

# Abstracts of Dissertations

Institute of Information and  
Communication Technologies

BULGARIAN ACADEMY OF  
SCIENCES



10 / 2023



DESIGN OF "SMART  
HOMES" UNDER OPEN-  
SOURCE SYSTEM  
OPENHAB

*Victor Danev*

ПРОЕКТИРАНЕ НА "УМНИ  
КЪЩИ" ПОД ОТВОРЕНА  
СИСТЕМА  
OPENHAB

*Виктор Данев*

# Автореферати на дисертации

Институт по информационни и  
комуникационни технологии

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ISSN: 1314-6351

Пореаницата „Автореферати на дисертации на Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките“ представя в електронен формат автореферати на дисертации за получаване на научната степен „Доктор на науките“ или на образователната и научната степен „Доктор“, защитени в Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките. Представените трудове отразяват нови научни и научно-приложни приноси в редица области на информационните и комуникационните технологии като Компютърни мрежи и архитектури, Паралелни алгоритми, Научни пресмятания, Лингвистично моделиране, Математически методи за обработка на сензорна информация, Информационни технологии в сигурността, Технологии за управление и обработка на знания, Грид-технологии и приложения, Оптимизация и вземане на решения, Обработка на сигнали и разпознаване на образи, Интелигентни системи, Информационни процеси и системи, Вградени интелигентни технологии, Йерархични системи, Комуникационни системи и услуги и др.

#### Редактори

*Геннадий Агре*

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките  
E-mail: [agre@iinf.bas.bg](mailto:agre@iinf.bas.bg)

*Райна Георгиева*

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките  
E-mail: [rayna@parallel.bas.bg](mailto:rayna@parallel.bas.bg)

*Даниела Борисова*

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките  
E-mail: [dborissova@iit.bas.bg](mailto:dborissova@iit.bas.bg)

*Настоящото издание е обект на авторско право. Всички права са запазени при превод, разпечатване, използване на илюстрации, цитирания, разпространение, възпроизвеждане на микрофилми или по други начини, както и съхранение в бази от данни на всички или част от материалите в настоящето издание. Копирането на изданието или на част от съдържанието му е разрешено само със съгласието на авторите и/или редакторите*

*The series **Abstracts of Dissertations of the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences** presents in an electronic format the abstracts of Doctor of Sciences and PhD dissertations defended in the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences. The studies provide new original results in such areas of Information and Communication Technologies as Computer Networks and Architectures, Parallel Algorithms, Scientific Computations, Linguistic Modelling, Mathematical Methods for Sensor Data Processing, Information Technologies for Security, Technologies for Knowledge management and processing, Grid Technologies and Applications, Optimization and Decision Making, Signal Processing and Pattern Recognition, Information Processing and Systems, Intelligent Systems, Embedded Intelligent Technologies, Hierarchical Systems, Communication Systems and Services, etc.*

#### Editors

*Gennady Agre*

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences  
E-mail: [agre@iinf.bas.bg](mailto:agre@iinf.bas.bg)

*Rayna Georgieva*

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences  
E-mail: [rayna@parallel.bas.bg](mailto:rayna@parallel.bas.bg)

*Daniela Borissova*

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences  
E-mail: [dborissova@iit.bas.bg](mailto:dborissova@iit.bas.bg)

*This work is subjected to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the materials is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, re-use of illustrations, recitation, broadcasting, reproduction on microfilms or in other ways, and storage in data banks. Duplication of this work or part thereof is only permitted under the provisions of the authors and/or editor.*



**BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES**

## **Abstract of PhD Thesis**

### **DESIGN OF "SMART HOMES" UNDER OPEN-SOURCE SYSTEM OPENHAB**

***Victor Kanchev Danev***

**Supervisor: Prof. Daniela Borissova**

**Approved by Supervising Committee:**

Prof. Georgi Dimitrov  
Prof. Ivan Garvanov  
Prof. Alexander Shikalanov  
Prof. Vassil Guliashki  
Assoc. Prof. Nina Dobrinkova



**INSTITUTE OF INFORMATION AND  
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**  
**Department of Modelling and Optimization**

## INTRODUCTION

The rapid development of ICT (information and communication technologies) is a prerequisite for the introduction of new technologies. ICT and IoT (Internet of Things) are closely related and complementary fields. Some of the aspects of the relationship between ICT and IoT are Integration: ICT provides the infrastructure that allows devices in the IoT to connect and communicate with each other and with other systems. Data processing: ICT provides the platforms to process, analyze and store large volumes of data generated by IoT devices. Security: ICT provides the security solutions that protect data and communications in IoT networks. IoT refers to an interconnected network of physical devices, vehicles, home appliances, and other items embedded with electronics, software, sensors, and connectivity that enable these entities to collect and exchange data. IoT is a rapidly developing technology that is transforming the way we live, we work and interact with the world. They exist however and significant challenges and risks, which must be addressed to ensure that IoT everything accepts and uses by responsible and sustainable way.

The smart ones houses are species environment for living which includes the technology Internet on the things (IoT) to automate various aspects of the home, such as lighting, heating, security and fun . A smart house is a connected network of devices that work together to provide a seamless, intuitive and comfortable living experience. Smart houses can also be energy efficient as they can automatically to regulate lighting, heating and cooling and other appliances. Not only that saves energy and decreases the expenses but too so helps for reduction on the carbon one imprint and Protection on the environment environment. The design on smart houses ( " smart homes ") imposes the integration on different technologies and systems, for Yes everything created comfortable, efficient and automated habitat.

This dissertation analyzes methods and tools for designing smart homes. The focus of the research is on multi-criteria decision-making in the selection of open-source home automation platforms, IoT-based smart home automation architecture, and the software solution for this automation, including a model for determining a team to implement IoT projects.

## **STRUCTURE OF THE DISSERTATION**

Chapter 1 provides an overview of IoT technologies, standards, and applications. The various aspects of the smart home as part of the IoT paradigm are discussed. The advantages and disadvantages of commercial software and open source software platforms for use in home automation are analyzed. Methods of multi-criteria decision-making in selecting appropriate alternatives for dealing with conflicting criteria accompanying the decision-making of complex problems are reviewed.

Chapter 2 describes the proposed models for evaluation and ranking of the possible alternatives in decision-making for a smart home project with MCDM techniques that enable informed decision-making, prioritization of alternatives and optimization of different aspects in the context of smart homes. A decision model for choosing an open source software platform for IoT home automation design is presented. For this purpose, the main characteristics of the platforms were defined, which were used as evaluation criteria. Also described is the proposed model that has for aim to determine the necessary competences for the implementation of projects in the field of IoT and in particular for home automation. The proposed multi-criteria mathematical model takes into account not only IoT knowledge, but also takes into account characteristics of teamwork specialists.

In Chapter 3 the conducted numerical experiments of the proposed models for the implementation of a smart home are presented. The implemented smart heating project, which uses open source home automation software OpenHAB, is described. The automation architecture of IoT-based smart home heating is presented, as well as the software solution for this automation. The numerical results of the testing of the proposed mathematical multi-criteria model for the assessment and ranking of necessary competences for the implementation of projects in the field of IoT using two groups of key indicators are described.

In the conclusion, the obtained results are summarized and some directions for future research related to various aspects of creating smart homes are indicated.

## **CHAPTER 1. ANALYSIS OF CHALLENGES IN THE FIELD OF THE INTERNET OF THINGS AND TECHNIQUES APPLICABLE IN DESIGNING SYSTEMS USING THE INTERNET OF THINGS**

### **1.1 Definitions, characteristics, architecture on IoT**

The concept for Internet is used for first way through 1999 Mr. from Kevin Ashton (Atlam, Walters & Wills, 2018). From Ashton's point of view, the Internet of Things has the potential to change the world in various ways such as the use of the Internet. Traditionally the technology can Yes everything examines and like next step in the job on Internet. On practice IoT can Yes provided connection with almost all objects in the real one world (Sharabov & Tsochev, 2020), including communication and collaboration via the Internet (Borisova, Dimitrova, Dimitrov, 2020).

#### **Description on IoT**

The Internet of Things (IoT) refers to everyday physical devices that are connected to the Internet for the purpose of data collection, transmission and processing relating to various applications and services (Hamza et al., 2021).

#### **Research directions**

In general, two research directions can be defined , namely: Standardization and Security and privacy

#### **Applications on IoT**

The applications on IoT they promise Yes bring huge value in life thank you onthe newer ones wireless networks, the modern ones sensors and the modern ones computational opportunities. Among the application areas of IoT are: Healthcare; Monitoring on the environment environment; Smart agriculture; Connected industry; Autonomous cars; Smart cities and smart homes; Intelligent energy saving and intelligent electrical networks; Wearables devices; and others.

#### **Challenges**

IoT challenges are related to: Big data; Network provision; Heterogeneity; Interoperability; Scalability; Security and Privacy; Support.

#### **Intelligent home**

The varieties on the applications for intelligent home are illustrated on Fig. 1.5.



Figure 1.5. Applications for intelligent home

## 1.2 Analysis on techniques and funds, applicable at design on systems, using IoT

### Software for management on IoT the hardware ones devices

The choice between the commercial one software and the software with open code must Yes everything based on the following factors:

- **Functionality:** Research and compare the functionality of the two types software, for confidence, that respond on the specific ones needs and requirements.
- **Devices and integration:** Viewing compatibility on the software with the devices that integrate into the system for home automation. Checking whether the software supports the necessary ones protocols and standards.
- **Flexibility and Customization:** If you want great flexibility and the ability to customization of your system, open source software can be more suitable. If everything looking for ready decisions and easy setting, the commercial one software may be preferred.
- **Budget:** Budget can also play a role in the decision. The commercial one software usually requires payment for licenses or subscriptions, while the software with open code is free for use. Although that at the software with open source additional hardware costs must be considered and technical support, if is

necessary.

These are just some of the factors to consider when choosing software for homemade automation. Important is Yes everything conducted in detail research and Yes everything do comparison for Yes everything found the most suitable answer.

### Open source home automation platforms

Open source home automation platforms such as Home Assistant and OpenHAB serve as the foundation for creating smart homes. These platforms offer a centralized hub that integrates and controls various devices, including lighting, thermostats, security and entertainment systems. In addition, open source platforms support different communication protocols, which ensures compatibility with multiple devices from different manufacturers.

### Systems for homemade automation with open code

They exist a few systems for homemade automation with open code, who offer flexibility and opportunities for personalization.

Platform	Basic characteristics	Flexibility and personalization	Integration and compatibility	Community and support
Home Assistant	Broad support on devices and protocols	A large number of supplements and integrations	Integration with popular smart devices and services	Active community and forums for support
OpenHAB	Flexible and expandable software framework	An opportunity for doing of complex automations	Wide compatibility with devices and protocols	Active community and support
Domoticz	Easy installation and setting	Easy creation of rules and scenarios	Integration with standard protocols such as Z-wave, Zigbee	Forums and maintenance from the community
Mozilla WebThings	Focus on the personal privacy and security	Opportunity for adding your own modules	Integration with voice assistants and standard protocols	Development and support from Mozilla Foundation
ioBroker	Support of a wide range of devices and protocols	An opportunity for creation of complex systems	Integration with popular devices and services	Active community and forums for support

### 1.3 Collection on decisions by multitude criteria (MCDM)

Multi-criteria taking on decisions (Multi-Criteria Decision-Making – MCDM) is an approach which everything deals with with structuring and solving on problems involving multiple criteria. It is designed to support decision makers and planning, faced with complex problems. The term "solving" in this one context can mean matches on the choice on "the best" an alternative from set from available alternatives or even choice on small set



from good ones alternatives.

The solution on issue with MCDM requires turn on on information for preferences, as there is no single optimal solution. As such, the taker solutions often have to replace certain criteria with others. That can everything achieve with the help on different approaches and methods.

### **The role of MCDM in handling conflicting criteria at decision making**

Multi-criteria decision making (MCDM) methods play a crucial role at coping with contradictory criteria at the taking on decisions. Controversialcriteria arise when different criteria or aims no they can Yes be optimized at the same time and must Yes everything do compromises.

By considering and managing conflicting criteria, MCDM techniques enable decision makers to navigate the complexities of makingon decisions and Yes achieved balance between the competing ones everything aims. They provide systematic approach for evaluation on the alternatives quantitatively determination on efficiency, setting weights and making informed decisions that optimize the compromises and everything bring in compliance with preferences and the priorities on those interested countries.

### **The concept for not dominated decisions in MCDM**

The non-dominated decisions represent set from alternatives, who no are dominated from another an alternative byattitude on multiple criteria

### **Techniques on the multicriteria analysis at taking on decisions**

Techniques of multicriteria analysis in decision making provide a framework and tools, who they help Yes everything compare and appreciate different alternatives based on a number of criteria that are optimized simultaneously in a given set of acceptable alternatives. In general there is no alternative, which Yes is optimal for all criteria, but can Yes everything composed multitude from alternatives. Ones from the most famous techniques on the multicriteria analysis are *The method on Analytical hierarchical process* and *Method on the weighted one sum* .

## **1.4 Conclusions**

As a result of the overview analysis of technological solutions, mathematical methods and software tools applicable in the field of smart home design using IoT and open source home automation platforms, they can Yes everything do the following conclusions:

- the key benefits of IoT are in automating various processes in the homes as and

in gathering and analysis on large quantities data;

- mental challenges need to be taken into account homes in terms of cost to install and maintain, compatibility, and confidentiality and security.
- certain factors should be considered when choosing software for homemade automation, important is systematic and objective analysis on the alternatives at the taking on decisions. MCDM the techniques allow informed taking on solutions, prioritization on the alternatives and optimization on different aspects in the context on the intelligent ones homes.

### **1.5 Purpose and tasks of the dissertation work**

From the analysis of the existing technologies, software approaches and challenges in designing the smart home, the following goal of the dissertation is formulated: to propose a project for building a smart home using an open source software platform . In order to achieve this goal, it is necessary to complete the following tasks:

1. Yes everything do analysis on the challenges in the area on IoT and the techniques applicable at design on systems, using IoT,
2. Yes everything suggested multi-criteria model for taking on decisions for choice on platform with open code for design on clever home;
3. Yes everything suggested model for determination on competencies on specialists by IoT for the design and realization on clever home;
4. Yes everything suggested approach for construction on intelligent homemade environment with use on software systems with open code.
5. Yes everything held the numerical ones experiments for validation on the proposed ones models and approaches.

## **CHAPTER 2. MODELING And DESIGN ON SMART HOUSES THROUGH APPROACH FOR TAKING OF PLURAL DECISIONS CRITERIA**

This chapter describes the proposed decision-making models for the selection of alternatives at design on the intelligent one automation with use on open source software platforms, as well as for assessing member competencies from the team for application on technologies, connected with IoT.

### **2.1. Multi-criteria approach at design on clever home**

The design and implementation on smart homes is complex task which requires

complex processes on taking on decisions. These decisions they can Yes cover wide spectrum from factors, like energetic efficiency, profitability, automation, comfort, security and aesthetics. The complexity of these decisions is multiplied when examines the multitude available technologies and opportunities for design. This is the place of the Multiple-Criteria decision-making concept Decision-Making (MCDM). MCDM includes structuring on complicated problems and expressly consideration on multitude criteria, which can Yes brought to more informed and better ones decisions.

## **2.2. A decision model for software platform selection with open code for design on homemade automation with IoT**

Smart home automation relies on the latest technologies that give many practical advantages such as remote control of home functions; improved device functionality; manage all home devices from one central point; improved home security; increasing energy efficiency, etc. All this allows home functions to be controlled remotely (Lin et al., 2020). Home security and energy efficiency are the two important factors supporting the smart home concept. The use of surveillance cameras and the ability to receive security alerts on a mobile device allows activities to be monitored in real time (Arif et al., 2020). The Internet of Things makes possible the optimization of energy efficiency in the design of buildings, related to the reduction of energy costs for heating, cooling and lighting, including in the smart home (Guliashki & Marinova, 2021; Filho et al., 2019; Terroso-Saenz et al., 2019). This is due on precise control on the heating ones and the coolers devices with a programmable smart thermostat that plans the temperature and offers the mostthe good one energetic efficiency. The automated ones shades too they can Yes be programmed in evening mode, when the sun is setting even the lights they can Yeturn on and off automatically.

Using wireless technology doesn't have to be an end in itself to do your smart home, but you must carefully approach the selection and management of every device. This is imperative as like some recent publications warn for possible psychologically and physically impacts from the excessive use of smart technologies (Borissova et al., 2020; Markov, 2019). Because the use of many smart devices can not be prevented, the solution must be properly managed. It has to be chosen the right one software product for management on these intelligent devices. There is two opportunities for choice on such software, which can Yes manages intelligent home: : commercial or open source systems.

### **2.2.1. Multi-criteria model for evaluation and ranking on platforms forhome automation open source**

Open source platforms are used for ranking basic parameters, considered for criteria for assessment, like is used the following function for utility:

$$A_{WPM}^* = \max \prod_{j=1}^N (e_{ij})^{w_j}, \quad i = 1, 2, \dots, M \quad (2.1)$$

$$\sum_j^N w_j = 1 \quad (2.2)$$

where the grades on the criteria ( $e_{ij}$ ) would they could Yes accept values and the bigger one value matches on the better performance on the alternative by attitude of the specific criterion. The set of alternatives is expressed by an index  $i, i=\{1,2,\dots,M\}$ , while the set from criteria for evaluation everything expresses through index  $j=\{1,2,\dots,N\}$ . The weighed ones coefficients  $w_j$  and grades ( $e_{ij}$ ) follows Yes share one and the same rock.

The best alternative will be the one with a high value for the overall performance of the alternative expressed through multiplication on the grades on the criteria on the alternative by the degree of the weighted coefficient of performance for the relevant criterion, as is expressed from (2.1).

For Yes everything do ranking on the platforms for homemade automation with open code for management on IoT, it was used the opinion on competent expert (Decision Maker - DM), which will implement the selected platform. The evaluation of the selected platforms by attitude on the specified criteria everything performs by rock from 0 to 100 (100 matches on the best presentation and 0 on the worst) followed from normalization in the range between 0 and 1, as is shown in Table 2.1.

Selected are the following criteria: Installation; Flexibility and UI; The community on the users; Pace on development; Integration; Protocols; Language for programming

The alternatives at taking on answer for choice are the following platforms: Open HAB; Home Assistant; Domoticz; Callaos; OpenMotics; HomeGenie; PiDome; Pytomation; OpenRemote

Table 2.1. Evaluation results for selected platforms versus certain criteria

	Installation	Flexibility and custom interface	The community of the users	Pace on development	Integration	Protocols	Programmatic language
Open HAB	1	1	1	0.9	0.9	0.9	0.7
Home Assistant	0.9	0.89	0.78	0.88	0.8	0.9	0.85

Domoticz	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87	0.83	0.9
Calaos	0.75	1	0.68	0.7	0.82	0.87	0.9
OpenMotics	0.55	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.85
HomeGenie	0.8	1	0.5	0.62	0.6	0.6	0.8
PiDome	0.5	0.5	0.46	0.58	0.62	0.6	0.8
Pytotation	0.53	0.52	0.42	0.53	0.6	0.66	0.85
OpenRemote	0.5	0.8	0.57	0.57	0.6	0.62	0.7

All these grades are strongly subjective, especially by attitude on the languages for programming. To implement the ranking using the model (2.1) – (2.2) along with the scores from Table 2.1, it is necessary to determine the weighted ones coefficients for the importance on the criteria. IN this one connection the expert assessed the platforms for homemade automation with open code for IoT, expresses preferences you are for four different the case like uses different weights for the importance on the criteria as is shown in Table 2.2.

Table 2.2. Odds for significance on the criteria for evaluation

	Installation	Flexibility and custom interface	The community of the users	Pace of development	Integration	Protocols	Programmatic language
	$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	$w_5$	$w_6$	$w_7$
Case-1	0.166	0.167	0.167	0.166	0.167	0.167	0
Case-2	0.10	0.25	0.12	0.12	0.24	0.17	0
Case-3	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15	0.14	0.15
Case-4	0.05	0.22	0.10	0.10	0.18	0.15	0.20

Case-1 and Case-2 do not consider the "programming language" parameter, while Case-3 does examines all criteria with same importance a in Case-4 the criteria are taken with different meaning.

**2.2.2. Analysis on the results**

The results obtained for the ranking of home automation platforms with open source IoT management are based on the inputs given by Table 2.1, Table 2.2 with the help on the model (2.1)– (2.2). Ranked platforms according to Case -1 and Case-2, who no report the parameter language for programming, are displayed on Fig. 2.1.

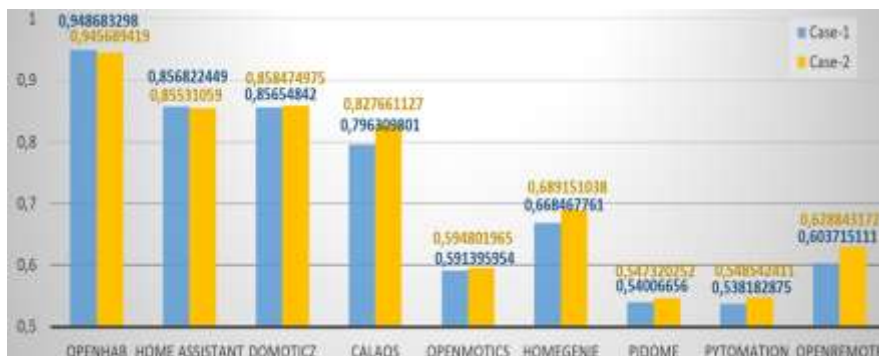


Figure 2.1. Comparison between ranked platforms according to Case-1 & Case-2

The designated ones results for the parameters on OpenHAB lead to more the good his ranking among the rest platforms. Although the little ones differences in ranking, deserves Yes everything point out the influence on the ones used coefficients on the importance of the criteria. For example, only OpenHAB, Home Assistant and Domoticz have better ones results, if all criteria everything consider with same importance with exception on the language for programming (Case-1) in comparison with Case-2, where preferences for evaluation criteria have a different distribution. There are two additional situations that consider all evaluation criteria simultaneously (Case-3 and Case-4). Ranked platforms according to the preferences expressed from Case-3 and Case-4, who report the parameter language for programming, are displayed on Fig. 2.2.



Figure 2.2. Comparison between ranked platforms according to Case-3 and Case-4

This comparison of criteria importance preferences showed little ranking

difference. For example, the results in Case-3, where all criteria are considered equally important, show that only OpenHAB and Home perform better, than in Case-4, where the meaning on the criteria accepts different values. The general comparison between all of them 4 the case is illustrated on Fig. 2.3.

Regardless of which platform will be chosen for home automation, it should be compatible with already installed smart devices in home. This everything relates in particular to protocol compatibility, ensuring the collection and transmission of data.

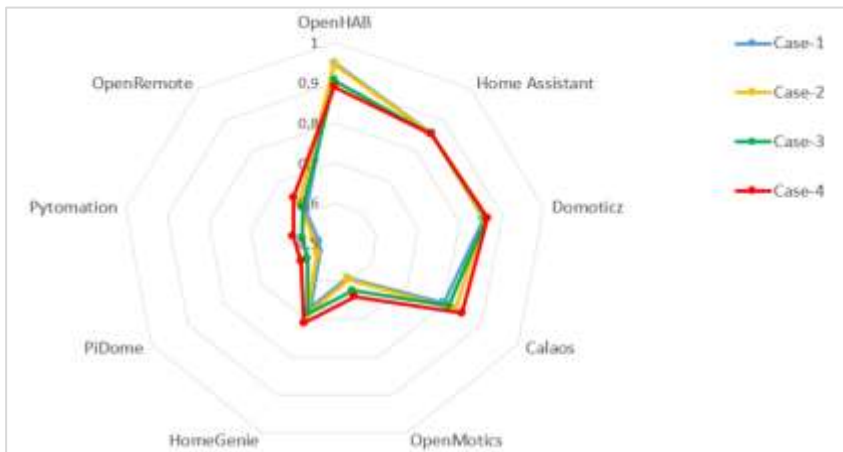


Figure 2.3. Comparison between the different ones rankings

### 2.3. Model for determination on competencies by IoT

The application of IoT can be found in every field of our real life and like such complex issue is hard. Yes everything indicate all difficult skills, who the preferred one candidate must Yes meet. One good IoT a specialist must Yes has knowledge in the field of sensors that measure and ensure the conversion of the data for the environment environment in mechanically readable data. From especially meaning are the knowledge in area of the technologies for transmission data, inclusive wireless networks and correct protocols (Hofer-Schmitz & Stojanovic, 2020). These protocols must Yes be secure enough and less power consumption to ensure continuous real-time connection of transmitted data (Bahashwan et al., 2021). They are necessary additional knowledge to understand data mining (Naka & Guliashki, 2021), some artificial intelligence techniques (Jafari et al., 2020) and the models for taking solutions \_ (Borissova, 2021), who are prerequisite for the

right one functioning on IoT.No on last place understanding on the specific application is an advantage for coping with some challenges. All them determine the meaning on IoT the technology in the area on the education for improvement on efficiency on the teaching and learning (Ramlawat & Pattanayak, 2019).

The meaning on the hard ones and the soft ones skills determines the necessity from establishment on appropriate approach to evaluate the most suitable candidate for the specific position characteristic.

### 2.3.1. Key indicators for measurement

For Yes be successful good the educated IoT specialist, he must Yes owns diverse technologies, connected with sensors and processing on signals, software(programming languages), communication protocols, data extraction and retrieval on decisions. The proposed one concept for the necessary competence on IoT the specialist is illustrated on Fig. 2.4.



Figure 2.4. Solid skills and knowledge for successful IoT a specialist

the skills connected with the sensors, include and competencies like processing on signals, data analysis, big data processing, data visualization. The software ones skills imply the ability to program one or more languages for programming sensors or for visualizing and analyzing data from processing on signals.

Along with these must-have hard skills, the preferred specialist in the field of IoT must also have the additional skills such as good communication, teamwork, leadership, entrepreneurship, ability for management on conflicts and stress, motivation, management on the weather construction on trust, taking on decisions and etc. The basis is the frame shown in Fig. 2.4, and considering the aforementioned skills, the following hard and soft skills they can Yes be certain as follows:

1. *Solid skills*: sensors, processing on signals, retrieval on data, statistics, data analysis, data visualization, big data, machine learning, language for programming.
2. *Soft skills* : communication, work in team, leadership, entrepreneurship, conflict



management, stress management, motivation, management of the weather construction on trust, taking on solutions, solving on problems cooperation, adaptability and etc.

The hard ones skills are a lot easier for identification, as they can be measured while soft skills are highly subjective. These two the species skills they can Yes everything consider like criteria for evaluation for measurement on progress on the specialists by IoT and the ability them for work in team.

**2.3.2 Multi-criteria mathematical model for the assessment of knowledge of the specialists in the area on IoT and the ability for work in team**

In order to assess the knowledge of specialists and their ability to adapt to teamwork, it is necessary to consider two separate parts related to hard and soft skills. This can be realized through the proposed mathematical model for evaluating the achievements of specialists (2.3)-(2.6), formulated as follows:

$$S_i^{performance} = \max\{\alpha \sum_{h=1}^H w_h e_{ih} + \beta \sum_{s=1}^S w_s e_{is}\}, \forall i = 1, \dots, N \tag{2.3}$$

$$\alpha + \beta = 1 \tag{1}$$

$$\sum_{h=1}^H w_h = 1 \tag{2.5}$$

$$\sum_{s=1}^S w_s = 1 \tag{2.6}$$

where  $i=\{1,2,\dots,N\}$  represents the assigned specialists, the coefficient  $\alpha$  expresses the importance of hard skills, while the coefficient  $\beta$  expresses the ability to work in a team (soft skills), the coefficients  $w_h$  and  $w_s$  express the relative importance between the criteria related with the hard and soft skills,  $e_{ih}$  and  $e_{is}$  represent the scores of the  $i$ -th specialist around the  $h$ -th criterion related to hard skills and the corresponding  $i$ -th specialist around the  $s$ -th criterion related to soft skills. This range for the estimates should match the range of other variables of the proposed model (2.3)–(2.6). The acceptable range for these results is to be between  $e_{ih}$  and  $e_{is}$  to have a comparable scale. Expression (2.4) makes it possible to combine the separate two parts of the assessment in terms of hard skills (acquired knowledge) and soft skills (ability to work in a team) in the final summary assessment. As can be seen from the formula (2.3), the ranking of specialists is realized taking into account hard and soft skills, and these two types of components can be considered with different importance. This feature allows the model to be made more flexible to consider hard and soft skills in different proportions when determining the final complex ranking of specialists. The proposed mathematical model (2.3) – (2.6) can be simplified by using a value equal to zero for the coefficient  $\beta$  ( $\beta = 0$ ). In this case, the model (2.3) – (2.6) will rely

only on the hard skills (acquired knowledge) of the specialists.

## **CHAPTER 3. NUMERICAL TESTING OF THE PROPOSED MODELS PROPOSED FOR THE REALIZATION OF A SMART HOME**

### **3.1. Construction on intelligent homemade environment**

The problem under consideration is focused on combining the advantages of IoT for effectively management on the intelligent heating on home through use on the OpenHAB software platform. In order to implement such an approach, it is necessary to everything uses suitable hardware and software.

The main ones challenges at the construction on intelligent homemade environment depend from the following factors:

- the complexity on home,
- user preferences, what number of home functions to consider,
- possibility of future development/upgrade of the system,
- what type of smart devices to choose and how to combine them,
- what type of management Yes everything choose

One from the possible ones hardware decisions is Raspberry Pi, which is single board, cheap and high performance computational technique. Avg the software ones platforms with openIoT-based home automation code, OpenHAB could be the perfect fit choice, as is shown in section 2.2 on this one dissertation labor.

#### **A hardware solution for effective IoT-based management intelligent heating at home**

The hardware components, used for implementation on IoT, they can Yes vary from circuit boardslow-power or single-board processors such as the Arduino Uno (Ahmed et al., 2021). Lately the most popular platform for IoT is Raspberry Pi, because this is a very small computer that can include an entire web server (Raju et al., 2021; Danev, and et al., 2021).

#### **Systemic architecture on the heating on clever home**

To enable energy efficiency management in a smart home needs to be able to control the temperature. Possible answer for management on energy efficiency in clever home with the help on similar sensors is shown in Fig. 3.2.

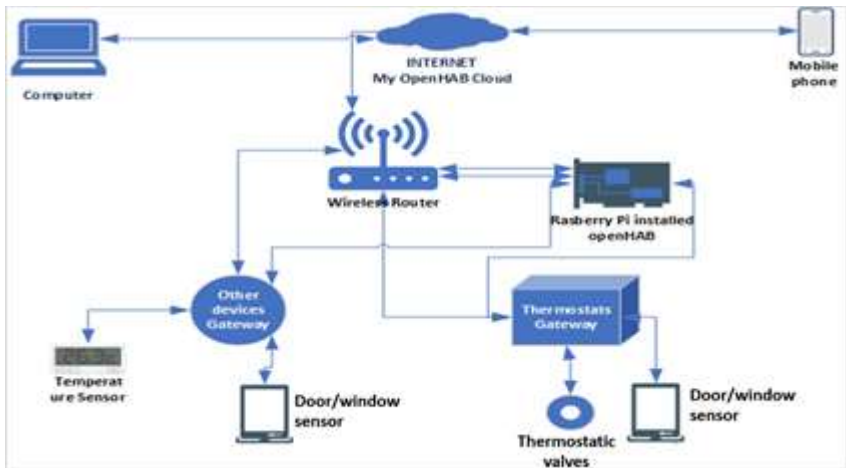


Figure 3.2 Intelligent homemade architecture for automation on the heating

The OpenHAB platform is selected in Section 2.2 according to the applied MCDM techniques. The physical ones devices and controllers (IoT) on the intelligent one homemade environment everything chooses mostly from Xiaomi and MAX!.

### Software answer for automation on the heating on clever home

For Yes everything realized the automation on the heating in clever home, must Yes everything install intelligent thermostatic valves for radiators. These valves they can Yes be connected to appropriate software platform like OpenHAB. One from the advantages is that without meaning how everything increases the temperature (from direct sunny light from the window electric heater and etc.), the thermostatic one valve everything closes automatically when the set temperature is reached. The heating control is only part from the overall digital transformation on home, which includes management on the lighting, security, fireproof and Protection from floods and etc.

### Rules for configuration on the software for the heating on clever home

```
AKO времето = <определено време> ТОГАВА <valves_name
    _setpoint_temperature> = <предпочитана температура >
```

It is possible to set different time zones for morning 6:30 - 8:00, day 8:00 - 18:00,

evening 18:00 – 21:00, night 21:00 – 6:00.

**CLOSED\_OPEN**

**АКО** <sensor\_status\_open\_window> променени от ЗАТВОРЕН на ОПЕН,

**ТОГАВА** променлива = <valves\_name\_setpoint\_temperature> &  
<valves\_name\_setpoint\_temperature> = MIN

**OPEN\_CLOSED**

**АКО** <sensor\_status\_open\_window> променен от ОПЕН на CLOSED

**ТОГАВА** <valves\_name\_setpoint\_temperature> = променлива

### 3.2 Numerical simulating on suggestions project on intelligently heating through software for homemade automation with open code OpenHAB

This section describes the numerical testing of the proposed model for taking the platform selection decision when designing home IoT automation with open code, Described in section 2.2 on Head 2.

#### Entrance data

Applicability on descriptions approach is tested for apartment with rooms, whose distribution and used sensors are displayed on Fig. 3.5.

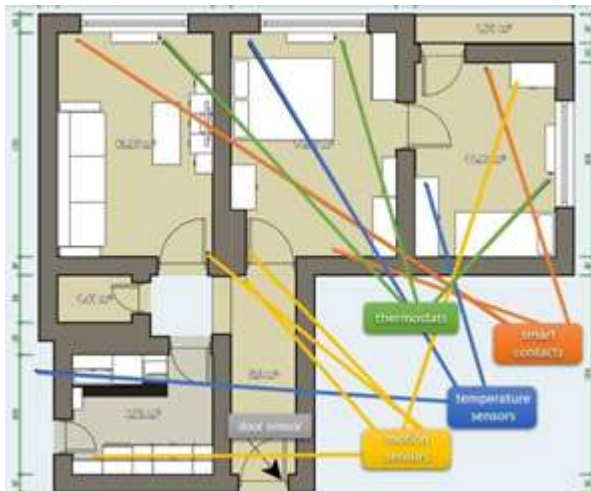


Figure 3.5 Distribution of rooms and sensors

A complete 3D model is created with the adjacent interior spaces (Fig. 3.6) and complete interior and exterior specifications on the model are set like for example:

- Set swarms for location and introduction on data for climate,
- Building data – glazing, external walls, pitched/flat roof, external under to air/ground and etc. Locally shading, if there is and so on
- Introduction on internal data – natural ventilation, temperature set points for heating/cooling, internal loads, infiltration,
- Setup hand or automated (via set points/sensors , three-level control and etc.).

The digital one a twin on the apartment everything uses for simulating on the effect on the digital one infrastructure on the heating ones loads.

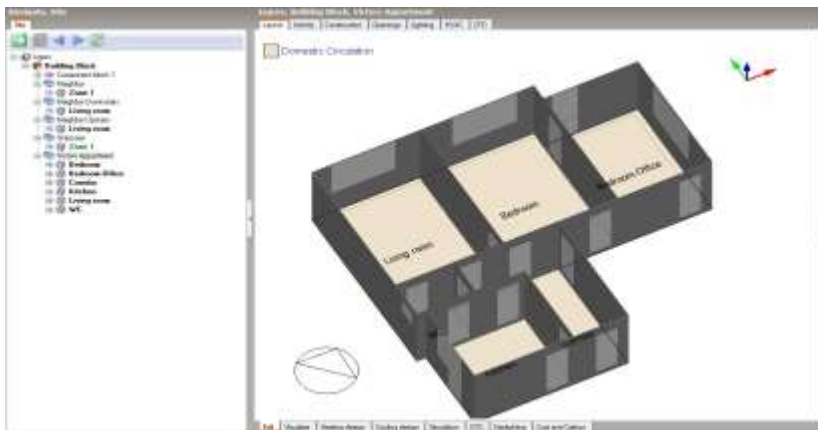


Figure 3.6. Digital twin model of the studied single apartment

### Results and analysis

The heating load before the implementation of IoT for digital home transformation in smart home is shown in Fig. 3.7, while Fig. 3.68 illustrates the heat load after application on IoT.

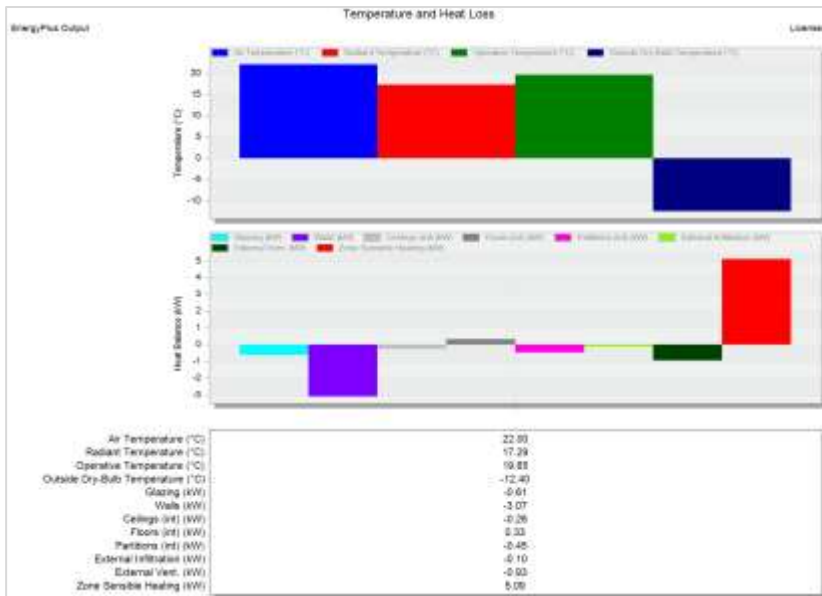


Figure 3.7. Heating load before applying digital transformation

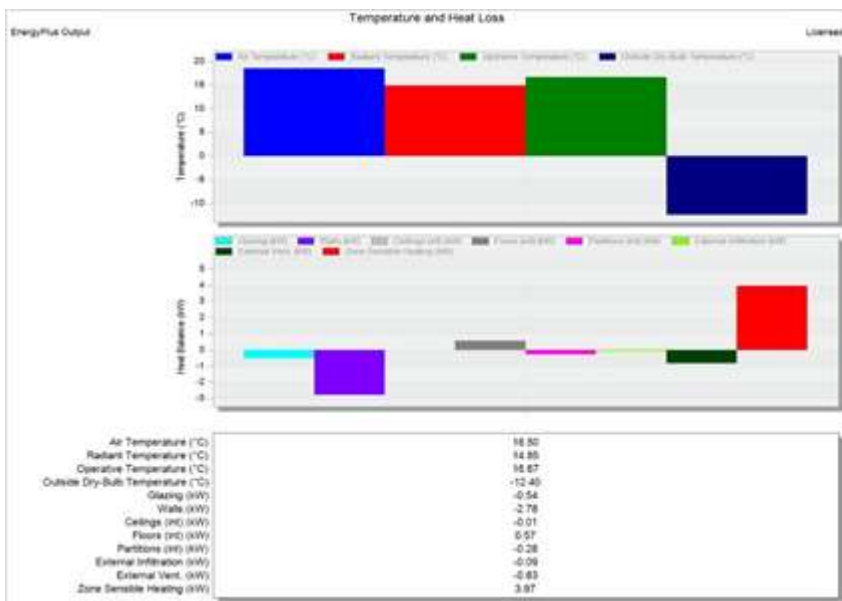


Figure 3.8. Heating load after applying digital transformation

The expense on energy and in both the case for one year old period is shown on Fig. 3.9.

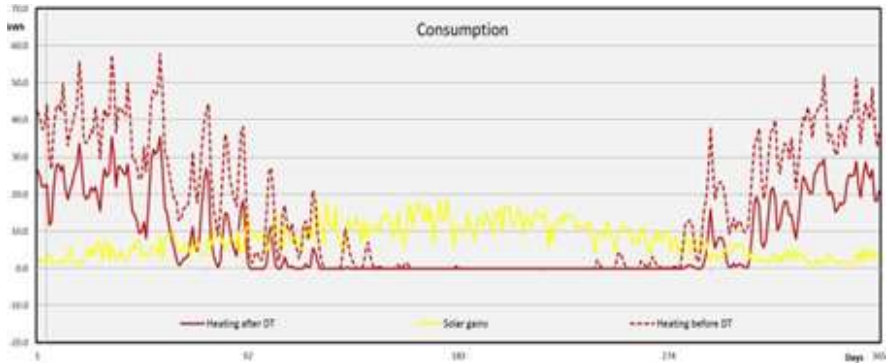


Figure 3.9. Daily consumption of thermal energy for heating before and after implementation of digital transformation (for 365 days)

As observed in the graph, peaks and troughs keep similar patterns for statistically averaged climatic year, but the curve for digitally transformations home shows clear lower living rooms levels on consumption. Except that, external and internal air temperatures, including surface radiant temperatures, are displayed on Fig. 3.10.

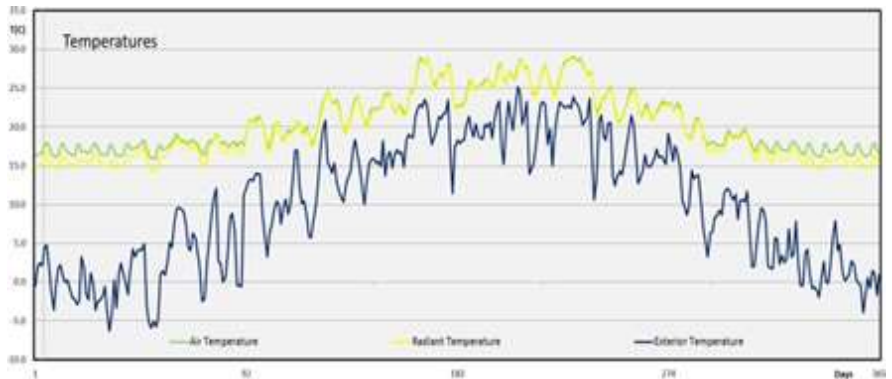


Figure 3.10. Average daily air temperatures, radiant and outside temperature

All simulations are done using EnergyPlus models. It should be noted, that EnergyPlus models are based on basic principles of heat balance and rely on on function for transmission on conductivity. One important consideration on the digital one

transformation on the apartment is that the reduction on the set temperatures on heating leads to increase on incoming thermal stream from the neighbors apartments. If the set temperature on heating everything lower and controls from the home one automation, the apartment begins Yes "fetch" heat from the neighbors you are and "the savings" are significant (cf. Table 3.1) in comparison with the previous one condition on the apartment.

Table 3.1. Comparison between total and surface consumption of heating before and after digitization with the help on IoT 1

	Heating ago (tkWh)	Heating after (tkWh)	difference, %
Total	5925.49	2818.64	47.56
kWh/ m <sup>2</sup>	95.57	45.46	

The main ones characteristics on the proposed one system they can Yes be summarized as:

- comprehensiveness – the system covers a wide range of functionalities;
- universality – the system allows easy connection and setup of different smart devices developed by different manufacturers;
- flexibility – easy to upgrade and improve.

### 3.3 Numerical testing on suggestions model for determination competencies by IoT based on groups from key indicators

In order to verify the applicability of the proposed mathematical model (2.3) – (2.5), described in section 2.3 of Chapter 2 of this dissertation, to assess knowledge of specialists in order to identify the most educated candidates with the opportunity to teamwork, an experiment was conducted with a group of 25 specialists. The ranking of these specialists everything performs with the help on The 5 hard skills, a namely: sensors and processing on signals (H-1); software: language for programming (H-2); communication protocols (H-3); retrieval on data (H-4); 5) making decisions and compiling algorithms (H-5); and 3 soft skills regarding; work in team (s-1); motivation (s-2); management on the weather (s-3).

The skills on these specialists everything consider for criteria for evaluation in the ranking. The corresponding scores for hard knowledge ( *e ih* ) and soft skills ( *e is* ), expressed by grades by attitude on these skills, are displayed in Table 3.2.

Table 3.2. Assessment on specialists is to their skills

#	Solid skills					Soft skills		
	H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	C-1	C-2	C-3
1	0.94	0.78	0.81	0.94	0.86	0.78	0.98	0.91
2	0.95	0.91	0.79	0.87	0.88	0.92	0.75	0.81



3	0.88	0.96	0.79	0.83	0.89	0.95	0.77	0.92
4	0.87	0.93	0.8	0.82	0.89	0.9	0.85	0.81
5	0.91	0.87	0.79	0.86	0.81	0.82	0.92	0.79
6	0.89	0.93	0.78	0.86	0.79	0.89	0.85	0.77
7	0.90	0.93	0.72	0.81	0.79	0.88	0.94	0.86
8	0.80	0.97	0.82	0.78	0.9	0.82	0.9	0.79
9	0.86	0.94	0.86	0.86	0.8	0.79	0.85	0.82
10	0.88	0.87	0.86	0.88	0.76	0.88	0.83	0.8
11	0.89	0.85	0.81	0.89	0.72	0.95	0.86	0.85
12	0.90	0.82	0.78	0.81	0.87	0.88	0.92	0.9
13	0.81	0.86	0.8	0.79	0.88	0.85	0.81	0.92
14	0.79	0.86	0.77	0.83	0.84	0.84	0.88	0.91
15	0.79	0.91	0.87	0.85	0.86	0.93	0.79	0.8
16	0.80	0.78	0.91	0.77	0.86	0.9	0.84	0.86
17	0.87	0.85	0.87	0.84	0.81	0.88	0.91	0.77
18	0.78	0.77	0.95	0.79	0.88	0.81	0.88	0.92
19	0.76	0.80	0.89	0.83	0.86	0.93	0.98	0.86
20	0.79	0.86	0.9	0.8	0.86	0.87	0.91	0.79
21	0.86	0.97	0.8	0.86	0.81	0.88	0.89	0.93
22	0.88	0.92	0.86	0.86	0.78	0.95	0.9	0.82
23	0.89	0.96	0.88	0.81	0.80	0.92	0.81	0.9
24	0.89	0.92	0.89	0.78	0.80	0.91	0.72	0.87
25	0.90	0.87	0.86	0.83	0.77	0.81	0.92	0.88

Okay with the grades for hard knowledge (*hey*) and soft skills (*eis*), is necessary Yes everything determine and the importance between them through the coefficients ( $\alpha$ ) and ( $\beta$ ), as and the value for the coefficients *wh* and *ws*. Three different the case are identified and displayed in Table 3.3.

Table 3.3. Coefficients for hard and soft skills and their distribution among criteria

	Case-1	Case-2	Case-3
<b>Solid skills</b>	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.65$	$\alpha = 0.65$
H-1	0.2	0.2	0.22
H-2	0.2	0.2	0.2
H-3	0.2	0.2	0.22
H-4	0.2	0.2	0.18
H-5	0.2	0.2	0.18
<b>Soft skills</b>	$\beta = 0.5$	$\beta = 0.35$	$\beta = 0.35$
C-1	0.33	0.33	0.38
C-2	0.33	0.33	0.20
C-3	0.34	0.34	0.42

Received results for ranked specialists up basis on the data from Case-1 are visualized on Fig. 3.11.

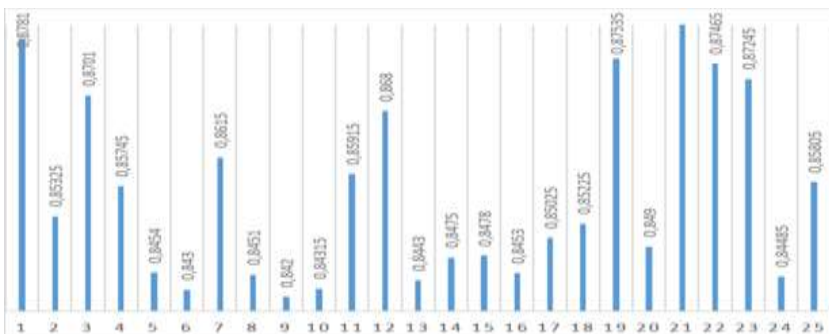


Figure 3.11. Ranking on the specialists by importance on the criteria from Case-1

If the strategy is changed and the preferences presented in Case-2, then the ranking of the specialists takes a different look as it is shown in Fig. 3.12.



Figure 3.12. Ranking on the specialists by importance on the criteria from Case-2

When using the preferences expressed through the scenario of case 3, the following ranking of the students is obtained, as shown in Fig. 3.13. In this ranking, the top 3 ranked students are as follows: student #3 with a score of 0.88034, followed by student #23 with a score of 0.87764, and student #21 with a score of 0.87492.

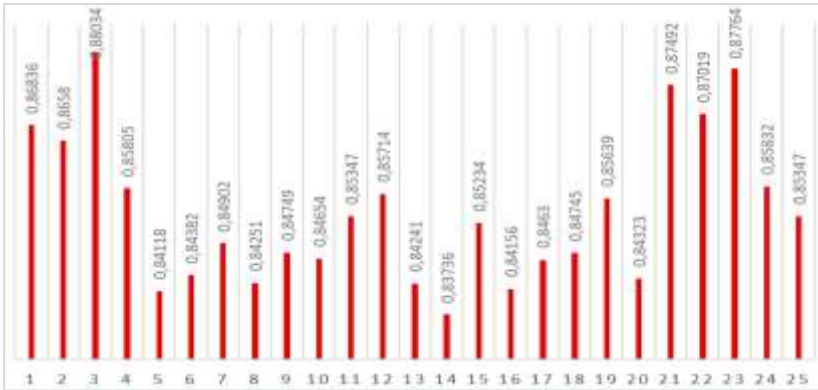


Figure 3.13. Ranking on the specialists by importance on the criteria from Case-3.

The comparison between the rankings on these specialists is shown on Fig. 3.14.

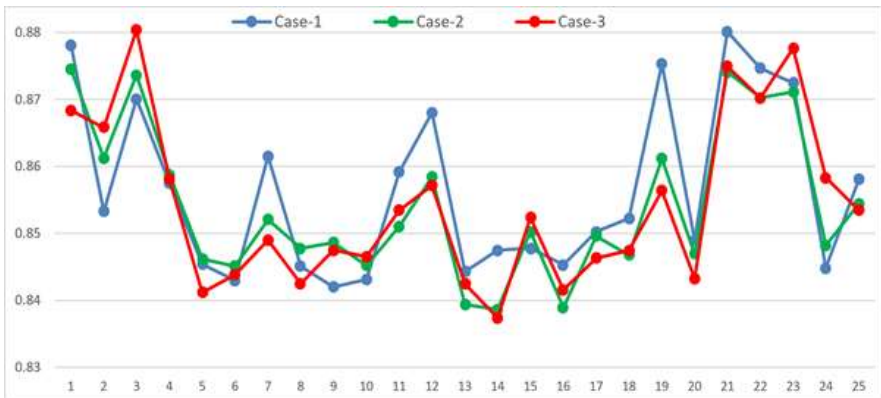


Figure 3.14. Comparison on the ranking on the specialists

Depending on the purpose of the ranking, it is possible to make a suitable list for specialists with more abilities for hard skills, suitable list for the specialists with soft skills or some combination of hard and soft skills. These lists can be used to recommend specific specialists yes find a suitable job, according to their level of knowledge and adaptation to work in team. Given the issues of IoT, there are some activities without a requirement for teamwork like programming sensors or other smart devices like whole.

### 3.4 Conclusions

IN this one head are described the results from conducted numeric experiments with suggestions model for ranking on software platforms for homemade automation open source and cluster-based IoT competency model key indicators, as and results from conducted simulations and real experiments from the designed intelligently heating in clever house, systematized as:

- Numerical simulation of the proposed smart heating project using open source home automation software OpenHAB,
- numerical testing of the proposed model for determining IoT competences based on groups of key indicators.

The described approach implements an open source software platform such as OpenHAB with low-cost and high-performance computing hardware such as the Raspberry Pi. Received results show a significant reduction in total and surface consumption on heating after digitization with use on IoT, which amounts to on 47%.

Through identified key indicators for measurement on the performance on the specialists in IoT and their ability for work in team in formulations integrated model for measurement on the performance on the specialists is shown the practical applicability of the proposed model for ranking specialists. An advantage of the proposed modeling approach is the possibility to consider hard and soft skills with different meaning.

#### **Basic stages at the construction on clever home**

As a result of the conducted research described in this dissertation they can Yes everything formulate four basic stage/tasks, at realization on IoT applications, as is shown on Fig. 3.15.



Figure 3.15. Basic tasks connected with realization on IoT applications

1) Selecting a software platform – this is the first major task is determining a specific software platform to be used for the respective automated system. This is an important stage, as the choice will also determine the specific functionalities and the appropriate hardware for implementation.

2) Digital twin model. At this stage, it needs to be built on a digital twin model to be used to simulate the desired home automation. Based on the conducted simulations, it can be determined whether the simulated home automation system would

have the desired efficiency or not. In the case of a positive opinion, it is necessary to implement the corresponding software and hardware solutions.

3) Identification of suitable specialists. In this third stage, it is necessary to determine the necessary specialists with the appropriate skills capable of implementing the simulated home automation system.

4) Practical implementation. At this stage, everything has already been determined and it is only necessary to realize the relevant project by the determined team

## **CONCLUSION – SUMMARY ON RECEIVED RESULTS**

Internet of things everything founded on the use of different sensors, multi-layered architecture and set of communication protocols, which vary in dependency from the specifics of the system. The smart home is one of the most typical possibilities for realizing the concept of Internet of things. This is a quickly developing direction, which creates prerequisites for increased comfort, convenience, security and entertainment. They exist however and challenges, connected with the intelligent homes, like price, compatibility and privacy that must be addressed to ensure that the smart homes everything accept and they use by responsible and sustainable way.

The digitization of technology is becoming increasingly critical to economic progress. This imposes everything update a lot from the university disciplines, for respond to the needs of such professionals capable of developing and maintaining devices on IoT. Because of that in the current dissertation labor are proposed basic decisions in the field of IoT related to 1) choosing a home automation platform; 2) digital twin model for the purpose of simulating the proposed software and hardware solutions, as well as 3) a model for determining suitable specialists, for realization of projects in the area on IoT.

The choice of platform for homemade automation is decisively meaning as like from it depends on what functionalities will be possible from a software point of view implemented. This choice also depends on what hardware will be needed for realization of the specific home automation and in particular automation of the heating. Like evidence for efficiency on the software the system and adjacent hardware for homemade automation is realization on digital twin, which with a good enough approximation simulates the real situation. Thus and in the current dissertation, as a next step after the

selection of software platform is realized digital a twin for conducting on the research. Reporting the necessary knowledge and skills for realization on homemade automation, based on use on IoT and in private automation on the heating on clever home, a model is proposed for the assessment of key indicators for measuring knowledge and the skills for work in team. Vaz basis on the proposed ones key indicators is it is possible to determine the appropriate specialists for the realization of the specific ones tasks for realization on specific project, connected with IoT.

Conducted numeric experiments on the proposed ones models and algorithms, inclusive and suggestions model on digital a twin are implemented like are used real data, which proves their practical applicability. Received results, described in dissertation labor are reflected in total 5 scientific publications, like 4 from them are in editions, referenced and indexed in World famous bases data with scientific information – Web of Science and Scopus.

## **OF JUICES FOR FUTURE RESEARCH**

Reporting achieved results in the current one dissertation labor they can Yes everything indicate and some guidelines for future research and improvements, connected with the following directions:

- Integration on mechanically training and artificial intellect
- Taking on decisions in real time
- Taking on solutions, tailored with the context
- Multi-criteria optimization
- Improved visualization and assistance on the taking on decisions
- Viewing on social and the environmental ones impacts
- Personalization, oriented to the user

## LIST ON THE PUBLICATIONS PO THE DISSERTATION LABOR

1. **D Danev** , V., Kirilov, L., Nikolov, R. Creating Smart Home Environment Based on Open Source Home Automation Software. CompSysTech'21: International Conference on Computer Systems and Technologies,'21, June 2021, pp. 81-86, <https://doi.org/10.1145/3472410.3472444> ( **Scopus** )
2. **Danev, V.** : The Internet of Things: Description, Applications, Development, Challenges. Problem of Engineering Cybernetics and Robotics, vol. 76, pp. 3-24, 2021, ISSN:2738-7356, <https://doi.org/10.7546/PECR.76.21.01>
3. Borissova, D., **Danev, V.** , Garvanov, M., Yoshinov, R., Garvanov, I.: Identification of the Important Parameters for Ranking of Open-Source Home Automation Platforms for IoT Management. In: Borzemski, L., Selvaraj, H., Świątek, J. (eds) Advances in Systems Engineering. ICSEng 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 364, pp. 310–319, 2022, Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-92604-5\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-030-92604-5_28) ( **SJR=0.15** )
4. Borissova, D., **Danev, V.** , Garvanova, M., Garvanov, I., Yoshinov, R.: Key Indicators to Measure Student Performance in IoT and Their Teamwork Ability. In: Auer, ME, Tsiatsos, T. (eds) New Realities, Mobile Systems and Applications. IMCL 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 411, pp 711–720, 2022, Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-96296-8\\_64](https://doi.org/10.1007/978-3-030-96296-8_64) ( **SJR=0.15** )
5. Borissova, D., **Danev, V.** , Rashevski, M., Garvanov, I., Yoshinov, R., Garvanova, M.: Using IoT for Automated Heating of a Smart Home by Means of OpenHAB Software Platform, IFAC-PapersOnLine, Volume 55, Issue 11, 2022, Pages 90-95, ISSN 2405-8963, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.08.054> . ( **SJR=0.324** )

## BIBLIOGRAPHY

1. Ahmed , MM, Qays , MO, Abu-Siada , A., Muyeen , SM, and Hossain , ML (2021). Cost-effective design of IoT- based smart household distribution system . designs , vol. 5(3), 55, <https://doi.org/10.3390/designs5030055>.
2. Arif, S., Khan , MA, Rahman , SU, Kabir , MA, Imran , M.: Investigating smart home security : is blockchain the answer ? IEEE Access 8, 117802–117816 (2020). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3004662>
3. Atlam, H., Walters, R., Wills, G.: Internet of Things: State-of-the- Art , Challenges, Applications, and Open Issues . International Journal of Intelligent Computing Research . 9(3), 928-938 (2018).
4. Attaran, M.: The impact of 5G on the evolution of intelligent automation and industry digitalization . J. Ambient Intel . Hum . Comput . (2021). <https://doi.org/10.1007/s12652-020-02521-x>
5. Bella, Oh, Zeadally, Sh ., Badra, M.: Network layer inter-operation of Device-to-Device communication technologies in the Internet of Things (IoT). Ad Hoc Networks 57, 52-62, (2017), <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2016.06.010>.
6. Danev, V. (2021). The Internet of Things: Description, applications, development , challenges . Problems of Engineering Cybernetics and robotics , vol. 76, pp. 3-24, <https://doi.org/10.7546/PECR.76.21.01>.
7. Borissova, D., Cvetkova , P., Garvanov, I., Garvanova, M.: A Framework of Business Intelligence System for Decision Making in Efficiency Management. In: Saeed K., Dvorsky J. (eds) Computer Information Systems and Industrial Management. CISIM 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol. 12133 pp. 111-121. Springer, Cham (2020). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-47679-3\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-47679-3_10).
8. Borissova, D., Danev, V., Garvanova, M., Yoshinov, R., and Garvanov, I. (2022). Identification of the important parameters for ranking of open-source home automation platforms for IoT management . In: Borzemski, L., Selvaraj, H., Swiatek , J. (eds) Advances in Systems Engineering. ICSEng 2021. LNNS, vol. 364, pp. 310-319, [https://doi.org/10.1007/978-3-030-92604-5\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-030-92604-5_28).
9. Borissova, D., Dimitrova , Z., Dimitrov , V.: How that Support Teams that be Remote and Productive : Group Decision-Making for Distance Collaboration Software Tools . Information and Security . Digital Transformation , Cyber Security and Resilience 46, 36-52 (2020).
10. Borissova, D., Dimitrova , Z., Garvanova, M., Garvanov, I., Cvetkova , P., Dimitrov , V., Pandulis , A.: Two-stage decision-making approach that survey the excessive usage of smart technologies . Problems of Engineering Cybernetics and Robotics 72, 3-16 (2020). <https://doi.org/10.7546/PECR.73.20.01>.
11. Borissova, D., Keremedchiev , D.: Group decision making in evaluation and ranking of students by extended simple multi-attribute rating technique . Cybern . Inf . Technol . 18(3), 45–56 (2019)
12. Borissova, D., Mustakerov, I.: A concept of intelligent e- maintenance decision making system . Innovations in Intelligent Systems and applications, 2013 IEEE International Symposium on. 19-21 June 2013, <https://doi.org/10.1109/INISTA.2013.6577668>.
13. Borissova, D.: A group decision making model considering experts competence : an application in personnel selections . Comptes rendus de l'Academie Bulgarian des Sciences 71(11), 1520–1527(2018)



14. Danev, V., Kirilov, L., and Nikolov, R. (2021). Creating smart home environment based on opensource home automation software . In: Int . Conference on Computer Systems and Technologies, CompSysTech'21, pp. 81-86, <https://doi.org/10.1145/3472410.3472444>.
15. Danev, V.: The Internet of Things: description , applications, development , challenges . Problem \_ Eng . Cybern . Robot . 76, 3–24 (2021). <https://doi.org/10.7546/PECR.76.21.01>
16. Diesch, R., Pfaff , M., Krcmar , H.: A comprehensive model of information security factors for decision-makers . Comput . Security . 92, 101747 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.cose.2020.101747>
17. Guliashki, V., Marinova, G., Groumpos, P.: Multi-objective optimization approach for energy efficiency in microgrids . IFAC-PapersOnLine 52(25), 477-482 (2019).
18. Guliashki, VG, and Marinova, GI (2020). Optimization approach for improvement of energy efficiency of buildings in a microgrid . In: IEICE Information and Communication Technology forum , [https://doi.org/10.34385/proc.64.ICTF2020\\_paper\\_5](https://doi.org/10.34385/proc.64.ICTF2020_paper_5).
19. Hamza, AA, Abdel-Halim , IT, Sobh , MA, Bahaa-Eldin , AM: A survey and taxonomy of program analysis for IoT platforms . Ain Shams Eng . J. (2021). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.03.026>
20. Jafari, R., Razvarz , S., Gegov , A., Vatchova , B.: A survey on applications of neuro-fuzzy models . In: 2020 IEEE 10th International Conference on Intelligent systems, pp. 148–152 (2020). <https://doi.org/10.1109/IS48319.2020.9200185>
21. Lin, Y.-N., Wang , S.-K., Yang, C.-Y., Shen , VRL, Juang , TT-Y., Hung , W.-H.: Development and verification of a smart remote control system for home appliances . Comput . Electr . Eng . 88, 106889 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2020.106889>
22. Naka, E., Guliashki, V.: Optimization techniques in data management : a survey . In: 7th International Conference on Computing and Data Engineering, pp. 8–13 (2021). <https://doi.org/10.1145/3456172.3456214>
23. Raju, L., Sowmya , G., Srividhya , S., Surabhi , S., Retika , MK, and Reshmika Janani , M. (2021). IoT- based home automation using Raspberry Pi. In: Seyezhai , R., Karuppachamy , S., Ashok Kumar, L. (eds) Recent Trends in Renewable Energy Sources and Power conversion , pp. 155-161, [https://doi.org/10.1007/978-981-16-0669-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-981-16-0669-4_12).
24. Ramlowat, DD, Pattanayak, BK: Exploring the Internet of Things (IoT) in education : a review .In: Satapathy , SC, Bhateja , V., Somanah , R., Yang, X.-S., Senkerik , R. (ed.) Information Systems Design and Intelligent Applications. AISC, vol. 863, pp. 245–255. Springer, Singapore (2019). [https://doi.org/10.1007/978-981-13-3338-5\\_23](https://doi.org/10.1007/978-981-13-3338-5_23)
25. Rashevski, M., Nikolov, R., Danev V. (2019) Smart Home as a Services: Towards Smart and Energy Efficient Homes , LAP LAMBERT Academic Publishing ISBN: 978-6200003072
26. Sharabov, M., Tsochev, G.: The use of artificial intelligence in Industry 4.0. Problems of Engineering Cybernetics and Robotics 72, 17-29 (2020). <https://doi.org/10.7546/PECR.73.20.02>.
27. Suresh, P., Daniel, JV, Parthasarathy, V., Aswathy, RH: A state of the Art review on the Internet of Things (IoT) history , technology and fields of deployment . In: Proc . of International Conference on Science Engineering and Management Research (ICSEMR), pp. 1-8, Chennai , India (2014). <https://doi.org/10.1109/ICSEMR.2014.7043637>.
28. Vodyaho, A., Yoshinov, R., Zhukova , N., Thaw , AM, Ahmed, AS: Fog oriented model for datacollection in the networks of mobile devices . In: Proc . of IEEE 10th Int . Conf . on Intelligent systems, pp. 421-425, Varna , Bulgaria (2020).



**БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ**

## **АВТОРЕФЕРАТ НА ДИСЕРТАЦИЯ**

за присъждане на образователна и научна степен “доктор” по докторска програма  
“Информатика”

### **ПРОЕКТИРАНЕ НА “УМНИ КЪЩИ” ПОД ОТВОРЕНА СИСТЕМА ОРЕННАВ**

*Виктор Кънчев Данев*

**Ръководител: Проф. Даниела Борисова**

**Научно жури:**

Проф. Георги Димитров

Проф. Иван Гарванов

Проф. Александър Шикаланов

Проф. Васил Гуляшки

Доц. Нина Добринкова



**Институт по информационни и  
комуникационни технологии**

**Секция „Моделиране и оптимизация”**

## УВОД

Бързото развитие на ИКТ (информационни и комуникационни технологии) е предпоставка за навлизането на нови технологии. ИКТ и IoT (Internet of Things, или Интернет на нещата) са тясно свързани и допълващи се области. Някои от аспектите на връзката между ИКТ и IoT са Интеграция: ИКТ предоставя инфраструктурата, която позволява на устройствата в IoT да се свързват и комуникират помежду си и с други системи. Обработка на данни: ИКТ предоставя платформите за обработка, анализ и съхранение на големи обеми от данни, генерирани от IoT устройствата. Безопасност: ИКТ предоставя решенията за сигурност, които защитават данните и комуникациите в IoT мрежите. IoT се отнася до взаимосвързана мрежа от физически устройства, превозни средства, домакински уреди и други елементи, вградени с електроника, софтуер, сензори и свързаност, което позволява на тези обекти да събират и обменят данни. IoT е бързо развиваща се технология, която трансформира начина, по който живеем, работим и взаимодействаме със света. Съществуват обаче и значителни предизвикателства и рискове, които трябва да бъдат разгледани, за да се гарантира, че IoT се приема и използва по отговорен и устойчив начин.

Умните къщи са вид среда за живеене, която включва технологията Интернет на нещата (IoT) за автоматизиране на различни аспекти на дома, като осветление, отопление, сигурност и забавление. Умната къща е свързана мрежа от устройства, които работят заедно, за да осигурят безпроблемно, интуитивно и удобно жизнено изживяване. Умните къщи също могат да бъдат енергийно ефективни, тъй като могат автоматично да регулират осветлението, отоплението и охлаждането и други уреди. Това не само спестява енергия и намалява разходите, но също така помага за намаляване на въглеродния отпечатък и защита на околната среда. Проектирането на умни къщи ("smart homes") налага интеграцията на различни технологии и системи, за да се създаде комфортна, ефективна и автоматизирана среда на живот.

Настоящият дисертационен труд анализира методи и средства за проектиране на интелигентните домове. Акцентът в изследването е върху многокритериалното вземане на решения при избора на платформи за домашна автоматизация с отворен код, архитектура за автоматизация на IoT-базирано интелигентно отопление на дома, както и софтуерното решение за тази автоматизация, включително и модел за определяне на екип за реализиране на проекти в областта на IoT.

## СТРУКТУРА НА ДИСЕРТАЦИЯТА

В **Глава 1** е направен обзор на технологиите, стандарти и приложения на IoT. Разгледани са различните аспекти на интелигентния дом като част от парадигмата на IoT. Анализирани са предимствата и недостатъците на комерсиалния софтуер и софтуерни платформи с отворен код за използване в домашната автоматизация. Направен е преглед на методи на многокритериалното вземане на решения при избора на подходящи алтернативи за справянето с противоречиви критерии, съпровождащи вземането на решения на сложни проблеми.

В **Глава 2** са описани предложените модели за оценка и класиране на възможните алтернативи при вземане на решения за проект на интелигентен дом с MCDM техники, които позволяват информирано вземане на решения, приоритизиране на алтернативите и оптимизиране на различни аспекти в контекста на интелигентните домове. Представен е модел за вземане на решение за избор на софтуерна платформа с отворен код за проектиране на домашна автоматизация с IoT. За целта са определени основните характеристики на платформите, които са използвани като критерии за оценка. Описан е и предложеният модел, който има за цел да определи необходимите компетентности за реализиране на проекти в областта на IoT и по-специално за домашна автоматизация. Предложеният многокритериален математически модел взема предвид не само знанията в областта на IoT, но също така отчита характеристиките на специалистите за работа в екип.

В **Глава 3** са представени проведените числени експерименти на предложените модели за реализирането на умен дом. Описан е реализираният проект на интелигентно отопление, който използва софтуер за домашна автоматизация с отворен код OpeHAB. Представена е архитектурата за автоматизация на IoT-базирано интелигентно отопление на дома, както и софтуерното решение за тази автоматизация. Описани са числените резултати от проведеното тестване на предложеният математически многокритериален модел за оценка и класация на необходими компетентности за реализиране на проекти в областта на IoT, използвайки две групи от ключови индикатори.

В заключението са резюмирани получените резултати и са посочени някои насоки за бъдещи изследвания, свързани с различни аспекти на създаването на интелигентни домове.

## **ГЛАВА 1. АНАЛИЗ НА ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВОТА В ОБЛАСТТА НА ИНТЕРНЕТ НА НЕЩАТА И ТЕХНИКИТЕ, ПРИЛОЖИМИ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ НА СИСТЕМИ, ИЗПОЛЗВАЩИ ИНТЕРНЕТ НА НЕЩАТА**

### **1.1 Дефиниции, характеристики, архитектура на IoT**

Концепцията за интернет е използвана за първи път през 1999 г. от Кевин Аштън (Atlam, Walters & Wills, 2018). От гледна точка на Аштън, Интернет на нещата има потенциала да промени света по различни начини като използването на интернет. Традиционно технологията може да се разглежда и като следваща стъпка в работата на интернет. На практика IoT може да осигури връзка с почти всички обекти в реалния свят (Sharabov & Tsochev, 2020), включително комуникация и сътрудничество чрез интернет (Борисова, Димитрова, Димитров, 2020).

#### **Описание на IoT**

Интернет на нещата (IoT) се отнася до ежедневните физически устройства, които са свързани с интернет с цел събиране на данни, предаване и обработка, отнасящи се до различни приложения и услуги (Hamza et al., 2021).

#### **Изследователски направления**

Най-общо две изследователски направления могат да бъдат определени, а именно: Стандартизация, и Сигурност и поверителност

#### **Приложения на IoT**

Приложенията на IoT обещават да донесат огромна стойност в живота благодарение на по-новите безжични мрежи, съвременните сензори и съвременните изчислителни възможности. Сред областите на приложение на IoT са: Здравеопазване; Мониторинг на околната среда; Интелигентно земеделие; Свързана индустрия; Автономни автомобили; Умни градове и умни домове; Интелигентни енергоспестяващи и интелигентни електроенергийни мрежи; Носими устройства; и др.

#### **Предизвикателства**

Предизвикателствата пред IoT са свързани с: Големи данни; Предоставяне на мрежа; Хетерогенност; Оперативна съвместимост; Мащабируемост; Сигурност и поверителност; Поддръжка.

### Интелигентен дом

Разновидностите на приложенията за интелигентен дом са илюстрирани на Фиг. 1.5.



Фигура 1.5. Приложения за интелигентен дом

## 1.2 Анализ на техники и средства, приложими при проектиране на системи, използващи IoT

### Софтуер за управление на IoT хардуерните устройства

Изборът между комерсиалния софтуер и софтуера с отворен код трябва да се базира на следните фактори:

- **Функционалност:** Изследване и сравняване функционалността на двата типа софтуер, за увереност, че отговарят на специфичните нужди и изисквания.
- **Устройства и интеграция:** Разглеждане съвместимостта на софтуера с устройствата, които се интегрират в системата за домашна автоматизация. Проверка дали софтуерът поддържа нужните протоколи и стандарти.
- **Гъвкавост и персонализация:** Ако се желае голяма гъвкавост и възможност за персонализация на системата си, софтуерът с отворен код може да бъде по-подходящ. Ако се търсят готови решения и лесна настройка, комерсиалният софтуер може да бъде предпочитан.
- **Бюджет:** Бюджетът също може да играе роля в решението. Комерсиалният

софтуер обикновено изисква плащане за лицензи или абонаменти, докато софтуерът с отворен код е безплатен за използване. Въпреки това, при софтуерас отворен код трябва да се вземат предвид допълнителни разходи за хардуер и техникеска поддръжка, ако е необходимо.

Това са само някои от факторите, които трябва да се вземат предвид при избора на софтуер за домашна автоматизация. Важно е да се проведе подробно изследване и да се направи сравнение, за да се намери най-подходящото решение.

### Платформи за домашна автоматизация с отворен код

Платформите за домашна автоматизация с отворен код, като Home Assistant и OpenHAB, служат като основа за създаване на интелигентни домове. Тези платформи предлагат централизиран хъб, който интегрира и контролира различни устройства, включително осветление, термостати, системи за сигурност и забавления. Освен това, платформите с отворен код поддържат различни комуникационни протоколи, което гарантира съвместимост с множество устройства от различни производители.

### Системи за домашна автоматизация с отворен код

Съществуват няколко системи за домашна автоматизация с отворен код, които предлагат гъвкавост и възможности за персонализация.

Платформа	Основни характеристики	Гъвкавост и персонализация	Интеграция и съвместимост	Общност и поддръжка
Home Assistant	Широка поддръжка на устройства и протоколи	Голям брой добавки и интеграции	Интеграция с популярни умни устройства и услуги	Активна общност и форуми за поддръжка
OpenHAB	Гъвкав и разширяем софтуерен фреймуърк	Възможност за правене на сложни автоматизации	Широка съвместимост с устройства и протоколи	Активна общност и поддръжка
Domoticz	Лесна инсталация и настройка	Лесно създаванена правила и сценарии	Интеграция със стандартни протоколи като Z-Wave, Zigbee	Форуми и поддръжка от общността
Mozilla WebThings	Фокус върху личната поверителност и сигурност	Възможност за добавяне на свои модули	Интеграция с гласови асистенти и стандартнипротоколи	Разработка и поддръжка от Mozilla Foundation
ioBroker	Поддръжка на широка гама от устройства и протоколи	Възможност за създаване на сложни системи	Интеграция с популярни устройства и услуги	Активна общност и форуми за поддръжка

### 1.3 Вземане на решения по множество критерии (MCDM)

Многокритериално вземане на решения (Multi-Criteria Decision-Making – Автореферати на дисертации 2023(10) 34-63

MCDM) е подход, който се занимава със структуриране и решаване на проблеми, включващи множество критерии. То е предназначено да подпомага лицата, вземащи решения и извършващи планиране, изправени пред сложни проблеми. Терминът "решаване" в този контекст може да съответства на избора на "най-добрата" алтернатива от набор от налични алтернативи или дори избор на малък набор от добри алтернативи.

Решаването на проблем с MCDM изисква включване на информация за предпочитанията, тъй като няма едно оптимално решение. Като такъв, вземащият решения често трябва да заменя определени критерии с други. Това може да се постигне с помощта на различни подходи и методи.

#### **Ролята на MCDM при обработката на противоречиви критерии при вземането на решения**

Методите за многокритериално вземане на решения (MCDM) играят решаваща роля при справянето с противоречиви критерии при вземането на решения. Противоречивикритерии възникват, когато различни критерии или цели не могат да бъдат оптимизирани едновременно и трябва да се направят компромиси.

Чрез разглеждане и управление на противоречиви критерии, техниките на MCDM позволяват на лицата, вземащи решения, да се ориентират в сложността на вземането на решения и да постигнат баланс между конкуриращите се цели. Те осигуряват систематичен подход за оценка на алтернативите, количествено определяне на ефективността, определяне на тежести и вземане на информирани решения, които оптимизират компромисите и се привеждат в съответствие с предпочитанията и приоритетите на заинтересованите страни.

#### **Концепцията за недоминирани решения в MCDM**

Недоминираните решения представляват набор от алтернативи, които не са доминирани от друга алтернатива по отношение на множество критерии

#### **Техники на многокритериалния анализ при вземане на решения**

Техники на многокритериалния анализ при вземане на решения предоставят рамка и инструменти, които помагат да се сравняват и оценяват различни алтернативи въз основа на няколко на брой критерия, които се оптимизират едновременно в дадено множество от допустими алтернативи. В общия случай не съществува алтернатива, която да е оптимална за всички критерии, но може да се състави множество от алтернативи. Едни от най-известните техники на



многокритериалния анализ са *Методът на Аналитичен йерархичен процес* и *Метод на претеглената сума*.

#### **1.4 Изводи**

В резултат на направения обзорен анализ на технологични решения, математически методи и софтуерни средства, приложими в областта на проектиране на умни къщи с използване на IoT и платформи за домашната автоматизация с отворен код, могат да се направят следните изводи:

- ключовите предимства на IoT са в автоматизирането на различни процеси в домовете, както и в събиране и анализиране на големи количества данни;
- необходимо е да се отчитат предизвикателства, свързани с умните домове по отношение на цената за инсталиране и поддръжка, съвместимостта, и поверителността и сигурността.
- трябва да се вземат предвид определени фактори при избора на софтуер за домашна автоматизация, важен е систематичен и обективен анализ на алтернативите при вземането на решения. MCDM техниките позволяват информирано вземане на решения, приоритизиране на алтернативите и оптимизиране на различни аспекти в контекста на интелигентните домове.

#### **1.5 Цел и задачи на дисертационния труд**

От направения анализ на съществуващите технологии, софтуерни подходи и предизвикателства при проектиране на интелигентния дом, се формулира и следната цел на дисертационния труд: да се предложи проект за изграждане на умен дом като се използва софтуерна платформа с отворен код. За реализирането на тази цел е необходимо да се изпълнят следните задачи::

1. да се направи анализ на предизвикателствата в областта на IoT и техниките, приложими при проектиране на системи, използващи IoT,
2. да се предложи многокритериален модел за вземане на решения за избор на платформа с отворен код за проектиране на умен дом;
3. да се предложи модел за определяне на компетентности на специалисти по IoT за проектирането и реализирането на умен дом;
4. да се предложи подход за изграждане на интелигентна домашна среда с използване на софтуерни системи с отворен код.
5. да се проведат числените експерименти за валидиране на предложените

модели и подходи.

## **ГЛАВА 2. МОДЕЛИРАНЕ И ПРОЕКТИРАНЕ НА УМНИ КЪЩИ ЧРЕЗ ПОДХОД ЗАВЗЕМАНЕ НА РЕШЕНИЯ ПО МНОЖЕСТВО КРИТЕРИИ**

В тази глава са описани предложените модели за вземане на решения за избор на алтернативи при проектиране на интелигентната автоматизация с използване на софтуерни платформи с отворен код, както и за оценка на компетентности на членове от екипа за прилагане на технологии, свързани с IoT.

### **2.1. Многокритериален подход при проектиране на умен дом**

Проектирането и внедряването на умни домове е сложна задача, която изисква комплексни процеси на вземане на решения. Тези решения могат да обхващат широк спектър от фактори, като енергийна ефективност, рентабилност, автоматизация, комфорт, сигурност и естетика. Сложността на тези решения се умножава, когато се разглежда множеството налични технологии и възможности за дизайн. Това е мястото на концепцията за вземане на решения по множество критерии – Multiple-Criteria Decision-Making (MCDM). MCDM включва структуриране на сложни проблеми и изрично разглеждане на множество критерии, което може да доведе до по-информирани и по-добри решения.

### **2.2. Модел за вземане на решение за избор на софтуерна платформа с отворен код за проектиране на домашна автоматизация с IoT**

Интелигентната автоматизация на дома разчита на най-новите технологии, които дават много практически предимства като дистанционно управление на домашните функции; подобрена функционалност на устройствата; управление на всички домашни устройства от една централна точка; подобрена сигурност на дома; повишаване на енергийната ефективност и др. Всичко това позволява да се контролират функциите на дома от разстояние (Lin et al., 2020). Сигурността на дома и енергийната ефективност са двата важни фактора, подкрепящи концепцията за умен дом. Използването на камери за наблюдение и възможността за приемане на сигнали за сигурност на мобилно устройство позволява да се наблюдават дейностите в реално време (Arif et al., 2020). Интернет на нещата прави възможна оптимизацията на енергийната ефективност при проектирането на сгради, свързана с намаляване на енергийните разходи за отопление, охлаждане и осветление, включително в умния дом (Guliashki & Marinova, 2021; Filho et al., 2019; Terroso-Saenz et al., 2019). Това се

дължи на прецизния контрол върху отоплителните и охладителните устройства с програмируем интелигентен термостат, който планира температурата и предлага най-добрата енергийна ефективност. Автоматизираните нюанси също могат да бъдат програмирани във вечерен режим, когато слънцето залязва, дори светлините могат да се включват и изключват автоматично.

Използването на безжична технология не трябва да бъде самоцел, за да направите дома си умен, но трябва внимателно да се подхожда към избора и управлението на всяко устройство. Това е наложително, тъй като някои скорошни публикации предупреждават за възможни психологически и физически въздействия от прекомерната употреба на интелигентни технологии (Borissova et al., 2020; Марков, 2019). Тъй като използването на много интелигентни устройства не може да бъде предотвратено, решението трябва да се управлява правилно. Трябва да се избере правилния софтуерен продукт за управление на тези интелигентни устройства. Има две възможности за избор на такъв софтуер, който може да управлява интелигентен дом: : търговски системи или системи с отворен код.

### **2.2.1. Многокритериален модел за оценка и класиране на платформи за домашна автоматизация с отворен код**

За класиране на платформите с отворен код са използвани основни параметри, считани за критерии за оценка, като се използва следната функция за полезност:

$$A_{WPM}^* = \max \prod_{j=1}^N (e_{ij})^{w_j}, \quad i = 1, 2, \dots, M \quad (2.1)$$

$$\sum_j^N w_j = 1 \quad (2.2)$$

където оценките на критериите ( $e_{ij}$ ) биха могли да приемат стойности и по-голямата стойност съответства на по-доброто изпълнение на алтернативата по отношение на конкретния критерий. Наборът от алтернативи се изразява чрез индекс  $i$ ,  $i=\{1,2,\dots,M\}$ , докато наборът от критерии за оценка се изразява чрез индекс  $j$ ,  $j=\{1,2,\dots,N\}$ . Претеглените коефициенти  $w_j$  и оценки ( $e_{ij}$ ) следва да споделят една и съща скала.

Най-добрата алтернатива ще бъде тази с висока стойност за общото представяне на алтернативата, изразена чрез умножаване на оценките на критериите на алтернативата по степента на претегления коефициент на изпълнение за съответния критерий, както е изразено от (2.1).

За да се направи класация на платформите за домашна автоматизация с

*Автореферати на дисертации 2023(10) 34-63*

отворен код за управление на IoT, беше използвано мнението на компетентен експерт (Decision Maker - DM), който ще внедри избраната платформа. Оценката на избраните платформи по отношение на определените критерии се извършва по скала от 0 до 100 (100 съответства на най-доброто представяне и 0 на най-лошото), последвано от нормализиране в диапазона между 0 и 1, както е показано в Таблица 2.1.

Избрани са следните критерии: Инсталация; Гъвкавост и UI; Общността на потребителите; Темпо на разработка; Интеграция; Протоколи; Език за програмиране

Алтернативите при вземане на решение за избор са следните платформи: Open HAB; Home Assistant; Domoticz; Calaos; OpenMotics; HomeGenie; PiDome; Pytomatic; OpenRemote

Таблица 2.1. Резултати за оценка за избрани платформи спрямо определени критерии

	Инсталация	Гъвкавост и потребителски интерфейс	Общността на потребителите	Темпо на развитие	Интеграция	Протоколи	Програмен език
Open HAB	1	1	1	0.9	0.9	0.9	0.7
Home Assistant	0.9	0.89	0.78	0.88	0.8	0.9	0.85
Domoticz	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87	0.83	0.9
Calaos	0.75	1	0.68	0.7	0.82	0.87	0.9
OpenMotics	0.55	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.85
HomeGenie	0.8	1	0.5	0.62	0.6	0.6	0.8
PiDome	0.5	0.5	0.46	0.58	0.62	0.6	0.8
Pytomatic	0.53	0.52	0.42	0.53	0.6	0.66	0.85
OpenRemote	0.5	0.8	0.57	0.57	0.6	0.62	0.7

Всички тези оценки са силно субективни, особено по отношение на езичите за програмиране. За реализиране на класирането с помощта на модела (2.1) – (2.2) заедно с оценките от Таблица 2.1 е необходимо да се определят и претеглените коефициенти за важността на критериите. В тази връзка експертът, оценил платформите за домашна автоматизация с отворен код за IoT, изразява предпочитанията си за четири различни случая, като използва различни тегла за важността на критериите, както е показано в Таблица 2.2.

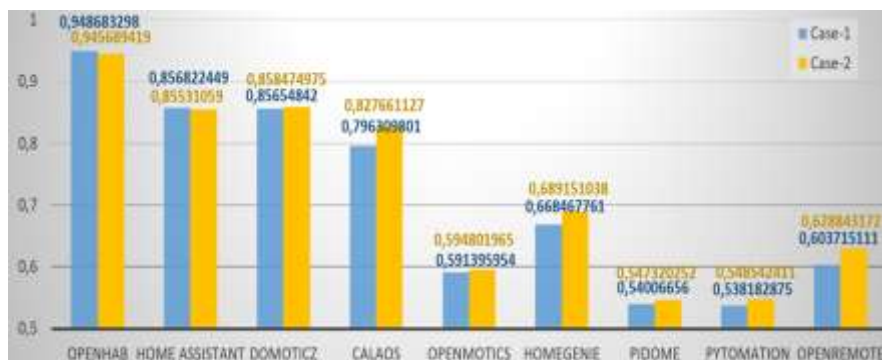
Таблица 2.2. Коефициенти за значимост на критериите за оценка

	Инсталация	Гъвкавост и потребителски интерфейс	Общността на потребителите	Темпо на развитие	Интеграция	Протоколи	Програмен език
	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	W <sub>4</sub>	W <sub>5</sub>	W <sub>6</sub>	W <sub>7</sub>
Case-1	0.166	0.167	0.167	0.166	0.167	0.167	0
Case-2	0.10	0.25	0.12	0.12	0.24	0.17	0
Case-3	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15	0.14	0.15
Case-4	0.05	0.22	0.10	0.10	0.18	0.15	0.20

Case-1 и Case-2 не разглеждат параметъра "език за програмиране", докато Case-3 разглежда всички критерии с еднаква важност, а в Case-4 критериите са взети с различно значение.

### 2.2.2. Анализ на резултатите

Получените резултати за класирането на платформите за домашна автоматизация с отворен код за управление на IoT се основават на входните данни, дадени от Таблица 2.1, Таблица 2.2 с помощта на модела (2.1) – (2.2). Класираните платформи според Case- 1 и Case-2, които не отчитат параметъра език за програмиране, са показани на Фиг. 2.1.



Фигура 2.1. Сравнение между класираните платформи според Case-1 & Case-2

Определените резултати за параметрите на OpenHAB водят до по-доброто му класиране сред останалите платформи. Въпреки малките разлики в класирането, Автореферати на дисертации 2023(10) 34-63

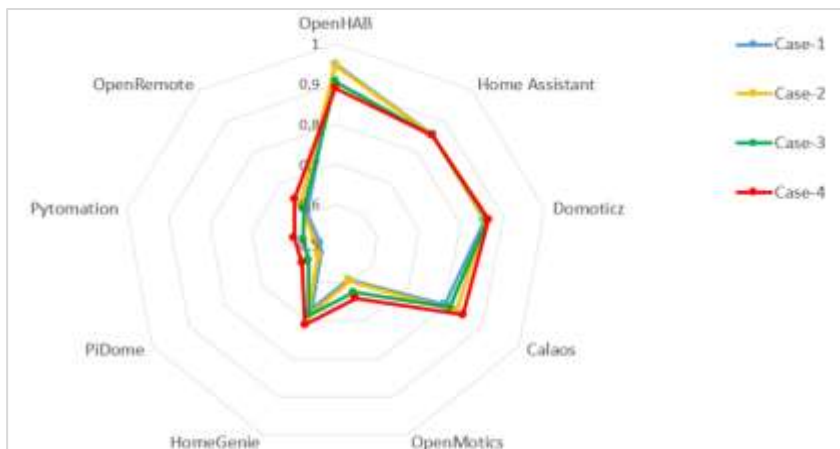
заслужава да се отбележи влиянието на използваните коефициенти върхуважността на критериите. Например, само OpenHAB, Home Assistant и Domoticz имат по-добри резултати, ако всички критерии се разглеждат с еднаква важност, с изключение на езика за програмиране (Case-1) в сравнение с Case-2, където предпочитанията към критериите за оценка имат различно разпределение. Има две допълнителни ситуации, които разглеждат всички критерии за оценка едновременно (Case-3 и Case-4). Класираните платформи според предпочитанията, изразени от Case-3 и Case-4, които отчитат параметъра език за програмиране, са показани на Фиг. 2.2.



Фигура 2.2. Сравнение между класираните платформи според Case-3 и Case-4

Това сравнение между предпочитанията за важността на критериите показва малка разлика в класирането. Например, резултатите в Case-3, където всички критерии се считат за еднакво важни, показват, че само OpenHAB и Home се представят по-добре, отколкото в Case-4, където значението на критериите приема различни стойности. Общото сравнение между всичките 4 случая е илюстрирано на Фиг. 2.3.

Независимо коя платформа ще бъде избрана за домашна автоматизация, тя трябва да е съвместима с вече инсталирани смарт устройства в дома. Това се отнася по-специално до съвместимостта на протоколите, като се гарантира събирането и предаването на данни.



Фигура 2.3. Сравнение между различните класации

### 2.3. Модел за определяне на компетентности по IoT

Приложението на IoT може да се намери във всяка област от реалния ни живот и като такъв сложен проблем е трудно да се посочат всички трудни умения, които предпочитаният кандидат трябва да срещне. Един добър IoT специалист трябва да има познания в областта на сензорите, които измерват и гарантират превръщането на данните за околната среда в машинно четими данни. От особено значение са знанията в областта на технологиите за пренос на данни, включително безжични мрежи и правилни протоколи (Hofer-Schmitz & Stojanovic, 2020). Тези протоколи трябва да бъдат достатъчно сигурни и по-малко консумация на енергия, за да се осигури непрекъсната връзка в реално време на предаваните данни (Bahashwan et al., 2021). Необходими са допълнителни знания за разбиране на извличането на данни (Naka & Guliashki, 2021), някои техники за изкуствен интелект (Jafari et al., 2020) и моделите за вземане на решения (Borissova, 2021), които са предпоставка за правилното функциониране на IoT. Не на последно място разбирането на конкретното приложение е предимство за справяне с някои предизвикателства. Всички те определят значението на IoT технологията в областта на образованието за подобряване на ефективността на преподаването и ученето (Ramlowat & Pattanayak, 2019).

Значението на твърдите и меките умения определя необходимостта от установяване на подходящ подход за оценка на най-подходящия кандидат за конкретната длъжностна характеристика.

### 2.3.1. Ключови индикатори за измерване

За да бъде успешен добре образованият IoT специалист, той трябва да владее разнообразни технологии, свързани със сензори и обработка на сигнали, софтуер (езици за програмиране), комуникационни протоколи, извличане на данни и вземане на решения. Предложената концепция за необходимата компетентност на IoT специалиста е илюстрирана на Фиг. 2.4.



Фигура 2.4. Твърди умения и знания за успешен IoT специалист

Уменията, свързани със сензорите, включват и компетенции като обработка на сигнали, анализ на данни, обработка на големи данни, визуализация на данни. Софтуерните умения предполагат наличието на възможност за програмиране на един или повече езици за програмиране на сензори или за визуализиране и анализ на данните от обработката на сигнали.

Наред с тези задължителни твърди умения, предпочитаният специалист в областта на IoT трябва да има и допълнителните умения като добра комуникация, работа в екип, лидерство, предприемачество, способност за управление на конфликти и стрес, мотивация, управление на времето, изграждане на доверие, вземане на решения и др. Основа е рамката, показана на Фиг. 2.4, и като се има предвид споменатите по-горе умения, следните твърди и меки умения могат да бъдат определени, както следва:

1. *Твърди умения:* сензори, обработка на сигнали, извличане на данни, статистика, анализ на данни, визуализация на данни, големи данни, машинно обучение, език за програмиране.
2. *Меки умения:* комуникация, работа в екип, лидерство, предприемачество, управление на конфликти, управление на стреса, мотивация, управление на времето, изграждане на доверие, вземане на решения, решаване на проблеми, сътрудничество, адаптивност и др.

Твърдите умения са много по-лесни за идентифициране, тъй като могат да бъдат измерени, докато меките умения са силно субективни. Тези два вида умения



могат да се разглеждат като критерии за оценка за измерване на напредъка на специалистите по IoT и способността им за работа в екип.

### 2.3.2 Многокритериален математически модел за оценка на знания на специалистите в областта на IoT и способността за работа в екип

За да може да се оценят знанията на специалистите и способността им да се адаптират към работата в екип, е необходимо да се разгледат две отделни части, свързани с твърдите и меките умения. Това може да се реализира чрез предложението математически модел за оценка на постиженията на специалистите (2.3)-(2.6), формулиран по следния начин:

$$S_i^{performance} = \max\{\alpha \sum_{h=1}^H w_h e_{ih} + \beta \sum_{s=1}^S w_s e_{is}\}, \forall i = 1, \dots, N \quad (2.3)$$

$$\alpha + \beta = 1 \quad (1.4)$$

$$\sum_{h=1}^H w_h = 1 \quad (2.5)$$

$$\sum_{s=1}^S w_s = 1 \quad (2.6)$$

където  $i=\{1,2,\dots,N\}$  представлява зададените специалисти, коефициентът  $\alpha$  изразява значението на твърдите умения, докато коефициентът  $\beta$  изразява способността за работа в екип (меки умения), коефициентите  $w_h$  и  $w_s$  изразяват относителната важност между критериите, свързани с твърдите и меките умения,  $e_{ih}$  и  $e_{is}$  представляват оценките на  $i$ -тия специалист около  $h$ -ия критерий, свързан с твърдите умения, и съответния  $i$ -ти специалист около  $s$ -ия критерий, свързан с меките умения. Този диапазон за оценките трябва да съответства на обхвата на други променливи на предложението модел (2.3) – (2.6). Приемливият диапазон за тези резултати е да бъде между  $e_{ih}$  и  $e_{is}$  да има сравнима скала. Изразът (2.4) дава възможност да се обединят отделените две части от оценката по отношение на твърдите умения (придобити знания) и меките умения (способност за работа в екип) в окончателната обобщена оценка. Както може да се види от формулата (2.3), класирането на специалистите се реализира, като се вземат предвид твърдите и меките умения и тези два вида компоненти могат да бъдат взети предвид с различно значение. Тази функция позволява моделът да бъде направен по-гъвкав, за да се вземат предвид твърдите и меките умения с различни пропорции при определяне на крайното комплексно класиране на специалисти. Предложеният математически модел (2.3) – (2.6) може да бъде опростен чрез използване на стойност, равна на нула за коефициента  $\beta$  ( $\beta=0$ ). В този случай моделът (2.3) – (2.6) ще разчита само на твърдите умения (придобити знания) на специалистите.

## **ГЛАВА 3. ЧИСЛЕНО ТЕСТВАНЕ НА ПРЕДЛОЖЕНИТЕ МОДЕЛИ, ПРЕДЛОЖЕНИ ЗА РЕАЛИЗИРАНЕТО НА УМЕН ДОМ**

### **3.1. Изграждане на интелигентна домашна среда**

Разглежданият проблем е фокусиран върху комбинирането на предимствата на IoT за ефективно управление на интелигентното отопление на дома чрез използване на софтуерната платформа OpenHAB. За да се реализира такъв подход, е необходимо да се използва подходящ хардуер и софтуер.

Основните предизвикателства при изграждането на интелигентна домашна среда зависят от следните фактори:

- сложността на дома,
- потребителски предпочитания, какъв брой домашни функции да се вземат предвид,
- възможност за бъдещо развитие/надграждане на системата,
- какъв тип смарт устройства да се избере и как да се комбинират,
- какъв тип управление да се избере.

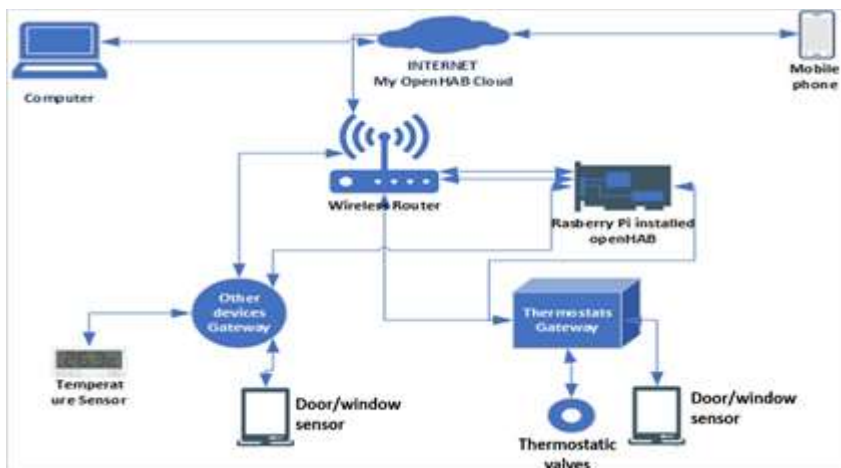
Едно от възможните хардуерни решения е Raspberry Pi, който е едноплаткова, евтина и високопроизводителна изчислителна техника. Сред софтуерните платформи с отворен код за домашна автоматизация, базирани на IoT, OpenHAB може да бъде идеалният избор, както е показано в раздел 2.2 на този дисертационен труд.

#### **Хардуерно решение за ефективно управление на IoT-базираното интелигентно отопление на дома**

Хардуерните компоненти, използвани за внедряване на IoT, могат да варират от платкис ниска мощност или едноплаткови процесори като Arduino Uno (Ahmed et al., 2021). Напоследък най-популярната платформа за IoT е Raspberry Pi, защото това е много достъпен малък компютър, който може да включва цял уеб сървър (Raju et al., 2021; Данев, и др., 2021).

#### **Системна архитектура на отоплението на умнен дом**

За да се даде възможност за управление на енергийната ефективност в интелигентен дом е необходимо да бъде в състояние да контролира температурата. Възможно решение за управление на енергийната ефективност в умнен дом с помощта на подобни сензори е показано на Фиг. 3.2.



Фигура 3.2 Интелигентна домашна архитектура за автоматизация на отоплението

Платформата OpenHAB е избрана в раздел 2.2 съгласно приложените MCDM техники. Физическите устройства и контролери (IoT) на интелигентната домашна среда сеизбира най-вече от Xiaomi и MAX!.

#### Софтуерно решение за автоматизация на отоплението на умен дом

За да се реализира автоматизацията на отоплението в умен дом, трябва да се монтират интелигентни термостатични вентили за радиатори. Тези клапани могат да бъдат свързани към подходяща софтуерна платформа като OpenHAB. Едно от предимствата е, че без значение как се повишава температурата (от пряка слънчева светлина от прозореца, електрически нагревател и т.н.), термостатичният вентил се затваря автоматично при достигане на зададената температура. Контролът на отоплението е само част от цялостната дигитална трансформация на дома, която включва управление на осветлението, сигурност, противопожарна и защита от наводнения и др.

#### Правила за конфигуриране на софтуера за отоплението на умен дом

```
АКО времето = <определено време> ТОГАВА <valves_name
  _setpoint_temperature> = <предпочитана температура >
```

Възможно е да се зададат различни часови зони за сутрин 6:30 – 8:00, ден 8:00

– 18:00, вечер 18:00 – 21:00, нощ 21:00 – 6:00.

**CLOSED\_OPEN**

**АКО** <sensor\_status\_open\_window> променени от ЗАТВОРЕН на ОПЕН,

**ТОГАВА** променлива = <valves\_name\_setpoint\_temperature> &  
<valves\_name\_setpoint\_temperature> = MIN

**OPEN\_CLOSED**

**АКО** <sensor\_status\_open\_window> променен от ОПЕН на CLOSED

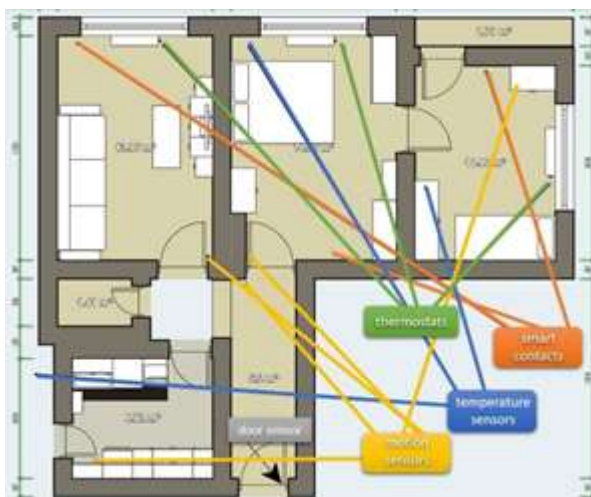
**ТОГАВА** <valves\_name\_setpoint\_temperature> = променлива

### 3.2 Числено симулиране на предложения проект на интелигентно отопление чрез софтуер за домашна автоматизация с отворен код ОпенНАВ

В този раздел е описано численото тестване на предложения модел за вземане на решение за избор на платформа при проектиране на домашна IoT автоматизация с отворен код, описан в раздел 2.2 на Глава 2.

#### Входни данни

Приложимостта на описания подход е тествана за апартамент със стаи, чието разпределение и използвани сензори са показани на Фиг. 3.5.

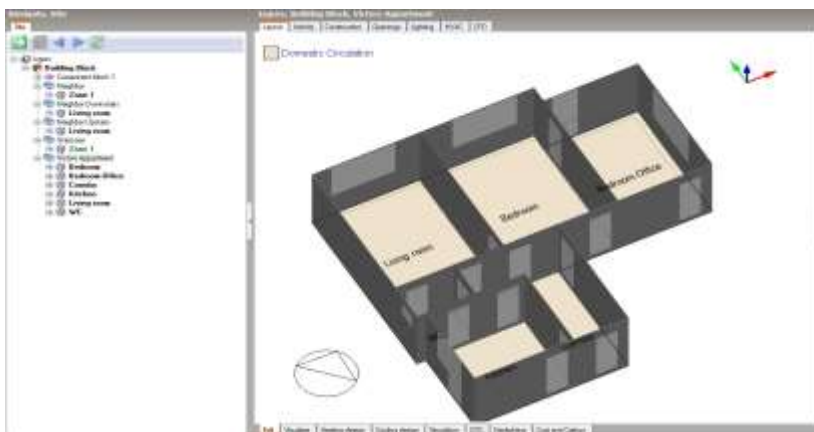


Фигура 3.5 Разпределение на помещения и сензори

Създава се пълен 3D модел с прилежащите вътрешни пространства (Фиг. 3.6) и пълни интериорни и екстериорни спецификации на модела са зададени, като например:

- Настройки за местоположение и въвеждане на данни за климата,
- Данните на сградата – остъкляване, външни стени, скатен/плосък покрив, външен под към въздух/земя и др. Локално засенчване, ако има и т.н.,
- Въвеждане на вътрешни данни – естествена вентилация, температурни зададени точки за отопление/охлаждане, вътрешни натоварвания, инфилтрация,
- Настройка ръчно или автоматизирано (чрез зададени точки/сензори, тристепенно управление и др.).

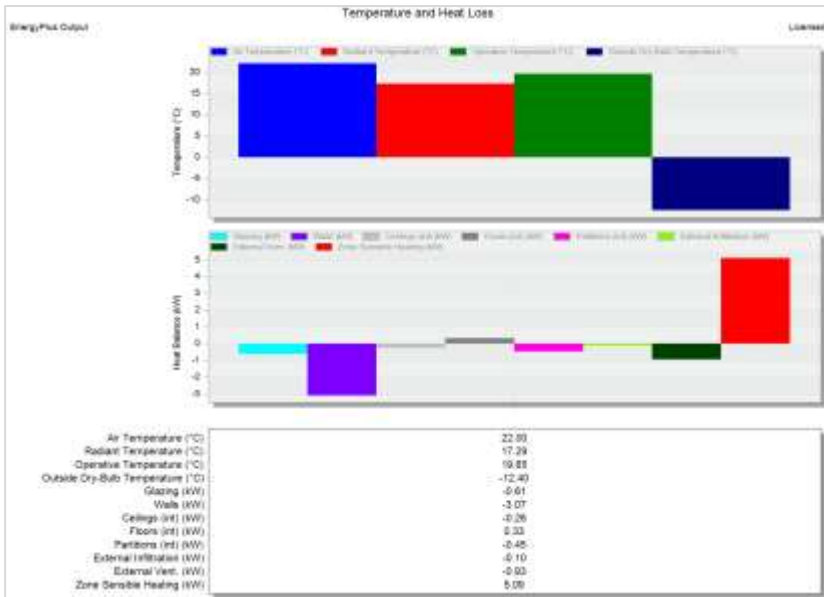
Цифровият близък на апартамент се използва за симулиране на ефекта на цифровата инфраструктура върху отоплителните товари.



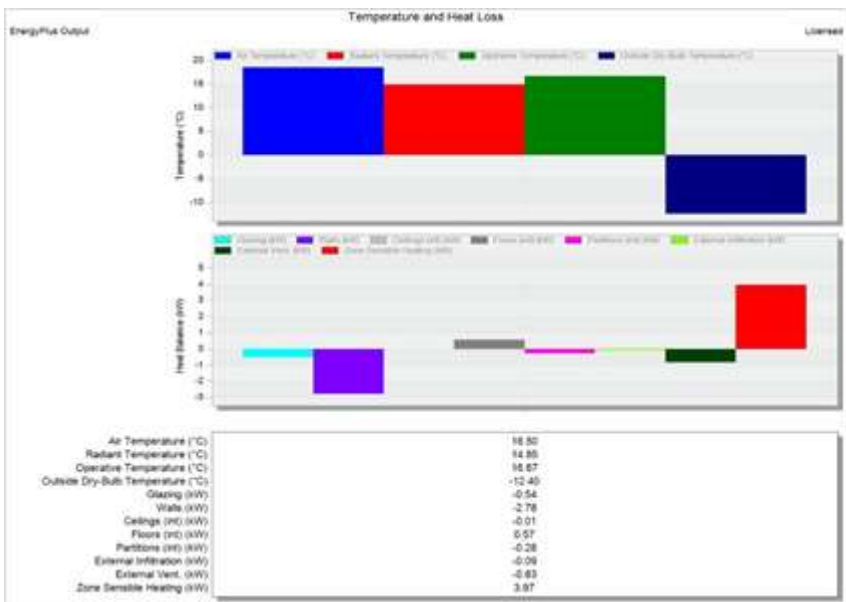
Фигура 3.6. Дигитален модел близък на изследвания единичен апартамент

### Резултати и анализ

Отопителният товар преди прилагането на IoT за цифрова трансформация на дома в интелигентен дом е показан на Фиг. 3.7, докато Фиг. 3.68 илюстрира топлинния товар след прилагане на IoT.

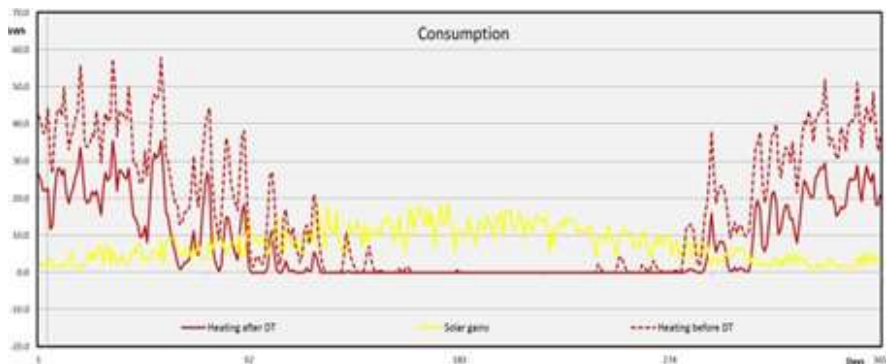


Фигура 3.7. Отоплителен товар преди прилагане на цифрова трансформация



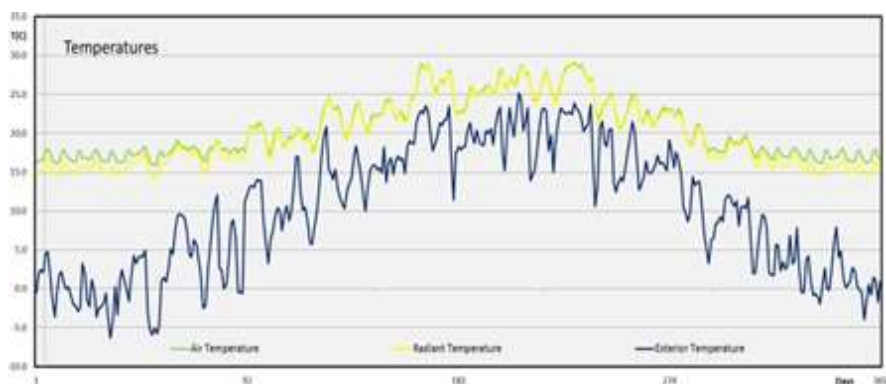
Фигура 3.8. Отоплителен товар след прилагане на цифрова трансформация

Разходът на енергия и в двата случая за едногодишен период е показан на Фиг. 3.9.



Фигура 3.9. Дневна консумация на топлинна енергия за отопление преди и след прилагане на цифрова трансформация (за 365 дни)

Както се наблюдава на графиката, пиковите и спадовете запазват подобни модели за статистически осреднена климатична година, но кривата за дигитално трансформирания дом показва ясно по-ниски дневни нива на потребление. Освен това, външните и вътрешните температури на въздуха, включително повърхностните лъчисти температури, са показани на Фиг. 3.10.



Фигура 3.10. Средни дневни температури на въздуха, лъчиста и външна температура

Всички симулации се правят с помощта на модели EnergyPlus. Трябва да се отбележи, че моделите EnergyPlus се основават на основни принципи на топлинния

*Автореферати на дисертации 2023(10) 34-63*

баланс и разчитат на функция за пренос на проводимост. Едно важно съображение на дигиталната трансформация на апартамента е, че намаляването на зададените температури на отопление води до увеличаване на входящия топлинен поток от съседните апартаменти. Ако зададената температура на отопление се понижи и контролира от домашната автоматизация, апартаментът започва да "извлича" топлина от съседите си и "спестяванията" са значителни (вж. Таблица 3.1) в сравнение с предишното състояние на апартамента.

Таблица 3.1. Сравнение между общото и повърхностното потребление на отопление преди и след цифровизацията с помощта на IoT1

	Отопление преди (tkWh)	Отопление след (tkWh)	Разлика, %
Общо	5925.49	2818.64	47.56
кВтч/м <sup>2</sup>	95.57	45.46	

Основните характеристики на предложената система могат да бъдат обобщени като:

- изчерпателност – системата покрива широк набор от функционалности; универсалност – системата позволява лесно свързване и настройка на различни смарт устройства, разработени от различни производители;
- гъвкавост – лесно за надграждане и подобряване.

### **3.3 Числено тестване на предложения модел за определяне компетентности по IoT базиран на групи от ключови индикатори**

За да се провери приложимостта на предложения математически модел (2.3) – (2.5), описан в раздел 2.3 от Глава 2 на този дисертационен труд, за оценяване на знания на специалисти с цел идентифициране на най-образованите кандидати с възможност за работа в екип, беше проведен експеримент с група от 25 специалисти. Класирането натези специалисти се извършва с помощта на 5-те твърди умения, а именно: сензори и обработка на сигнали (H-1); софтуер: език за програмиране (H-2); комуникационни протоколи (H-3); извличане на данни (H-4); 5) вземане на решения и съставяне на алгоритми (H-5); и 3 меки умения относно; работа в екип (s-1); мотивация (s-2); управление на времето (s-3).

Уменията на тези специалисти се считат за критерии за оценка в класацията. Съответните оценки за твърдите знания ( $eih$ ) и меките умения ( $eis$ ), изразени чрез оценки по отношение на тези умения, са показани в Таблица 3.2.



Таблица 3.2. Оценка на специалисти е към техните умения

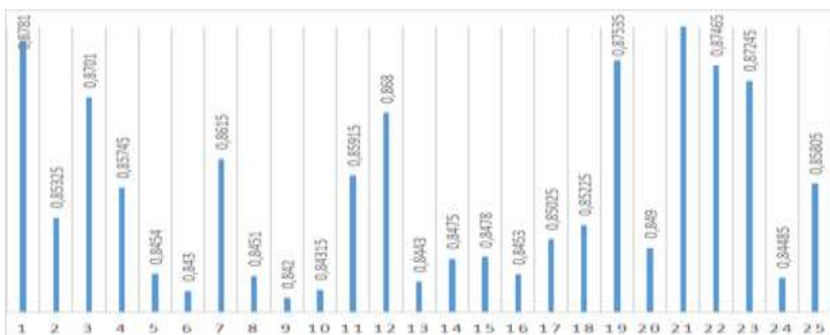
#	Твърди умения					Меки умения		
	Н-1	Н-2	Н-3	Н-4	Н-5	С-1	С-2	С-3
1	0.94	0.78	0.81	0.94	0.86	0.78	0.98	0.91
2	0.95	0.91	0.79	0.87	0.88	0.92	0.75	0.81
3	0.88	0.96	0.79	0.83	0.89	0.95	0.77	0.92
4	0.87	0.93	0.8	0.82	0.89	0.9	0.85	0.81
5	0.91	0.87	0.79	0.86	0.81	0.82	0.92	0.79
6	0.89	0.93	0.78	0.86	0.79	0.89	0.85	0.77
7	0.90	0.93	0.72	0.81	0.79	0.88	0.94	0.86
8	0.80	0.97	0.82	0.78	0.9	0.82	0.9	0.79
9	0.86	0.94	0.86	0.86	0.8	0.79	0.85	0.82
10	0.88	0.87	0.86	0.88	0.76	0.88	0.83	0.8
11	0.89	0.85	0.81	0.89	0.72	0.95	0.86	0.85
12	0.90	0.82	0.78	0.81	0.87	0.88	0.92	0.9
13	0.81	0.86	0.8	0.79	0.88	0.85	0.81	0.92
14	0.79	0.86	0.77	0.83	0.84	0.84	0.88	0.91
15	0.79	0.91	0.87	0.85	0.86	0.93	0.79	0.8
16	0.80	0.78	0.91	0.77	0.86	0.9	0.84	0.86
17	0.87	0.85	0.87	0.84	0.81	0.88	0.91	0.77
18	0.78	0.77	0.95	0.79	0.88	0.81	0.88	0.92
19	0.76	0.80	0.89	0.83	0.86	0.93	0.98	0.86
20	0.79	0.86	0.9	0.8	0.86	0.87	0.91	0.79
21	0.86	0.97	0.8	0.86	0.81	0.88	0.89	0.93
22	0.88	0.92	0.86	0.86	0.78	0.95	0.9	0.82
23	0.89	0.96	0.88	0.81	0.80	0.92	0.81	0.9
24	0.89	0.92	0.89	0.78	0.80	0.91	0.72	0.87
25	0.90	0.87	0.86	0.83	0.77	0.81	0.92	0.88

Наред с оценките за твърдите знания ( $eih$ ) и меките умения ( $eis$ ), е необходимо да се определи и важноста между тях чрез коефициентите ( $\alpha$ ) и ( $\beta$ ), както и стойността за коефициентите  $wh$  и  $ws$ . Три различни случая са идентифицирани и показани в Таблица 3.3.

Таблица 3.3. Коефициенти за твърди и меки умения и тяхното разпределение между критериите

	Случай-1	Случай-2	Случай-3
<b>Твърди умения</b>	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.65$	$\alpha = 0.65$
Н-1	0.2	0.2	0.22
Н-2	0.2	0.2	0.2
Н-3	0.2	0.2	0.22
Н-4	0.2	0.2	0.18
Н-5	0.2	0.2	0.18
<b>Меки умения</b>	$\beta = 0.5$	$\beta = 0.35$	$\beta = 0.35$
С-1	0.33	0.33	0.38
С-2	0.33	0.33	0.20
С-3	0.34	0.34	0.42

Получените резултати за класираните специалисти въз основа на данните от Случай-1 са визуализирани на Фиг. 3.11.



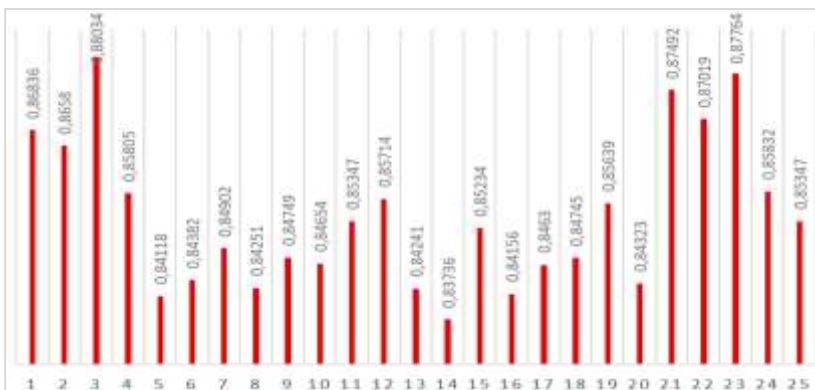
Фигура 3.11. Класиране на специалистите по важност на критериите от Случай-1

Ако стратегията се промени и се използват предпочитанията, представени в Случай-2, тогава класирането на специалистите придобива различен облик, както е показано на Фиг. 3.12.



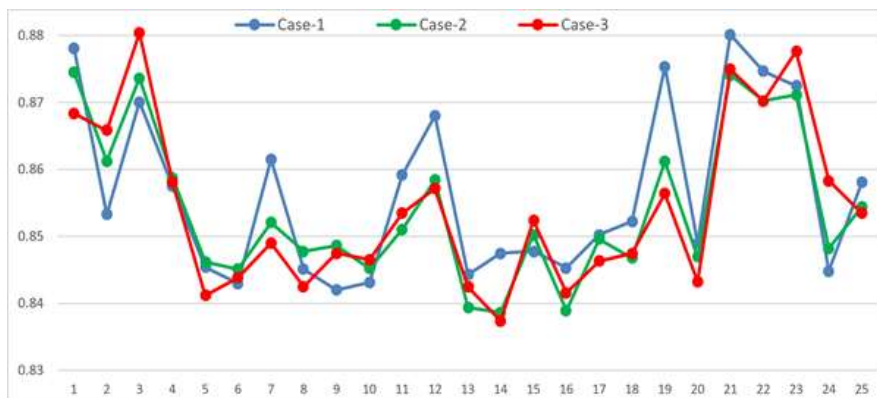
Фигура 3.12. Класиране на специалистите по важност на критериите от Случай-2

Когато се използват предпочитанията, изразени чрез сценария на случай 3, се получава следното класиране на студентите, както е показано на Фиг. 3.13. В тази класация първите най-добри 3 студенти в класацията са следните: студент # 3 с резултат 0,88034, следван от студент #23 с резултат 0,87764, и студент #21 с резултат 0,87492.



Фигура 3.13.Класиране на специалистите по важност на критериите от Случай-3.

Сравнението между класациите на тези специалисти е показано на Фиг. 3.14.



Фигура 3.14.Сравнение на класирането на специалистите

В зависимост от целта на класирането е възможно да се направи подходящ списък за специалисти с повече способности за твърди умения, подходящ списък за специалистите с меки умения или някаква комбинация от твърди и меки умения. Тези списъци могат да се използват, за да се препоръча на конкретни специалисти да намерят подходяща работа, според тяхното ниво на знания и адаптация към работа в екип. Като се имат предвид проблемите на IoT, има някои дейности без изискване за работа в екип като програмиране на сензори или други интелигентни устройства като цяло.

### 3.4 Изводи

В тази глава са описани резултатите от проведените числени експерименти с предложения модел за класиране на софтуерни платформи за домашна автоматизация с отворен код и модел за определяне компетентности по IoT, базиран на групи от ключови индикатори, както и резултати от проведените симулации и реални експерименти от проектираното интелигентно отопление в умна къща, систематизирани като:

- Числено симулиране на предложения проект на интелигентно отопление чрез софтуер за домашна автоматизация с отворен код OpenHAB,
- числено тестване на предложения модел за определяне компетентности по IoT базиран на групи от ключови индикатори.

Описаният подход реализира софтуерна платформа с отворен код като OpenHAB с евтин и високопроизводителен изчислителен хардуер като Raspberry Pi. Получените резултати показват значително намаляване на общото и повърхностното потребление на отопление след дигитализация с използване на IoT, което възлиза на 47%.

Чрез идентифицираните ключови индикатори за измерване на представянето на специалистите в IoT и тяхната способност за работа в екип във формулирания интегриран модел за измерване на представянето на специалистите е показана практическата приложимост на предложения модел за класиране на специалистите. Предимство на предложения подход за моделиране е възможността да се разглеждат твърди и меки умения с различно значение.

#### Основни етапи при изграждането на умен дом

В резултат на проведените изследвания, описани в настоящия дисертационен труд могат да се формулират четири основни етапа/задачи, при реализирането на IoT приложения, както е показано на Фиг. 3.15.



Фигура 3.15. Основни задачи свързани с реализирането на IoT приложения

1) Избора на софтуерна платформа – това е първата основна задача е определяне на конкретна софтуерна платформа, която да се използва за съответната

автоматизирана система. Това е важен етап, тъй като от избора ще се определят и конкретните функционалности и подходящия хардуер за реализация.

2) Модел на цифров близък. На този етап е необходимо да бъде изграден на модел на цифров близък, който да се използва за симулиране на желаната домашна автоматизация. На база на проведените симулации може да се установи дали симулираната система за домашна автоматизация би имала търсената ефективност или не. В случай на положително становище е необходимо да се реализират и съответните софтуерни и хардуерни решения.

3) Определяне на подходящи специалисти. На този трети етап е необходимо да се определят необходимите специалисти с подходящите умения, способни да реализират симулираната система за домашна автоматизация.

4) Практическа реализация. На този етап всичко вече е определено и е необходимо само да бъде реализират съответния проект от определения колектив.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ – РЕЗЮМЕ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ**

Интернет на нещата се основава на използването на различни сензори, многопластова архитектура и набор от комуникационни протоколи, които варират в зависимост от спецификата на системата. Умният дом е една от най-типичните възможности за реализация на концепцията за Интернет на нещата. Това е бързо развиващо направление, което създава предпоставки за повишен комфорт, удобство, сигурност и забавление. Съществуват обаче и предизвикателства, свързани с интелигентните домове, като цена, съвместимост и поверителност, които трябва да бъдат разгледани, за да се гарантира, че умните домове се приемат и използват по отговорен и устойчив начин.

Цифровизацията на технологиите става все по-критична за икономическия прогрес. Това налага да се актуализират много от университетските дисциплини, за да отговорят на нуждите на такива специалисти, способни да разработват и поддържат устройства на IoT. Поради това, в настоящия дисертационен труд са предложени основни решения в областта на IoT, свързани с 1) избора на платформа за домашна автоматизация; 2) модел на цифров близък за целите на симулиране на предложените софтуерни и хардуерни решения, както и 3) модел за определяне на подходящи специалисти, за реализиране на проекти в областта на IoT.

Изборът на платформа за домашна автоматизация е от решаващо значение, тъй

*Автореферати на дисертации 2023(10) 34-63*

като от нея зависи какви функционалности от софтуерна гледна точка ще могат да бъдат реализирани. От този избор също така и зависи и какъв хардуер ще е необходим за реализиране на конкретната домашна автоматизация и в частност автоматизация на отоплението. Като доказателство за ефективността на софтуерната системата и прилежащия хардуер за домашна автоматизация е реализирането на цифров близък, който с достатъчно добро приближение да симулира реалната ситуация. Поради това и в настоящия дисертационен труд, като следваща стъпка след избора на софтуерна платформа е реализиран цифров близък за провеждане на изследванията. Отчитайки необходимите знания и умения за реализирането на домашна автоматизация, базирана на използване на IoT и в частност автоматизация на отоплението на умен дом, е предложен модел за оценка на ключови индикатори за измерване на знанията и уменията за работа в екип. Въз основа на предложените ключови показатели е възможно да се определят подходящите специалисти за реализиране на конкретните задачи за реализирането на конкретен проект, свързан с IoT.

Проведените числени експерименти на предложените модели и алгоритми, включително и предложени модел на цифров близък са реализирани като са използвани реални данни, чрез което се доказва и тяхната практическа приложимост. Получените резултати, описани в дисертационния труд, са отразени в общо 5 научни публикации, като 4 от тях са в издания, реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация – Web of Science и Scopus.

## **НАСОКИ ЗА БЪДЕЩИ ИЗСЛЕДВАНИЯ**

Отчитайки постигнатите резултати в настоящия дисертационен труд, могат да се посочат и някои насоки за бъдещи изследвания и подобрения, свързани със следните направления:

- Интегриране на машинно обучение и изкуствен интелект
- Вземане на решения в реално време
- Вземане на решения, съобразени с контекста
- Многокритериална оптимизация
- Подобрена визуализация и подпомагане на вземането на решения
- Разглеждане на социалните и екологичните въздействия
- Персонализация, ориентирана към потребителя

## СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. **D Danev, V.**, Kirilov, L., Nikolov, R. Creating Smart Home Environment Based on Open Source Home Automation Software. CompSysTech'21: International Conference on Computer Systems and Technologies,'21, June 2021, pp. 81-86, <https://doi.org/10.1145/3472410.3472444> (**Scopus**)
2. **Danev, V.:** The Internet of Things: Description, Applications, Development, Challenges. Problem of Engineering Cybernetics and Robotics, vol. 76, pp. 3-24, 2021, ISSN:2738-7356, <https://doi.org/10.7546/PECR.76.21.01>
3. Borissova, D., **Danev, V.**, Garvanov, M., Yoshinov, R., Garvanov, I.: Identification of the Important Parameters for Ranking of Open-Source Home Automation Platforms for IoT Management. In: Borzemski, L., Selvaraj, H., Świątek, J. (eds) Advances in Systems Engineering. ICSEng 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 364, pp. 310–319, 2022, Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-92604-5\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-030-92604-5_28) (**SJR=0.15**)
4. Borissova, D., **Danev, V.**, Garvanova, M., Garvanov, I., Yoshinov, R.: Key Indicators to Measure Student Performance in IoT and Their Teamwork Ability. In: Auer, M.E., Tsiatsos, T. (eds) New Realities, Mobile Systems and Applications. IMCL 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 411, pp 711–720, 2022, Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-96296-8\\_64](https://doi.org/10.1007/978-3-030-96296-8_64) (**SJR=0.15**)
5. Borissova, D., **Danev, V.**, Rashevski, M., Garvanov, I., Yoshinov, R., Garvanova, M.: Using IoT for Automated Heating of a Smart Home by Means of OpenHAB Software Platform, IFAC-PapersOnLine, Volume 55, Issue 11, 2022, Pages 90-95, ISSN 2405-8963, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.08.054>. (**SJR=0.324**)

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. Ahmed, M.M, Qays, M.O., Abu-Siada, A., Muyeen, S.M., and Hossain, M.L. (2021). Cost-effective design of IoT- based smart household distribution system. Designs, vol. 5(3), 55, <https://doi.org/10.3390/designs5030055>.
2. Arif, S., Khan, M.A., Rehman, S.U., Kabir, M.A., Imran, M.: Investigating smart home security: is blockchain the answer? IEEE Access 8, 117802–117816 (2020). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3004662>
3. Atlam, H., Walters, R., Wills, G.: Internet of Things: State-of-the-Art, Challenges, Applications, and Open Issues. International Journal of Intelligent Computing Research. 9(3), 928-938 (2018).
4. Attaran, M.: The impact of 5G on the evolution of intelligent automation and industry digitization. J. Ambient Intell. Hum. Comput. (2021). <https://doi.org/10.1007/s12652-020-02521-x>
5. Bello, O., Zeadally, Sh., Badra, M.: Network layer inter-operation of Device-to-Device communication technologies in Internet of Things (IoT). Ad Hoc Networks 57, 52-62, (2017), <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2016.06.010>.
6. Danev, V. (2021). The Internet of Things: Description, applications, development, challenges. Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, vol. 76, pp. 3-24, <https://doi.org/10.7546/PECR.76.21.01>.
7. Borissova, D., Cvetkova, P., Garvanov, I., Garvanova, M.: A Framework of Business Intelligence System for Decision Making in Efficiency Management. In: Saeed K., Dvorsky J. (eds) Computer Information Systems and Industrial Management. CISIM 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol. 12133 pp 111-121. Springer, Cham (2020). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-47679-3\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-47679-3_10).
8. Borissova, D., Danev, V., Garvanova, M., Yoshinov, R., and Garvanov, I. (2022). Identification of the important parameters for ranking of open-source home automation platforms for IoT management. In: Borzemski, L., Selvaraj, H., Swiatek, J. (eds) Advances in Systems Engineering. ICSEng 2021. LNNS, vol. 364, pp. 310-319, [https://doi.org/10.1007/978-3-030-92604-5\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-030-92604-5_28).
9. Borissova, D., Dimitrova, Z., Dimitrov, V.: How to Support Teams to be Remote and Productive: Group Decision-Making for Distance Collaboration Software Tools. Information and Security. Digital Transformation, Cyber Security and Resilience 46, 36-52 (2020).
10. Borissova, D., Dimitrova, Z., Garvanova, M., Garvanov, I., Cvetkova, P., Dimitrov, V., Pandulis, A.: Two-stage decision-making approach to survey the excessive usage of smart technologies. Problems of Engineering Cybernetics and Robotics 72, 3-16 (2020). <https://doi.org/10.7546/PECR.73.20.01>.
11. Borissova, D., Keremedchiev, D.: Group decision making in evaluation and ranking of students by extended simple multi-attribute rating technique. Cybern. Inf. Technol. 18(3), 45–56 (2019)
12. Borissova, D., Mustakerov, I.: A concept of intelligent e-maintenance decision making system. Innovations in Intelligent Systems and Applications, 2013 IEEE International Symposium on. 19-21 June 2013, <https://doi.org/10.1109/INISTA.2013.6577668>.
13. Borissova, D.: A group decision making model considering experts competency: an application in personnel selections. Comptes rendus de l'Academie Bulgare des Sciences 71(11), 1520– 1527(2018)



14. Danev, V., Kirilov, L., and Nikolov, R. (2021). Creating smart home environment based on opensource home automation software. In: Int. Conference on Computer Systems and Technologies, CompSysTech'21, pp. 81-86, <https://doi.org/10.1145/3472410.3472444>.
15. Danev, V.: The Internet of Things: description, applications, development, challenges. *Probl. Eng. Cybern. Robot.* 76, 3–24 (2021). <https://doi.org/10.7546/PECR.76.21.01>
16. Diesch, R., Pfaff, M., Krcmar, H.: A comprehensive model of information security factors for decision-makers. *Comput. Secur.* 92, 101747 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.cose.2020.101747>
17. Guliashki, V., Marinova, G., Groumpos, P.: Multi-objective optimization approach for energy efficiency in microgrids. *IFAC-PapersOnLine* 52(25), 477-482 (2019).
18. Guliashki, V.G., and Marinova, G.I. (2020). Optimization approach for improvement of energy efficiency of buildings in a microgrid. In: *IEICE Information and Communication Technology Forum*, [https://doi.org/10.34385/proc.64.ICTF2020\\_paper\\_5](https://doi.org/10.34385/proc.64.ICTF2020_paper_5).
19. Hamza, A.A., Abdel-Halim, I.T., Sobh, M.A., Bahaa-Eldin, A.M.: A survey and taxonomy of program analysis for IoT platforms. *Ain Shams Eng. J.* (2021). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.03.026>
20. Jafari, R., Razvarz, S., Gegov, A., Vatchova, B.: A survey on applications of neuro-fuzzy models. In: *2020 IEEE 10th International Conference on Intelligent Systems*, pp. 148–152 (2020). <https://doi.org/10.1109/IS48319.2020.9200185>
21. Lin, Y.-N., Wang, S.-K., Yang, C.-Y., Shen, V.R.L., Juang, T.T.-Y., Hung, W.-H.: Development and verification of a smart remote control system for home appliances. *Comput. Electr. Eng.* 88, 106889 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2020.106889>
22. Naka, E., Guliashki, V.: Optimization techniques in data management: a survey. In: *7th International Conference on Computing and Data Engineering*, pp. 8–13 (2021). <https://doi.org/10.1145/3456172.3456214>
23. Raju, L., Sowmya, G., Srividhya, S., Surabhi, S., Retika, M.K., and Reshmika Janani, M. (2021). IoT-based home automation using Raspberry Pi. In: *Seyezhai, R., Karuppuchamy, S., Ashok Kumar, L. (eds) Recent Trends in Renewable Energy Sources and Power Conversion*, pp. 155-161, [https://doi.org/10.1007/978-981-16-0669-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-981-16-0669-4_12).
24. Ramlowat, D.D., Pattanayak, B.K.: Exploring the Internet of Things (IoT) in education: a review. In: *Satapathy, S.C., Bhateja, V., Somanah, R., Yang, X.-S., Senkerik, R. (eds.) Information Systems Design and Intelligent Applications. AISC, vol. 863*, pp. 245–255. Springer, Singapore (2019). [https://doi.org/10.1007/978-981-13-3338-5\\_23](https://doi.org/10.1007/978-981-13-3338-5_23)
25. Rashevski, M., Nikolov, R., Danev V. (2019) *Smart Home as a Service: Towards Smart and EnergyEfficient Homes*, LAP LAMBERT Academic Publishing ISBN: 978-6200003072
26. Sharabov, M., Tsochev, G.: The use of artificial intelligence in Industry 4.0. *Problems of Engineering Cybernetics and Robotics* 72, 17-29 (2020). <https://doi.org/10.7546/PECR.73.20.02>.
27. Suresh, P., Daniel, J.V., Parthasarathy, V., Aswathy, R.H.: A state of the art review on the Internet of Things (IoT) history, technology and fields of deployment. In: *Proc. of International Conference on Science Engineering and Management Research (ICSEMR)*, pp. 1-8, Chennai, India (2014). <https://doi.org/10.1109/ICSEMR.2014.7043637>.
28. Vodyaho, A., Yoshinov, R., Zhukova, N., Thaw, A.M., Ahmed, A.S.: Fog oriented model for datacollection in the networks of mobile devices. In: *Proc. of IEEE 10th Int. Conf. on Intelligent Systems*, pp. 421-425, Varna, Bulgaria (2020). <https://doi.org/10.1109/IS48319.2020.9200138>.

# Abstracts of Dissertations

Number 10, 2023

---

INSTITUTE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES  
BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

---

Брой 10, 2023

# Автореферати на дисертации