotations, the training process of the neural network with YOLO architecture was done for 150 000 cycles until reaching the desired accuracy.

The trained neural network can be implemented in various processing devices such as CPU, GPU and VPU.

In this case the neural network is implemented in the flash memory of GROVE AI HAT. It classifies the objects that are in the image data.

VII. SOFTWARE USED FOR IMPLEMENTATION OF ALGORITHM

The main software tool used for current implementation is Tensor Flow Lite. TensorFlow Lite is a set of tools to help developers run TensorFlow models on mobile, embedded, and IoT devices. The TensorFlow Lite converter, which converts TensorFlow models into an efficient form for use by the interpreter, and can

introduce optimizations to improve binary size and performance.

All scripts for training and scripts for image processing are written in Python language.

VIII. EXPERIMENTAL RESULTS

After training, the YOLO network is downloaded in AI HAT kit. The trained network can detect fire under different conditions of the background. The neural network was tested with the test images which were not included in training process. Fig. 4 presents some of the test images in the way as the AI HAT kit detects the fire and shows its position on the accompanying LCD screen.



Fig. 4. Detecting fire in test images

The network processes the raw signal, coming from the camera. The acquired video frame is being resized with resolution 224x224 and scanned by the trained YOLO neural network. When a flame is detected with high percentage of truth in the video frame, its pixels coordinates are returned by the neural network. The application program draws a rectangular frame around the detected fire mapping all fiery pixels inside it and activate an alarm which can control external fire extinguisher. The system has a high processing speed of the neural network, which is measured to be about 15 ms.

IX. FUTURE WORK

The neural network of the AI sensor can be further improved to detect more than just fire, for example it can be trained in the future to detects smoke or electric sparks caused by short circuits.

X. CONCLUSIONS

The proposed AI sensor can replace multiple sensors at once, it has high accuracy and relatively low cost. The artificial intelligence brings a great improvement in data interpretation from low-cost cameras and can be implemented in new products which complement the already well-known solutions.

REFERENCES

- [1] G. Jensen, Manual Fire Extinguishing Equipment for Protection of Heritage, Oslo: COWI AS, 2006, pp. 12-13.
- [2] E. Schmidt, False Alarm Study: False Alarm Data Collection and Analysis from Fire Detection and Fire Alarm Systems in Selected European Countries, June 5, 2018, (available at: <https://nfpa.org/https://nfpa.org/media/Files/News-and-Research/Resources/Research-Foundation/Symposia/2017-SUPDET/SUPDET17-Ruetimann---Festag.ashx>)
- [3] Jones & Bartlett Learning Operation Of Fire Protection Systems, National Fire Protection Association, Massachusetts, 2003
- [4] S. Verstockt "Methods and Techniques for Fire Detection", Academic Press, London, 2016
- [5] National Fire Protection Association "National Fire Alarm and Signaling Code", 2019, pp. 8-9, (available at: <http://scppa.org/file.axd?file=%2F2019%2F01%2FNFPA+72+Course+Description+and+Agenda.pdf>)
- [6] S. Stankov, S. Ivanov, Finding Fire the Help of Artificial Neural Networks, In Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence and E-leadership AIEL'19, Plovdiv, No 2-3, pp. 64-66, 2019
- [7] <https://www.seedstudio.com/>
- [8] <https://pjreddie.com/darknet/yolo/>

Удостоверения от



МИНИСТЕРСТВО
НА ОБРАЗОВАНИЕТО
И НАУКАТА

0882 933 574
0882 933 572

ОТВОРЕН ПРИЕМ
за учебната 2020-21 г.



**ПРОФЕСИОНАЛЕН ЧАСТЕН ЕВРОПЕЙСКИ
КОЛЕЖ ПО ИНОВАТИВНИ ТЕХНОЛОГИИ**

**Издава удостоверения за
степен на професионална квалификация**

III, IV

- Без приемни изпит
- Директно записване
- Най-ниски такси

гр. Пловдив, ул. "Вълко Шопов" №14 web: www.collegeomega.com

ПРИЛОЖНО РЕШЕНИЕ ЗА РАЗПРЕДЕЛЕНО УПРАВЛЕНИЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕН ПРОЦЕС С ИЗПОЛЗВАНЕ НА ЕТЕРНЕТ МРЕЖА

Лъчезар Живков, Васил Попов, Радослав Хрисчев, Никола Шакев

APPLIED SOLUTION FOR DISTRIBUTED PRODUCTION PROCESS CONTROL SYSTEM USING AN ETHERNET COMMUNICATION NETWORK

Lachezar Zhivkov, Vasil Popov, Radoslav Hrischev, Nikola Shakev

Control Systems Department, Faculty of Electronics and Automation
Technical University of Sofia, Plovdiv Branch
Plovdiv, Bulgaria

lachezar.jivkov@abv.bg, vasil_popov@tu-plovdiv.bg, hrischev@tu-plovdiv.bg, shakev@tu-plovdiv.bg

Abstract—This article discusses an applied solution for distributed control of a mechatronic system consisting of an industrial robot, an operator terminal, a PLC, electric drive control with an induction motor and sensors. The implementation is based on technical and system solutions for production automation, developed by Mitsubishi Electric and presented as an "e-Factory" concept.

Keywords — *distributed control, e-Factory, ethernet communication, industrial robot*

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Най-разпространената технология за обмен на информация в световен мащаб в последните години е Ethernet технологията за комуникация в реално време. Ethernet в компютърните мрежи възниква като технология за свързване и мрежов протокол за LAN и MAN през 1980 г. и се утвърждава в стандарта IEEE 802.3 през 1983 г. Оттогава насам се усъвършенства постоянно и постепенно измества конкурентните комуникационни технологии, включително в индустрията. Базиран е на OSI /Open Systems Interconnect/ модела, който включва компонентите на стандартната отворена мрежова архитектура, съставена от седем нива - физическо ниво, канално ниво, трето - мрежово ниво, например IP, четвърто - транспортно ниво - TCP или UDP, пето - сесийно ниво, шесто - представително ниво, и последното седмо ниво е приложно. В основата е заложен TCP/IP или Transmission Control Protocol/Internet Protocol - мрежовият и транспортен протокол на Internet.

Ethernet/IP е индустриално разширение на Ethernet TCP/IP. Развит е и подкрепян от три мрежови организации - ControlNet International (CI),

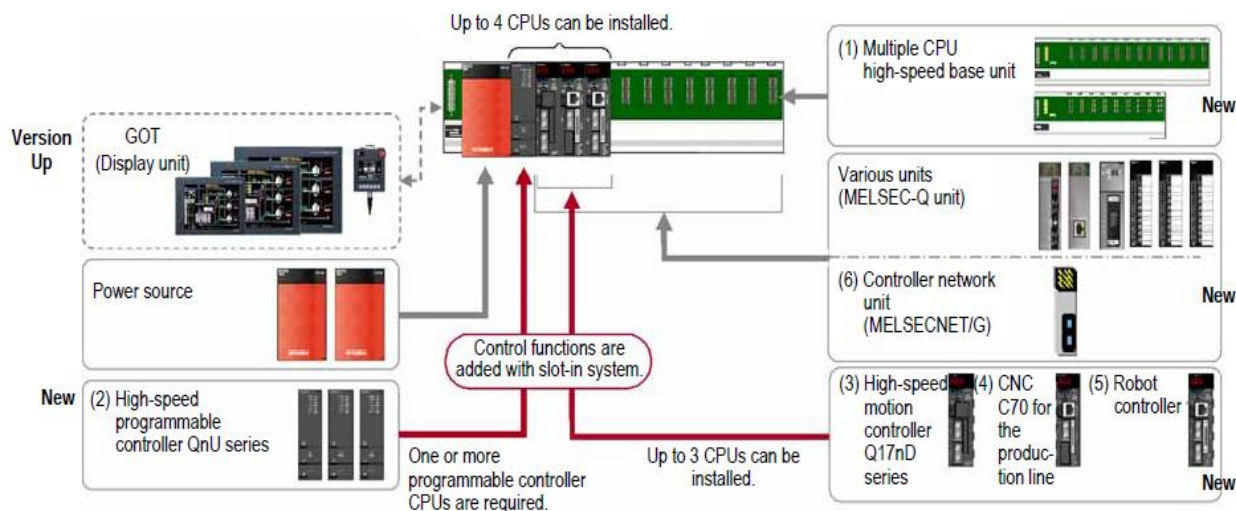
Open DeviceNet Vendors Association (ODVA) и Industrial Ethernet Association (IEA), което води до широкото му разпространение в индустрията. Всички съвременни елементи на системите за управление съдържат модули за Ethernet комуникация или могат да бъдат разширени със стандартни такива.

Това е причината усилията на разработчиците на системи за управление да бъдат все по-често насочени към разработка на системи, осъществяващи комуникация по Ethernet.

II. КОНЦЕПЦИЯ: E-F@STORY И ИНТЕГРИРАНА ПЛАТФОРМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ

Настоящата разработка стъпва на техническите и системни решения за производствена автоматизация, разработени от компанията Mitsubishi Electric и обединени под наименованието „e-F@story“. За реализацията на тази концепция от компанията е разработена „интегрирана платформа“, която позволява създаване на системна инфраструктура и свързаност между управлението на производствените процеси и информационните потоци [1],[2]. Интегрираната платформа е съставена от:

- i) общи технологични решения за управляващите устройства, които позволяват висока степен на свързаност;
- ii) съвместимост на софтуерните среди и интегриране на софтуерните инструменти
- iii) мрежови решения.



Фиг. 1. Устройства, поддържани от интегрираната платформа e-F@ctory на Mitsubishi Electric [1]

Основна характеристика на контролерите, проектирани за интегрираната платформа е предлаганата подобрена производителност на комуникационната шина между процесорите на отделните устройства, самите процесори, както и използваните мрежови решения.

На фиг. 1 са показани видовете функционални контролери, специално разработени за интегрираната платформа.

(1) Високоскоростен основен блок с възможност за поддържане на множество CPU (Multiple CPU high-speed base unit)

(2) Програмируем контролер с висока скорост (High-speed programmable controller)

(3) Контролер на движение с висока скорост (High-speed motion controller)

(4) Контролер с цифрово управление (CNC) за производствена линия (Numerical controller (CNC) for the production line)

(5) Управление на робот (Robot controller)

(6) Мрежово устройство на контролера (Controller network unit)

Решенията, които предлага интегрираната платформа по отношение на управляващите устройства (контролери) се основават на използването на

1) Високоскоростно предаване на данни между множество процесори, основано на използването на споделена памет.

2) Предаване на данни, синхронизирано с

операционния цикъл на участващите в системата контролери за управление на движенията.

Чрез многопроцесорният високоскоростен обмен на данни, синхронизиран с работния цикъл на контролера за движение се постига оптимално предаване на данни между процесорите и цялостно подобряване на производителността на системата за управление (например система, състояща се от програмируем контролер и контролер за движение). Това се отнася и за междупроцесорния обмен на данни при машини с ЦПУ, както и контролери на работи.

От представените на фиг. 1 устройства в проектираната и представена разпределена система за управление са включени следният набор от елементи: Високоскоростен основен блок с възможност за поддържане на множество CPU (Multiple CPU high-speed base unit); Програмируем контролер (CPU); Графичен операторски терминал (GOT); Контролер на движение (Motion controller), Контролер на индустриален робот (Robot controller).

III. ЕЛЕМЕНТИ И СТРУКТУРА НА РАЗПРЕДЕЛЕНАТА СИСТЕМА

A. Елементи и модули на разпределената система

- Програмируем контролер от серията MELSEC iQ-F, с подобрена високоскоростна шина. Множеството вградени модули и функции правят контролерите от тази серия с отлично отношение функционалност/цена. Позволяват както самостоятелна употреба, така и използването при

мрежови системни приложения. Софтуер за програмиране – GX Works;

- Използваният графичен операторски терминал (GOT) е от серията GOT 2000 – GT2107-WTSD (Фиг. 2). Резолуцията на екрана е 800x480, а цветовете са 65 536. Програмирането на графичния терминал се осъществява с помощта на софтуер – GT Designer3



Фиг. 2. Графичен операторски терминал – GT2107-WTSD

Комуникационните възможности на терминала са:

- комуникация по RS-232 и RS-422/485;
- комуникация по Industrial Ethernet;
- комуникация по USB-A и USB Mini-B;

Графичният операторски терминал може да комуникира с контролери на различни производители, когато обаче GOT бъде свързан в комуникационна мрежа с други устройства на Мицубиши – ПЛК, контролери на индустриални роботи и т.н. има възможност да се работи с т.нар. споделена памет [4]. Възможно е GOT да бъде свързан в мрежа и да комуникира едновременно по 4 канала – многоканална комуникация.

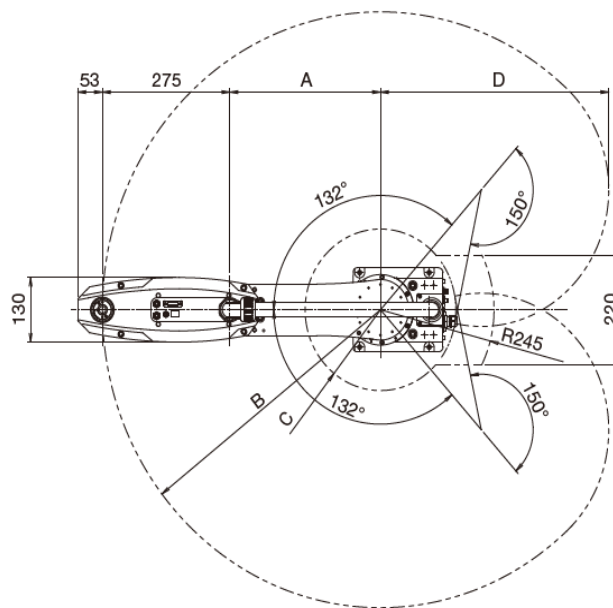
- Индустриален манипулатор на Мицубиши RH-6CH7020-D с контролер - CR751D [3]. Манипулаторът е от хоризонтален тип, познат по-широко като „SCARA“ (Selective Compliance Articulated Robot Arm) манипулатор – Фиг. 3. Софтуер за програмиране RT ToolBox3.

Основно предимство за този тип манипулатори е възможността за бързо изпълнение на движения с висока точност. Това се постига чрез характерната кинематична структура с четири степени на свобода.



Фиг. 3. Манипулатор RH-6CH7020-D

Габаритите и работната зона на манипулатора са показани на Фиг. 4.

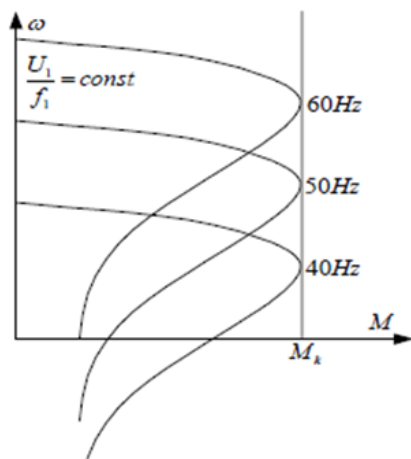


Фиг. 4. Работна зона на манипулатор RH-6CH7020-D

- Честотен инвертор FREQROL - CS80

Честотният инвертор позволява регулиране на скоростта на въртене на асинхронен двигател (АД). Инверторът дава възможност за комуникация по RS-485 с други устройства, а има и допълнителни физически входове и изходи, които могат да бъдат програмирани с предварително зададено предназначение.

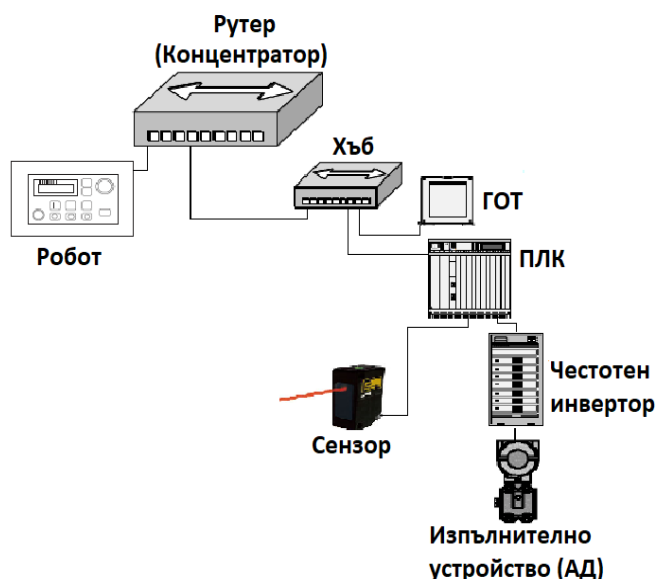
Възможно е да се включи трифазен АД с мощност до 750W. Законът за управление, който се реализира от инвертора е $U/f = \text{const}$ (Напрежение/линейна честота = const) – Фиг. 5.



Фиг. 5. Електромеханични характеристики при закон за управление $U/f = \text{const}$

В. Структура на разпределената система

Етернет комуникацията е реализирана с мрежова топология на свързване тип разширена звезда (фиг. 6).



Фиг. 6. Мрежова топология на системата.

При осъществяване на комуникационна Етернет връзка между индустриалния манипулатор и графичния операторски терминал е използвана възможността да се работи със споделено адресно пространство, което позволява да се обменят голям набор от данни чрез записването им в адреси от споделената паметта на робота.

Избрани са три групи параметри за обмен между графичния операторски терминал и контролера на робота:

- Параметри за положението и движението на робота (текущото местоположение на манипулатора в пространството, заредената скорост на движение на робота)
- Параметри, свързани с периодичната поддръжка на робота (остатъчният заряд в батерията на контролера, оставащо време до следващо смазване или смяна на ремък на дадена става)
- Сигнализации за аларми и предупреждения (име на заредената програма за изпълнение от манипулатора, номер и вид на грешката/алармата в робота и др.).

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложеното решение за изграждане на разпределена система за управление е реализирано като лабораторна установка в ТУ-София, филиал Пловдив. Структурата на системата позволява висока гъвкавост, изразяваща се във възможности за нейното разширяване и надграждане. Използването на инструментите на интегрираната платформа „e-F@ctory“ осигурява съвместимост на софтуерните и хардуерни решения, съчетани с удобни за специалистите по проектиране и поддръжка на системата интерфейси.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа е подкрепена от Европейския фонд за регионално развитие в рамките на ОП „Наука и образование за интелигентен растеж 2014 - 2020“, проект ЦК „Интелигентни мехатронни, еко- и енергоспестяващи системи и технологии“, № BG05M2OP001-1.002-0023.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] K. Saito and Y. Mita, “FA Integrated Solution: e-F@ctory and the Integrated Platform”, Mitsubishi Electric ADVANCE, vol 119, pp 2-4, 2007.
- [2] T. Ishikawa, “Features of new industrial robot SD and SQ series”, Mitsubishi Electric ADVANCE, vol 123, pp 2-4, 2008.
- [3] Mitsubishi_CR750CR751-Controller-Instruction-Manual-Detailed-Explanations-of-Functions-and-Operations, Mitsubishi Electric Corporation, May 2017.
- [4] Mitsubishi industrial robot – GOT direct connection, Extended function Instruction manual, Mitsubishi Electric Corporation, Dec 2012

Инициативи за развитие на Блокчейн и други иновативни технологии в Европа и България

Петко Русков

Нели Стоянова

Blockchain development initiatives and other innovative technologies in Europe and Bulgaria

Petko Ruskov

petko.ruskov@theedge.solutions

Nelly Stoyanova

nstoyanova@mtitc.government.bg

Abstract: The article examines the existing initiatives and projects for the development of blockchains (Блокчейн), distributed ledger technologies (DLT) and other innovative technologies in Europe and Bulgaria. The European Blockchain Infrastructure for Services (EBSI) is presented in more detail, as well as the activities of the Working Group for Development of Blockchain and Other Innovative Technologies in Bulgaria.

Keywords: *European Blockchain Infrastructure for Services (EBSI), Distributed ledger technologies (DLT), blockchain.*

I. ВЪВЕДЕНИЕ

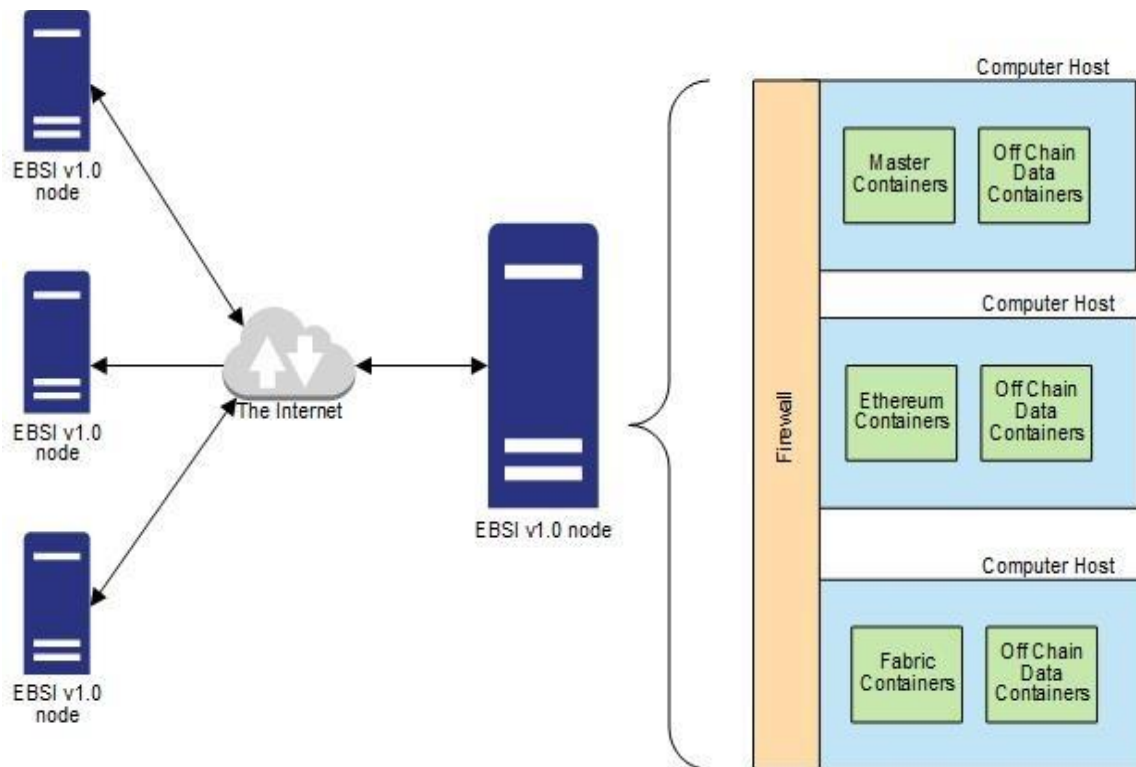
Новите цифрови технологии поставят непрекъснато предизвикателства пред обществата, държавите и бизнеса за постигане на съвместимост и взаимодействие. Европейците все още са изправени пред редица бариери при достъпа до национални и трансгранични онлайн технологии и услуги. Това означава, че гражданите пропускат възможност да получават стоки и услуги, а бизнесът пропуска пазарен потенциал, докато правителствата не могат да се възползват изцяло от цифровите технологии. Цифровият единен пазар на Европейския съюз (ЕС) има за цел да преодолее тези предизвикателства чрез създаване на подходяща среда за развитие на цифровите мрежи и услуги. Това може да се постигне не само чрез определяне на правилните регулаторни условия, но и чрез предоставяне на трансгранични цифрови инфраструктури и услуги [8].

Съществуват редица проучвания и анализи, които подчертават приоритета на блокчейн технологията. В проучване на EPRS (European Parliamentary Research Service) се предоставя анализ на блокчейн технологията в контекст на

международната търговия [3]. Анализират се потенциалните въздействия при разработване на блокчейн и приложения в осем случая на употреба за вериги за доставки и международна търговия. Предоставя се и анализ на настоящата законодателна рамка и съществуващите инициативи и на тази основа се идентифицират предизвикателства през международна търговска документация и процеси и се представя набор от политически възможности за Европейския парламент [3]. В свое обстойно изследване за блокчейн стратегиите в Европа IDC's European Blockchain Strategies определя блокчейн като нова технология, която носи доверие и позволява разпределена обработка в бизнес мрежите, докато те се развиват в по-широки, колаборативни и съвместни екосистеми. Описани са проведените изследвания по конкретни теми или сегменти на нововъзникващите пазари чрез изследователски предложения. Анализирани са областите на регулиране на блокчейн на ключови европейски пазари, Европейска верига за доставки на блокчейн, пазарната перспектива, кооперирането с Интернет на нещата и е направена пазарна прогноза за разходване на европейски блокчейн в периода 2019-2023 [6]. Анализаторите от dGen събират база данни за блокчейн технологията, която включва компании, фондове, събития, пространства, с нестопанска цел и други организации, опериращи в европейската блокчейн екосистема. Те анализират регламентите в редица европейски страни, блокчейн иновации и колко активна е екосистемата. Заключение е, че блокчейн технологията може да помогне на европейската екосистема да осъществи напълно своя потенциал, и тя да прерасне в силна, процъфтяваща бизнес мрежа [1].



Фигура 1. Европейски механизми за свързване и достъп [5].



Фигура 2. Възел на EBSI v1.0 [17].

Европейските институции предлагат различни механизми на държавите членки за свързване и достъп до безплатни инструменти, поддръжка и финансиране, които да помогнат за изграждане на достъпни цифрови услуги и постигане на конкурентноспособност, показани на фигура 1. [9].

II. Инициативи и Финансови инструменти на ЕС

Блокчейн е иновативна и революционна технология, която навлиза бързо и променя технологичната, бизнес и правна среда. Европа се вдъхновява от потенциала на блокчейн за иновации и полага усилия да стане световен лидер в изграждането и използването на блокчейн инфраструктура и приложения. Технологията блокчейн има огромен потенциал да подобри взаимодействието на заинтересованите групи - гражданите, правителствата и бизнеса чрез засилване на доверието между субектите, намаляване на цената на транзакциите и подобряване на ефективността на процесите и операциите.

През февруари 2018 г. е създадена Европейска Блокчейн Обсерватория и Форум, като консенсусна инициатива на академичните среди и бизнеса. Целта е да маркират всички съществуващи инициативи и да разпространява информация и знание за блокчейн технологията, а мисията е да се наблюдават блокчейн инициативите в Европа и създаде изчерпателен източник на знания за блокчейн, както и атрактивен и прозрачен форум за обмен на информация и мнения [7].

През април 2018 г. стартира политическата инициатива Европейско партньорство за блокчейн (ЕВР), към което се присъединяват първоначално 22 държави членки, сред които и България. Те поемат ангажимент да работят заедно за изграждане на европейска публична блокчейн инфраструктура и реализиране на потенциала на блокчейн технологиите за развитие на цифрови услуги за гражданите, обществото и икономиката, по-специално за установяване на първоначален набор от потенциални трансгранични цифрови услуги в публичния сектор в рамките на Цифровия единен пазар.

На 3 април 2019 г. е подписано официално споразумение за създаването на Международна асоциация на надеждни блокчейн приложения

(INATBA), която има за цел да обедини стартъпи от индустрията, малки и средни предприятия, регулатори и стандартизиращи организации, за да внедрят блокчейн технологията и DLT (Distributed Ledger Technology) в ежедневието.

Финансови инструменти на ЕС

Европейският съюз подпомага финансово развитието и внедряването на блокчейн технологията чрез:

- Рамкова програма за научни изследвания и иновации „Хоризонт 2020“, програма ИКТ;
- Механизъм за свързване на Европа;
- „Цифрова Европа“ (2021-2027), чиято цел е да подкрепи цифровата трансформация на европейската икономика и общество, като в същото време се гарантира високо ниво на защита на данните, цифровите права и етичните стандарти.

За да подпомогне развитието на Европейската блокчейн инфраструктура за услуги е публикувана Покана за проекти 2020 CEF Telecom Call - Blockchain (CEF-TC-2020-1) [10]. Тя предоставя около 3 милиона евро за предложения от държавите членки в областта на блокчейн. Кандидатстването се извършва онлайн, като се използва TENtec eSubmission. Информация може да се намери на страницата за често задавани въпроси [11] или в презентациите от виртуалния информационен ден за конкурса [12], както и в ЛинкедИн групата, която има за цел да обедини неформално хората, които се интересуват и следят EBSI и към която са се включили 1500+ професионалисти [13].

Полезна информация и дефиниции могат да се намерят и на страниците:

- Glossary [14];
- Definitions [15].

В резултат на обединените усилия на няколко български компании, чрез участие в конкурса по Механизма за свързване на Европа за транс-европейските мрежи в областта на телекомуникационната инфраструктура (CEF-TC-2020-1: Блокчейн), се надяваме да се изгради възел на Европейската блокчейн инфраструктура за

услуги и в България, да се тестват готови приложения и да се организират и проведат обучения на хора от администрацията и бизнеса.

III. ЕВРОПЕЙСКАТА БЛОКЧЕЙН ИНФРАСТРУКТУРА ЗА УСЛУГИ

Европейската блокчейн инфраструктура за услуги (European Blockchain Services Infrastructure (EBSI)) е съвместна инициатива на Европейската комисия и Европейското блокчейн партньорство за предоставяне на трансгранични обществени услуги в рамките на ЕС, като се използва блокчейн технологията [2, 4]. EBSI ще бъде изградена като мрежа от разпределени възли (блокчейн) в цяла Европа. Планира се през 2020 г. EBSI да се превърне в основен блок на CEF (Connecting Europe Facility), който да предоставя софтуер за многократна употреба, спецификации и услуги за подкрепа на приемането от институциите на ЕС и европейските публични администрации [16].

Спецификацията на инфраструктурата EBSI v1.0 предоставя на държавите членки инфраструктурните изисквания, които са необходими за създаване на възел EBSI v1.0 – фигура 2 [17]. EBSI v1.0 е предназначен да бъде самостоятелна инфраструктура, която доставя всички компоненти в рамките на три компютърни хоста: главен хост и два хоста за blockchain протоколи и разпределено съхранение. Тази инфраструктура има за цел да действа като първа итерация на базата на инфраструктурен код, насочена към оценка на затворена група потребители и като база за производственото решение, което ще бъде изцяло внедрено в EBSI v2.0. Средата и спецификациите са достатъчно прости, за да бъдат стартирани от разумен локален сървър или виртуален частен сървър, което означава, че всяка държава членка, която би искала да влезе в теста, може да се присъедини към нея. Описаният в тази спецификация възел EBSI v1.0 може да се свърже с други възли EBSI v1.0 през Интернет.

Всеки EBSI възел има следните 3 хоста:

- Master Хост/Проложения, които съдържат всички контейнери на основните услуги, API-тата, портфейла, оф-верижното

съхранение, демонстрационния уеб сървър и прокси сървъра;

- Блокчейн Ethereum BESU - съдържа всички контейнери на BESU протокол и локално съхранение извън блокчейна (не се използва в V1.0);
- Blockchain Hyperledger Fabric - съдържа всички контейнери на протокол Fabric и локално съхранение извън блокчейн-веригата (не се използва в V1.0).

Апаратно оборудване (Hardware). Всеки възел (физически или виртуален) трябва да има следните минимални спецификации:

- 4 Core CPU, 4 vCPU or еквивалентен;
- 16 GB of RAM for the BESU and Fabric hosts; 32 GB of RAM for Master/Applications host;
- 80 GB SSD;
- 256 GB SSD.

Мрежа (Network). Всички възли трябва да са в една и съща подмрежа, всеки с фиксиран публичен IP адрес и трябва да бъдат свързани с интернет, за да се актуализират и да комуникират с други EBSI възли. Минимални изисквания при спецификации са:

- 1 GB Ethernet (локална мрежа),
- Закъснение 50ms (Интернет),
- 100 Mbits/second пропускателна способност (Интернет)
- 3 fixed public IPs (за всеки възел).

Внедряване. То ще се изпълнява в следните стъпки, независимо от целевата платформа:

- Процесът определя дали целевата платформа е подходяща за хост на възел на EBSI v1.0;
- Уверява се, че името на хоста е зададено по подходящ начин и че паролата на акаунта на оператора е променена;

- След това проверява дали инсталираните приложения стартират съответно във всеки хост;
- С проверката се потвърждава, че всички компоненти са готови и работят.

В хоста се прави валидиране на самопроверка, което проверява дали работещите приложения са правилни, налични ли са портове и възможна ли е връзка с други възли. Отделно ще бъде предоставен външен метод за валидиране на API и Блокчейн мрежата.

EBSI, която е платформата за партньорска мрежа от взаимосвързани възли и работи по следния начин: Европейската комисия ще управлява минимален брой възли EBSI на европейско ниво, а държавите членки ще управляват EBSI възлите на национално ниво. Всички възли ще могат да създават и стартират транзакции, които ще актуализират главната книга. Архитектурата на всеки възел ще се състои от следните основни функционални области – фигура 3. [18]:

- четири слоя (нива), които включват компоненти, които заедно предоставят на EBSI инфраструктура и които съдържат възможности, общи за всички случаи на използване. Тези слоеве ще включват общи възможности и свързаност към Блокчейн мрежи.
- два слоя, включващи специфични за конкретния случай компоненти, които позволяват поддръжка за хостинг на бизнес приложения.

Вече има изградена и архитектурата с 6 възела и може да се тества на платформите Ethereum и Hyperledger Fabric – фигура 3.

EBSI възелът ще предоставя следните групи услуги, известни като „основна платформа за услуги“ на EBSI

Базови услуги. Те включват услуги за създаване и поддръжка на отворените технически спецификации на EBSI.

Услуги за подпомагане. Предоставяне на услуги, които улесняват внедряването и тестването на EBSI, като например:

- Пакети за внедряване
- Тестови услуги
- Учебни услуги

Разширени услуги. Услуги, които допълнително ускоряват приложението на EBSI чрез подобряване на опита на публичните администрации, които го използват. Те се отнасят главно до:

- Пакети за внедряване
- Тестови услуги
- Учебни услуги

На фигура 4. е показана времева диаграма за развитие на EBSI.

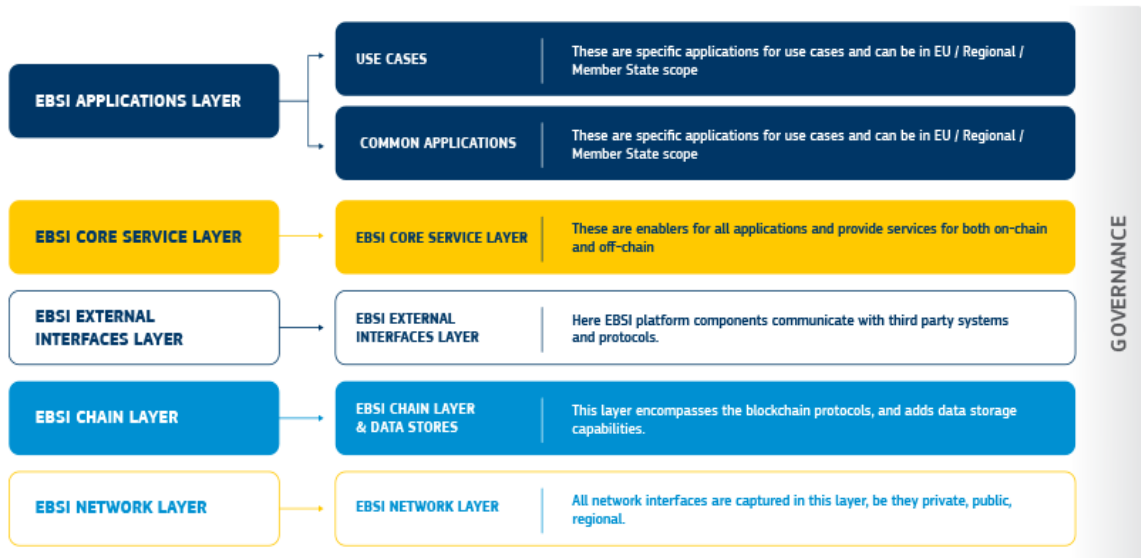
Примерни използвания (use cases) на EBSI за 2019 г.

За 2019 г. са избрани четири случая на използване – фигура 5. За всеки случай на употреба е създадена група, ръководена от държавите членки и съставена от потребители. Тези потребителски групи имат за цел да доставят прототипно приложение на блокчейн EBSI до началото на 2020 г. Групата за политики на ЕВР продължава да работи активно и с българско участие и ще координира и избере още нови случаи на използване и за 2020 г.

IV. РАБОТНАТА ГРУПА ЗА РАЗВИТИЕ НА БЛОКЧЕЙН И ДРУГИ ИНОВАТИВНИ ТЕХНОЛОГИИ В БЪЛГАРИЯ

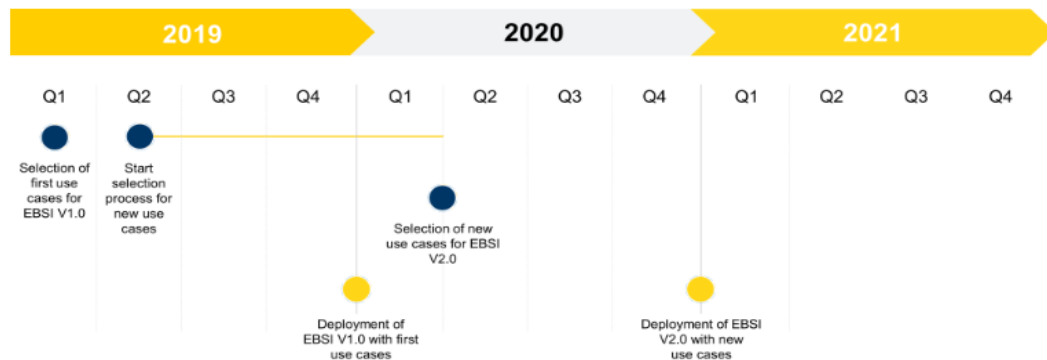
За правителството на Република България и за държавната администрация участието в Европейското партньорство за блокчейн е възможност да бъде направен скок в електронното управление и да се мигрира постепенно към нова система за документооборот, удостоверяване на факти, предоставяне на електронни услуги и цифровизация на хартиени документи. Това е шанс България да постигне огромен прогрес в цифровото управление на процеси и данни чрез нова технологична обезпеченост.

Дирекция „Информационни технологии“ в Министерството на транспорта, информационните технологии и съобщенията представлява България в Политическата група към Европейското партньорство за блокчейн. Групата идентифицира сценарии за използване при предоставяне на публични цифрови услуги, трансграничното измерение и добавената стойност от блокчейн технологията.

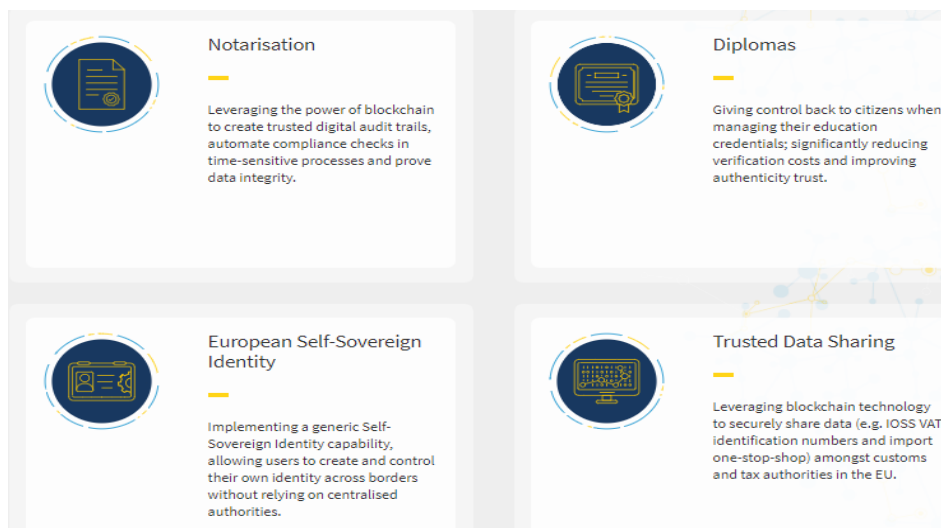


Фигура 3. Архитектура за тестване на платформите Ethereum и Hyperledger Fabric [2]

What milestones are paving the way towards EBSI?



Фигура 4. Времева диаграма за развитие на EBSI [2]



Фигура 5. Четирите случая (use cases) на използване 2019 г. [2]

Таблица 1. Цели на работната група

	1. Знание	2. Пилотни проекти	3. Стандарти	4. Блокчейн платформи	5. Цифрови активи	5. Европейски блокчейн
Цел	Изграждане на капацитет	Разработване на целенасочени пилотни проекти	Съответствие на блокчейн със стандартите за сигурност, неприкосновеност на личния живот и управление	Създаване на специализирани блокчейн приложения	Децентрализирано трансгранично ползване	Създаване на основни компоненти за европейски блокчейн
Дейности	Обмен на знание и добри практики, обучение	Use cases с национално и европейско значение	Сертифициране с оглед съвместимост със стандарти за сигурност и неприкосновеност	Определяне на подходящи платформи за идентифицираните use cases	Таксономия, регулация	Хармонизирани модели на данни, услуги и управление
Управление	Отдолу-нагоре	Отдолу-нагоре	Отгоре-надолу	Отгоре-надолу	Отгоре-надолу	Отдолу-нагоре
Финансиране	локално/ национално/ европейско	локално/ национално/ европейско	европейско	локално/ национално/ европейско		локално/ национално/ европейско
Резултат	Ефективно и лесно прилагане	Бързо прилагане	Оперативна съвместимост	Фокус върху услуги и приложения	Трансгранични блокчейн услуги	Ефективност и гъвкавост, с потенциал за интегриране

Политиката е с фокус върху намаляване на нетехнологичните бариери, като несъвместимост между решенията, базирани на блокчейн, и съществуващите правни и организационни рамки. Това не може да стане чрез адаптиране на технологията към наследените системи, а изисква създаване на нови процеси, организации, структури и стандарти. В Техническата група към Европейското партньорство за блокчейн са номинирани български представители от бизнеса, а в Потребителските групи участват експерти и от държавни институции, които са потенциални потребители на трансгранични блокчейн приложения.

Като партньор в тази инициатива България постави основите на засилено сътрудничество и на национално ниво, като създаде през март 2019 г. експертна Работната група за развитие на Блокчейн и други иновативни технологии към Министерството на транспорта, информационните технологии и съобщенията с участие на всички заинтересовани страни. Представител за България в ЕВР е Нели Стоянова, Министерството на транспорта, информационните технологии и съобщенията [19].

Групата организира своята работа във съответствие със структурата, показана на Таблица 1.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За да се оценят и тестват възможностите и предизвикателствата на блокчейн технологията в България е важно българските институции, изследователи и стартапи да се включат и участват активно в европейските блокчейн инициативи и проекти. Придобиването на знания и практически опит в областта ще ни позволят да имаме теоретични и практически отговори на въпроси като:

- Кои са ключовите бизнес модели, какви да са взаимоотношенията с партньорите в бизнес мрежата и въпросите на управлението ѝ, които трябва да се вземат предвид в блокчейн инициативата?
- Кои са основните успешни случаи (use cases) на използване на блокчейн решения в Европа и какви са предизвикателствата за внедряване, вкл. в България?
- Какви са предизвикателствата и какви ще са регулаторните и административни последици от прилагането на блокчейн решения в Европа?
- Как блокчейн ще промени съществуващите подходи и решения на европейските пазари?
- Кои са иновативните и нови доставчици със седалище в Европа и колко активни са те на световните пазари?

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. dGen, Blockchain in Europe 2020 Review, dGen, 2020, <https://www.dgen.org/blockchain-in-europe-2020-review>.
 - [2]. EBSI, Blockchain, European Blockchain Services Infrastructure (EBSI) <https://ec.europa.eu/cefdigital/wiki/display/CEFDIGITAL/EBSI>.
 - [3]. EPRS, Blockchain for supply chains and international trade, STUDY Panel for the Future of Science and Technology EPRS, European Parliamentary Research Service, Scientific Foresight Unit (STOA), PE 641.544 – May 2020.
 - [4]. EUROPEAN COMMISSION DIGIT Connecting Europe Facility, [https://ec.europa.eu/cefdigital/wiki/display/CEFDIGITAL/EBSI+Connectivity+testing?preview=/163644713/184746336/\(EBSI\)\(MGT\)\(SOD\)\(Connectivity%20Testing\).pdf](https://ec.europa.eu/cefdigital/wiki/display/CEFDIGITAL/EBSI+Connectivity+testing?preview=/163644713/184746336/(EBSI)(MGT)(SOD)(Connectivity%20Testing).pdf).
 - [5]. Give your digital project a boost, <https://ec.europa.eu/cefdigital/wiki/display/CEFDIGITAL>.
 - [6]. IDC, IDC_P32414_0719, European Blockchain Strategies https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=IDC_P32414.
 - [7]. The European Union Blockchain Observatory and Forum, <https://www.eublockchainforum.eu/>.
- Интернет връзки към Блокчейн и други иновативни технологии в Европа:*
- [8]. <https://ec.europa.eu/cefdigital/wiki/display/CEFDIGITAL/The+Vision>
 - [9]. <https://ec.europa.eu/cefdigital/wiki/display/CEFDIGITAL>
 - [10]. <https://ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility/cef-telecom/apply-funding/2020-blockchain>
 - [11]. <https://ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility/cef-telecom/2020-cef-telecom-frequently-asked-questions>
 - [12]. <https://webcast.ec.europa.eu/2020-1-cef-telecom-virtual-info-day/4778>
 - [13]. <https://www.linkedin.com/groups/8552837/>
 - [14]. <https://ec.europa.eu/cefdigital/wiki/display/CEFDIGITAL/CEF+Glossary>
 - [15]. <https://ec.europa.eu/cefdigital/wiki/display/CEFDIGITAL/CEF+Definitions>
 - [16]. <https://ec.europa.eu/cefdigital/wiki/display/CEFDIGITAL/Get+Started+EBSI>
 - [17]. <https://ec.europa.eu/cefdigital/wiki/display/CEFDIGITAL/Minimum+Technical+Requirements+for+an+EBSI+v1.0+NODE+Deployment>
 - [18]. <https://ec.europa.eu/cefdigital/wiki/display/CEFDIGITAL/EBSI>
 - [19]. <https://ec.europa.eu/cefdigital/wiki/display/CEFDIGITAL/List+of+EBP+representatives>

Cardano Blockchain

Vasil St. Dabov

Cardano Ambassador
Cardano Blockchain
Plovdiv, Bulgaria
VDabov@gmail.com

Abstract — this paper describes Cardano Blockchain according to the best knowledge of Vasil St. Dabov as of 20.07.2020.

Keywords — *blockchain, distributed database, Cardano Community*

I. INTRODUCTION

Bitcoin set the beginning of “the first generation blockchains” in 2009.

Ethereum set the start of “the second generation blockchains” in 2015.

Cardano has been the leader of the “third generation blockchains” since 2017.

Cardano Main Net went public on 29.09.2017.

Some author’s remarks about the term “Blockchain” will follow.

Many authors describe blockchain as “distributed database” and/or “distributed ledger”. Such descriptions capture only certain dimensions of “blockchain” phenomenon.

According to the author “Blockchain is complex, evolving, human-machine system that includes decentralized immutable ledger which is supported by cryptographic technologies”. This description presumes “public, permission-less blockchain”. Blockchains belong to a class of systems that could be researched adequately only by using inter-disciplinary approaches. The author has developed an inter-disciplinary approach called “holonistics” which description is out of the scope of this paper.

As a result of applying this innovative approach the author came to certain conclusions part of which will follow.

Innovative technologies including Third Generation Blockchain Tech, Artificial Intelligence, Internet of Things, and Quantum Computing would give the

possibility to build an infrastructure that could eventually be the base for implementing functions and services that will support harmonious development of every human and humanity as whole.

II. 3 CHALLENGES TO BE MET BY CARDANO

A. Scalability

Cardano should be able to run adequately having billions of users.

B. Interoperability

Cardano should be able to interact easily with: the other blockchains, the legacy IT systems, the outside world.

C. Sustainability

Cardano should be able to develop sustainably preserving its viability in a longest possible lifespan.

III. 3 FORCES DRIVING INITIAL DEVELOPMENT OF CARDANO

Cardano has been driven since it had went public at the end of September 2017 by 3 organizations: Cardano Foundation, Input Output Hong Kong and Emurgo.

A. Cardano Foundation

Cardano Foundation is a non-profit organization registered in Zug, Switzerland in 2016. The Foundation’s core mission is “to standardize, protect and promote” Cardano Protocol technology. 23 people were listed working in Cardano Foundation as of 20.07.2020.

B. Input Output Hong Kong - IOHK

IOHK is a company founded by two US citizens: Charles Hoskinson and Jeremy Wood, registered in 2015 in Hong Kong. IOHK was contracted to design, develop, test, implement, and support Cardano Blockchain in its First “Life Cycle”: 2015 - 2020. CEO of

IOHK is Charles Hoskinson. 231 members were listed in “Team” section of IOHK website as of 20.07.2020.

C. Emurgo

Emurgo is a company founded by Ken Kodama, registered in Japan in 2017. Emurgo is a founding member of Cardano Protocol. According to LinkedIn on 20.07.2020 EMURGO is a global blockchain technology company /more precisely – group of companies, registered in: Japan, Singapore, Indonesia and India/ providing solutions for developers, startups, enterprises & government, with headquarters in Singapore. CEO of Emurgo is Ken Kodama. 43 employees were listed in the web site of Emurgo as of 20.07.2020.

D. The Fourth Force – Cardano Community

Following the natural evolution of Cardano a third force emerged – Cardano Community. Cardano Ambassadors are notable members of Cardano Community that contribute for the development of Cardano. They are nominated by the Community and approved and supported by Cardano Foundation.

The author who had joined Cardano Community in October, 2017, has been Cardano Ambassador since he was approved by Cardano Foundation in the beginning of May, 2019.

IV. USING CARDANO

Cardano users could be included in 3 main groups: End-users, Organizations, and Developers.

A. Endusers

The vast majority of Cardano /eventual/ users could be expected to be persons living all over the world.

B. Organisations

Organizations of different type could be expected to start using Cardano at certain stage of its development.

C. Developpers

Developers are crucial for the evolution of Cardano.

V. CARDANO CURRENT STATE OF DEVELOPMENT

As of 20.07.2020 Cardano Main Net is federated. All the blocks are validated by “core nodes” controlled by IOHK, Emurgo and Cardano Foundation.

The native token of Cardano is ADA. Current price of ADA according to CoinMarketCap is close to \$ 0.12.

Cardano consensus protocol used at the moment is Ouroboros BFT. It is Proof of Stake /PoS/ protocol that belongs to Ouroboros family of PoS protocols. This family of PoS protocols is a result of research and design made by IOHK. The first paper titled “Ouroboros: a provably secure Proof-of-stake blockchain protocol” was presented by IOHK at CRYPTO2017 conference in August 2017. The Ouroboros family includes: Classic, BFT, Praos, Hydra. Two protocols of Ouroboros family were implemented until now: Ouroboros Classic and Ouroboros BFT.

VI. CARDANO 2020 ROADMAP

Cardano Decentralization via “hard fork” is planned to start on 29.07.2020. It will result by August/September 2020 in a system that will cover all the functionalities of “the First Generation Blockchains”, including Bitcoin. Using a fraction of the energy consumed by Bitcoin.

After the start of a hard fork Cardano will enter a hybrid phase in which new member of the family - Ouroboros Praos will be implemented via “hard fork combinator” which will work initially along with Ouroboros BFT for some weeks. Gradually the use of Ouroboros BFT will go down and at the end of the hybrid phase /expected in September 2020/ Ouroboros will become the one and only protocol used in Cardano. All the blocks will be validated by stake pools. The number of the active pools is expected to be at least 250 initially. Cardano, in this way, will be more decentralized than Bitcoin sometime in September 2020.

Bringing “on chain native assets” is planned to happen by October 2020.

The “Smart contracts” “Era” codenamed “Goguen” should be entered by November 2020 via rollout of its first phase - “Plutus Foundations”. The second phase, codenamed “Plutus Platform” may be rollout in Q1 of 2021. Since than Cardano is expected to cover all the functionalities of “the Second Generation Blockchains”, including Ethereum.

“On chain and off chain governing functions” that address “sustainability” /challenge/ should be implemented by December 2020 by which Cardano is expected to enter the “Era” codenamed “Voltaire”.



Fig. 1. Charles Hoskinson and Ken Kodama

VII. CARDANO: THE SECOND “LIFE CYCLE”: 2021+

Cardano development could be described in the terms of Lifespan Cycles.

2020 will conclude the First “Life Cycle” of Cardano.

Cardano Second “Life Cycle” is expected to start on 01.01.2021. It has to be approved by Cardano Community using “Voltaire” Governing functions. Author’s expectations are that Input Output Global Inc., registered in Wyoming, USA /which had become the parent company of IOHK/, will receive the mandate to design, develop, test, implement and support the Second “Life Cycle” of Cardano Blockchain.

VIII. CARDANO SECOND BIRTHDAY CELEBRATION IN PLOVDIV

Cardano Second Birthday celebration took place in Plovdiv on 28.09.2019. The Event included a conference in the Aula of Agricultural University Plovdiv.

Honorable guests included Charles Hoskinson and Jeremy Wood – the cofounders of IOHK, Ken Kodama – the founder of Emurgo (Fig. 1), Manmeet Singh,

Domino Burki – council members of Cardano Foundation and Hinrich Pfeifer – General Secretary of the Foundation.

The Cardano blockchain development program was presented by Charles Hoskinson (Fig. 3).

Unusual and unique part of the Event was the creation of permanent land art installation “9 trees of Cardano” in the Campus of the University by planting 9 trees from 3 endangered species: Ginkgo biloba, Metasequoia glyptostroboides and Sequoia sempervirens. Every tree was positioned in a vertex of an enneagram that defines the shape of the installation (Fig. 4).

REFERENCES

- [1] Dabov, Vasil St.: Twitter account “@VStDabov”
- [2] Hoskinson, Charles: Twitter account “@IOHK_Charles”
- [3] Cardanofoundation.org
- [4] Emurgo.io
- [5] IOHK.io
- [6] <https://iohk.io/en/research/library/papers/ouroborosa-provably-secure-proof-of-stake-blockchain-protocol/>



Fig. 2. Charles Hoskinson and Vasil Dabov



Fig. 3. The Cardano blockchain development program was presented by Charles Hoskinson



Fig. 4. The event ended with the planting of "9 Cardano trees" on the university campus

В КОНЦЕПЦИЯТА НА “ГАЗОВ ХЪБ БАЛКАН” ВЪЗМОЖНОСТ И ПЕРСПЕКТИВА ЗА ВНЕДРЯВАНЕ НА ИТ - ПЛАТФОРМА ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ НА ИЗИСКВАНИЯТА НА ТРЕТИ ЕНЕРГИЕН ПАКЕТ

Анатоли Андреев

IN THE CONCEPT OF “GAS HUB BALKANS” OPPORTUNITY AND PROSPECTS FOR IMPLEMENTATION OF IT PLATFORM FOR MEETING THE REQUIREMENTS OF THE THIRD ENERGY PACKAGE

Anatoly Andreev

University of Library Science and Information

1784 Sofia, 119, Tsarigradsko Shosse Blvd.

E-mail: andreevanatoly@gmail.com

Abstract: The idea of digitalization in the gasification sector is already feasible. The essence of this idea to become a fact is to give priority to the technology for implementation of "IT platform" of the centralized state trading operator - "Bulgartransgaz" EAD of the Republic of Bulgaria for financial payment management from natural gas consumption during the realization of "Gas Hub Balkan". The meaning of the technology with its specifics and applications may lead to a technological revolution in the gasification sector of the energy sector, facilitating and accelerating trade in natural gas. To lead to the elimination of intermediaries in the trade in natural gas and thus reduce the cost of the product. Also, the management of the control of payment transactions will increase the security of energy gas supplies.

Examples of implemented digitalization technology in the gasification sector are shown. Perspectives of technology. Both the positive and the negative impact of the implementation of digitalization technology in the gasification sector are considered.

Keywords: digitalization, IT platform, technology efficiency, prospects for the gas sector;

DIGITALIZATION - THE NEW REALITY

Digitalization is essentially a process of radical change due to the rapid development of technology. In the last few decades, we have witnessed the rapid penetration of digital technologies in every part of our daily lives and in every sector, branch of business and statehood. They have reached a stage where they create new business and institutional models, allow the entry of new players (users) in any field, industry and completely change the views, behavior and preferences of consumers. If a definition of digitalization were to be given in one sentence, it would be: Digitalization is to do everything that is already known to humanity, but virtually, unlimited and everywhere [1]. It is the cause of large-scale and rapid transformations in many activities in human life, providing incomparable opportunities to create added

value. Digitalization provides efficiency and speed through automated processes, real-time information, web and mobile applications, and digital collaboration between a business and its customers. Digitalization today is not a choice, but a necessity for every sector, branch of business and statehood.

Digital transformation is a continuous process through which businesses and government institutions are integrated into the digital environment and as a result of which completely change the model of their relationships with customers (consumers) and the external environment by implementing new technologies that create new business and institutional models, products and services [2].

In the digitalization of the energy sector

We are seeing convergence between digital and energy technologies. Tomorrow, everyone will be able to control their own consumption thanks to interceptors and microprocessors. Welcome to the world of smart home [3]. Imagine what this could give to a building or factory. According to experts in the field: "Energy management is a real revolution at the technological level. We are at the very beginning of this revolution, but the potential is significant. We had an industry that has been growing steadily for 60 years - with indicators of a steady increase in gas and electricity consumption. But since 2008, the opposite has been true. The global energy sector is shrinking due to the global economic crisis, of course, but also due to advances in energy efficiency and digitalisation of technological processes. So in the European Union, unlike the United States, we have moved from an old world to a new one. Isn't this a structural

transformation of the energy sector? The dynamics in the development of digital technologies is incomparable. In recent years, the energy sector at the global level has undergone the most serious change since electricity was mastered "[4].

An idea of the changes in the structure of electricity production in 1973 and 2011 is given in Fig.1 and Fig. 2.

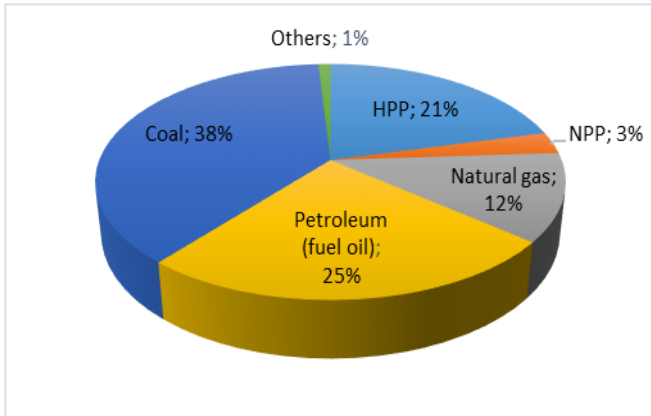


Fig. 1. Electricity production in 1973.

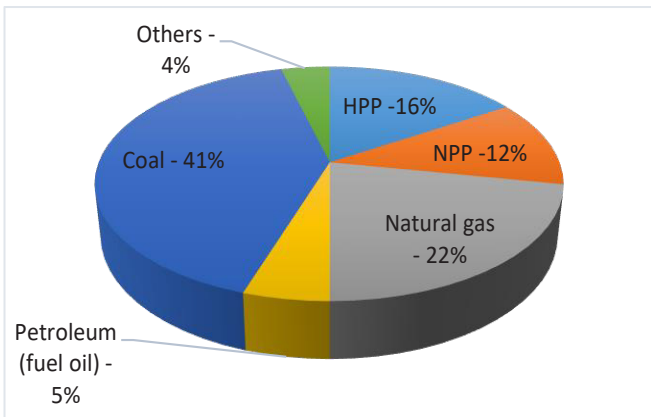


Fig. 2. Electricity production in 2011.

Digitalization is gaining ground as an indisputable trend in the energy gas sector as well.

However, the transition is in the hands of the state - the Republic of Bulgaria and if it and the regulator - the State Commission for Energy and Water Regulation (DECEME)[5] do not decide to have a vision for transition, then the change will not happen because the companies do not have enough funds and mechanism to implement. There are no strict paths and directives, and every country must find the way to the technological revolution called digitalisation.

The policy of the Republic of Bulgaria as a member of the EU in the energy sector for digitalization of the sector is aimed at the development of blockchain

technology[6] in case of liberalization of the natural gas and electricity market [7].

It is part of the EU policy in the energy sector for the development of the Regional Infrastructure, ie the Trans-European Energy Infrastructure under the project Connected Europe [8] and is part of the concept for promoting business innovation and digitalization of the Integrated Plan in the field of Energy and Climate of the Republic of Bulgaria 2021 – 2030 [9].

The Republic of Bulgaria must work actively and contribute to ensuring the EU's energy security and the development of the Energy Policy for Europe as a single policy, bearing in mind its most important factor: its geographical location.

Our country has clearly stated its intention to establish itself as an energy center in the gasification of Southeast Europe (Figure 3). The goal is to become the Gas Distribution Center of the European Union. This intention, the Republic of Bulgaria intends to realize through implementation of the project "Balkan Gas Hub" at the initiative of the government of Boyko Borisov (Figure 4). "The Cabinet has decided today to declare nine of the projects of Bulgartransgaz EAD as sites of national importance." The Council of Ministers announced the projects for sites of national importance under the Spatial Planning Act and for national sites under the State Property Act.



Source: Press office of Bulgaria's government

Fig. 3. Republic of Bulgaria - Gas Distribution Center of the European Union

This status was given to the sites for expansion, modernization and rehabilitation of the gas transmission network. They are: Balkan gas hub, expansion of the gas transmission network in the section from the Bulgarian-Turkish border to the

Strandzha compressor station, expansion of the gas transmission infrastructure parallel to the northern main gas pipeline to the Bulgarian-Serbian border, transmission pipeline to Panagyurishte and Pirdop, transmission pipeline to Svishtov, transmission pipeline to Razlog and Bansko, modernization of the compressor stations Lozenets,

The next action of the Government of the Republic of Bulgaria is the following:

Bulgartransgaz Ltd. registered a subsidiary Gas Hub Balkan Ltd. This is in implementation of the decision adopted by the Council of Ministers and the National Assembly to amend the Energy Strategy of the Republic of Bulgaria until 2020 and in connection with the implementation of the concept for construction of a gas distribution center on the territory of Bulgaria.

At present, 100% of the shares belong to Bulgartransgaz Ltd. and at a later stage no more than 49% of the shares could be provided to other individuals and legal entities. This would contribute to the realization of the concept of a gas distribution center "Balkan" and to increase the liquidity of the natural gas market in Bulgaria and the region of Southeast Europe, Bulgartransgaz EAD announced.

The company will operate digital trading platforms for the needs of the natural gas markets within the Balkan gas hub. In synergy with the physical infrastructure of the gas distribution center, the necessary prerequisites for the construction of the first liquid physical and commercial gas hub in the region of Southeast Europe, based in Bulgaria, will be provided.

In fulfillment of its goals, Gas Hub Balkan EAD will build a liquid gas exchange on the territory of Bulgaria with a segment for bilateral trade, offering modern products and financial services.

The company has clearly stated this intention in its Ten-year plan for development of the networks of BULGARTRANSغاز Ltd. for the period 2020-2029. It aims at: "Construction of new sites to existing infrastructure needed to increase operational efficiency.

Implementation of an IT platform to meet the requirements of the Third Energy Package [12].

Within the scope of the project "Implementation of an IT platform for fulfillment of the requirements of the Third Energy Package" an order is envisaged for execution: "Delivery and implementation of an information system" Trade Dispatching Platform".

With the implementation of this order, a platform established on the European gas market will be introduced and used to ensure the commercial dispatching activities related to user registration and conclusion of a contract, capacity management, order administration, comparison procedures, quantity allocation, balancing, settlement and invoicing, etc.,



Source: <https://bulgariaanalytica.org/en/2017/08/24/the-balkan-gas-hub-the-russian-paradigm-part-one/>

Fig. 4. BALKAN GAS HUB

Petrich and Ichtiman through integration of four gas turbochargers, replacement of the northern (main) gas pipeline in the section Beglezh - Dermantsi - Batultsi - Kalugerovo and replacement of the northern (main) gas pipeline in the section from Valchi Dol to Preselka.

The press center of the Council of Ministers informs that with the implementation of the project for the Balkan gas hub, the necessary gas transmission infrastructure will be built to connect the natural gas markets in the region with those in Central and Western Europe.

The realization and implementations of these sites, declared of national importance, are part of a ten-year plan for the development of the company's network until 2026. The plan was approved by the Energy and Water Regulatory Commission on August 1, 2017 "[10].

This intention is with the prior support of the European Commission, which agrees to supply natural gas from Russia to the "Gas Hub Balkan" on the new routes planned by Moscow in the region. This confirmation was sent in a letter by EC President Jean-Claude Juncker to the Prime Minister Boyko Borisov. In this regard, the press center of the Council of Ministers distributed Juncker's letter to the Prime Minister [11].

related to the main activity of Bulgartransgaz Ltd. - natural gas transmission and the relations "gas transmission system operator - network user" [13].

Bulgartransgaz Ltd. implements the concept of Gas Hub Balkan in full compliance with the plans for development of the gas infrastructure in Europe. The construction of a gas distribution center on the territory of the Republic of Bulgaria will improve energy security, ensure diversification of sources and routes for natural gas supply and will guarantee competitive prices for consumers. The project is in line with the needs identified by the High Level Group on Gas Connectivity of Central and South-Eastern Europe (CESEC), with the development of the European Energy Union and is actively supported by the Council of Ministers of the Republic of Bulgaria and the European Commission [14].

With all these facts, we need appropriate modern and efficient management of the "portfolio" (finance) in the sector, then we are talking about a blockchain in the gasification sector.

What innovative systems and technologies find a place in modern solutions for the energy gas sector?

After considering the idea of digitalization in the energy gas sector, ie. for innovative systems and technologies in the transmission of natural gas, we must not overlook those in gas - distribution and - supply. They are related to the introduction of remote monitoring and metering of commercial metering devices, with the transition from volumetric metering of natural gas to metering in energy units supplied through natural gas. These are global and European trends, and now directives [15].

Future developments for the energy gas sector?

The inclusion of our country in the pan-European gas network, the construction of interconnector gas connections and alternative gas pipelines for direct deliveries by producers are the conditions for the development of the gas sector and clean energy. But without the development of gas infrastructure in the settlements, the efforts are in vain.

An example of digitalization in the infrastructure development sector is the implementation of a pilot project of the "Virtual Gas Pipeline" in the South Central Region of the Republic of Bulgaria with the working name "Bulgarian Gas Network" [16].

Even if liberalization lowers natural gas prices, someone has to supply cheap energy, and this is done

through the development of networks and infrastructure. The process is accompanied by many obstacles and regulatory constraints.

Problems that are likely to arise in the digitalization of the gas sector and will hinder the normal functioning of the gas exchange.

I consider that it is important to quote the expressed expert opinion of the Bulgarian Chamber of Commerce and Industry (BCCI) summarizing in the following three directions [17] :

1. The lack of information on the prices of natural gas sold to large industrial consumers connected directly to Bulgargaz EAD, as a result of the amendments to Ordinance № 2 (EWRC is no longer legally obliged to regulate the price for public supply, except for gas supply and district heating undertakings);
2. The provision of art. 176, para. 3 of the Energy Act obliges traders and end customers to conclude transactions on an organized natural gas exchange market under contracts with short-term standardized products and with products with a delivery period of less than or equal to one year;
3. A clearing system to guarantee to the participants in the trading that they will fulfill their commitments on the stock exchange, in accordance with the provisions of the Commodity Exchanges and Markets Act and under regulation of the State Commission for Commodity Exchanges and Markets;

There is no technological progress without problems. They will only help us to make the right choice of methodology and instrumentalism. Utilizing the power of digital tools to integrate and control gas transmission and distribution of natural gas use will be vital as the energy transition continues and digitalisation has the potential to transform the energy gas sector.

With the idea of digitalization, one thing is certain: it will continue to develop and implement technological and digital solutions to accelerate the future of energy.

Conclusion

The change of technologies in energy, which is going on worldwide, cannot pass our country. Faced with new dynamic institutional and business models with

increasing competition in their markets, many public institutions and private companies in the energy gas sector are currently facing the need for a complete overhaul of their current strategies. Digitization plays a key role in this scenario. Digital technologies and the opportunities they create will be the driving force for success in an increasingly digital future. This applies both to the companies in the gas supply sector, energy sector, and to the national economy of the Republic of Bulgaria.

To answer the question: How state institutions and Bulgarian business deal with the challenges of the digital idea, the following question arises: Will it happen in the easy or difficult way after drawing up a national strategy, backed by political will or after a wave of bankruptcies of the old generation of energy companies and protests against the rising price of electricity?

One of the most positive consequences for the domestic economy and our national economy from the technological energy revolution is the change of specialists working in the sector.

New green, digital technologies suggest other know-how, ie. other specialists with new thinking.

REFERENCES

[1] [https:// www.azupravlyavam.com](https://www.azupravlyavam.com)
 [2] Schmit A. How Digitalization Will Drive Online Collaboration, 9, 2017, <https://www.business.computingworld.co.uk>

[3] Умния дом – бел. автора.
 [4] https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2018-0005_BG.html?redirect;
 [5] https://www.dker.bg/files/DOWNLOAD/rule_lic_doc.pdf
 [6] <https://bg.wikipedia.org/wiki/Блокчейн>
 [7] Andreev, A. 2019. Prospects of blockchain technologies in the security of energy gas supply of "Gas Hub Balkan", Proceedings of Scientific conference "Blockchain technologies in the economy - international, domestic, economic and legal issues", SWU "Neofit Rilski", Blagoevgrad, 25.10.2019.
 [8] https://ec.europa.eu/regional_policy/bg/policy/themes/tranport-energy/
 [9] https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/bg_final_necp_main_bg.pdf
 [10] <https://news.bg/politics/ms-obyavi--9-proekta--na-bulgartransgaz-za-obekti-ot-natsionalno-znachenie.html>
 [11] <https://europe.bg/bg/articies/news/2016/08/04/evropeyskata-komisiya-e-suglasna-v-gazoviya-hub-balkan-dapostupva-i>
 [12] <https://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=/EP/TEXT/IMPRESS+20080616FCS31737+0+DOC+XML+V0//BG>
 [13] https://www.bulgartransgaz.bg/files/useruploads/files/amd/TYNBP_BTG-20-29_BG.pdf
 [14] https://www.ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/bg_final_necp_main_bg.pdf
 [15] https://www.infobusiness.bcci.bg/content/file/Prezentacia_CNG_bg.pdf
 [16] [https:// www.infobusiness.bcci.bg > bcci101-26-11-19/](https://www.infobusiness.bcci.bg/bcci101-26-11-19/)



IT АКАДЕМИЯ АД
www.itakademia.bg

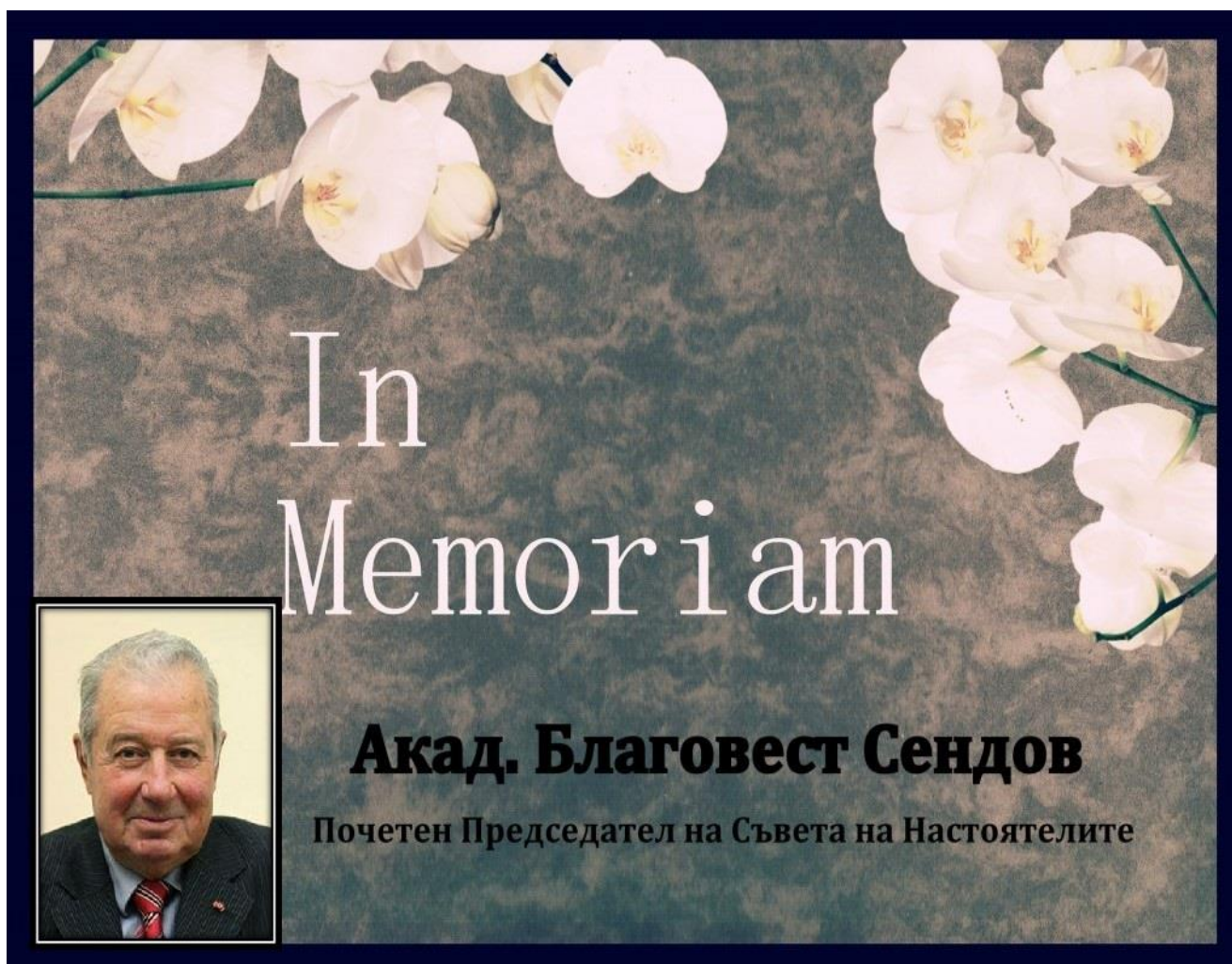
- ✓ Изработка на уебсайт
- ✓ Изграждане на LAN
- ✓ Цифрово архивиране
- ✓ Ремонт и поддръжка на ел. съоръжения

Обадете се на:
0882 933 412

office@itakademia.bg

Академик БЛАГОВЕСТ СЕНДОВ

(1932 - 2020)



На 19 януари 2020 година се простихме с академик Благовест Сендов – световноизвестен математик, изтъкнат държавник и общественик - ректор на Софийския университет, председател на БАН, председател на Народното събрание на Р България и посланик на България в Япония и Филипините.

„Всичко може, но не всеки го може“ е една от любимите сентенции на акад. Сендов. Той беше от тези, които можеха, с каквото и да се захванат.

Академик Сендов е Почетен председател на Съвета на настоятелите на Международното висше училище по информатика и електронно лидерство „Махатма Ганди“ (в процес на акредитация).

Поклон пред живота и паметта на академик Благовест Сендов!

AIEL 2020

15-16 October 2020, Plovdiv, Bulgaria
International Conference on
"Artificial Intelligence and E-leadership"

ТЕХ ПАРК ОПТЕЛА
www.optela.com

ПОКАНА ЗА УЧАСТИЕ

в МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ
15-16.10.2020 г.

„ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ И Е-ЛИДЕРСТВО“

ЦЕЛ

Все повече Изкуственият интелект и Е-лидерството се превръщат в езика на иновациите и интелигентните технологии в съвременното индустриално общество.

Организаторът, „Тех парк Оптела“ има за цел чрез Конференцията да събере заедно специалисти, учени, преподаватели и докторанти за участие с доклади, за контакти и дискусии, както и всички, които желаят да научат повече за развитието на изкуствения интелект и принципите на е-лидерството. Каним учените и изследователите от различните научни области да представят и обсъдят своите нови идеи, резултати от научни изследвания, приложения и опит във всички аспекти на съвременните методологии и интелигентен инструментариум.

Надяваме се, че Международната научна конференция **Artificial Intelligence and E-Leadership „AIEL 2020“** ще даде възможност за откриване на нови приятели и идеи и ще бъде място за среща и дискусии на учени от различни научни направления, завладяни от общите идеи на познанието и творчеството.

ТЕМАТИЧНИ НАПРАВЛЕНИЯ

1. ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ (*Artificial Intelligence*)
2. Е-ЛИДЕРСТВО (*E-Leadership*)

ОРГАНИЗАТОР

„Тех парк Оптела“ АД със съдействието на:
ИТ Хъб „Махатма Ганди“ - www.it-hub.tech
и Институт по информатика и иновативни технологии (ИИИТ) - www.iiit.bg

Място: „Тех парк Оптела“ АД; Пловдив-4023,
ул. „Вълко Шопов“ № 14, р-н Тракия

Вход и паркинг - безплатен

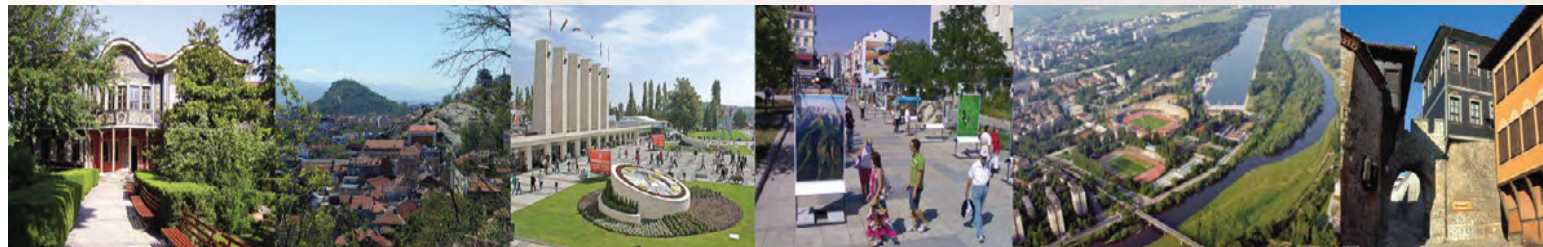
Трудовете на Конференцията ще са с научно рецензиране. Всички одобрени от Програмния комитет и представени на конференцията доклади, независимо от езика, на който са написани ще бъдат отпечатани в Journal of Informatics and Innovative Technologies – ISSN 2682-9517 (print).

За допълнителна информация на тел.: 0882 933 463 - Чавдар Дамянов (chavdam.optela@gmail.com)

ВАЖНИ ДАТИ

- | | |
|---|---------------|
| 1. Заявка за участие с научни доклади и съобщения. | 25.09.2020 г. |
| 2. Заявки за участие с фирмено представяне, изложба, рекламни материали, бизнес съобщения и др. | 25.09.2020 г. |
| 3. Изпращане на докладите. | 05.10.2020 г. |
| 4. Заявки за коктейла. | 05.10.2020 г. |

РАБОТНИ ЕЗИЦИ: български и английски език



“Пловдив Тех Парк” АД е първият предприемачески технологичен парк в България, създаден със 100% частен капитал. Носител на два златни медала от Международен панаир - Пловдив 2019 година.

НАШИТЕ ПАРТНЬОРИ

TECHNOLOGIES AND INNOVATIONS CORPORATION PLC  КОРПОРАЦИЯ ЗА ТЕХНОЛОГИИ И ИНОВАЦИИ АД



INSTITUTE OF INFORMATICS AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES 

 **IFP** Bulgaria
Международен панаир Пловдив
International Fair Plovdiv, Bulgaria



 **Автосервизи ОПТЕЛА**

ЕТИК ФИНАНС  Ethic Finance

 **FinEtika**


 **FINANCEBG**[®]
финансова медия от 1995г.

 **ИТ АКАДЕМИЯ АД**
www.itakademia.bg

 **ИИИТ**
Connecting Talent to Opportunity



ПРОФЕСИОНАЛЕН ЧАСТЕН ЕВРОПЕЙСКИ КОЛЕЖ ПО ИНОВАТИВНИ ТЕХНОЛОГИИ

 ГИМНАЗИЯ ПО ИНФОРМАТИКА
“АКАД. БЛАГОВЕСТ СЕНДОВ”

 **Yelke** wellness CLUB




 **BIZ ZONA-BG**

 **tripX**

CLUB X CHAIN

 **СЪЮЗ НА ИКОНОМИСТИТЕ В БЪЛГАРИЯ**

 **БЪЛГАРСКА СТОПАНСКА КАМАРА**
съюз на българския бизнес

 **Българска асоциация на кредитните кооперации и организациите за микрофинансиране**

АЕФ


 **BIT Forum**

FinTV
www.fintv.eu