

*T. V. KOZULIA, A. S. SVIRIDOVA, M. M. KOZULIA*

## **PROBLEMS OF ELICITATION AND ANALYSIS OF REQUIREMENTS TO THE PROGRAM MODULE OF MONITORING ON THE BASIS OF THE CONDITIONS OF COGNITIVE ANALYSIS**

There are risks of obtaining result that does not answer a work purpose statement when developing the software product for new subject area. It is necessary to pay attention on requirements to the software for elimination of such risks. This article is considering questions about collection and analysis requirements to a program module of sea water areas environmental monitoring. Program system «НДС Эколог» for ensuring continuous observation of sea water areas condition is noted by complex structure, high labor intensity of processing, storage and manipulations of data due to their significant amount. The software of this system makes a large-scale program complex for monitoring researches automation. However, according to the preliminary analysis of functionality «НДС Эколог» on quality control of dolphins living environment is not sufficient and need additional module development. Thus, the further development of this monitoring system is associated with the problem of elicitation and analyzing the requirements for the program module for calculating the coastal zones water resources quality. Elicitation requirements to additional program module is carried out on the basis of the standard documentation analysis, business processes of monitoring researches according to program engineering provisions. Identified Requirements are need check on integrity and lack of contradictions in their pithiness for further documenting according to the international recommendations standard about development of requirements specifications to the software IEEE STD 830 1993. To solve the problems of information support and software for integrated monitoring, a matrix of requirements was formed and cognitive modeling was applied. The requirements dependency matrix represents a simple and effective method of contradictions and overlappings identification, in case of simple systems consideration. Cognitive modeling promotes better understanding a problem situation, identification of contradictions and qualitative system analysis. The purpose of modeling consists in formation and specification of a studied object functioning hypothesis which consists of separate subsystems and elements. In this case, the system of requirements should reflect the causal relationships of object elements under study.

**Keywords:** analysis, requirements, software module, dependency matrix, cognitive modeling, environmental monitoring.

*T. V. КОЗУЛЯ, А. С. СВІРІДОВА, М. М. КОЗУЛЯ*

## **ЗАДАЧИ ЗБОРУ ТА АНАЛІЗУ ВИМОГ ДО ПРОГРАМНОГО МОДУЛЮ З МОНІТОРИНГУ НА ОСНОВІ ПОЛОЖЕНЬ КОГНІТИВНОГО АНАЛІЗУ**

При розробці програмного продукту для нової предметної області існують ризики отримання результату, що не відповідає меті технічного завдання. Для усунення таких ризиків необхідно звернути увагу на вимоги до програмного забезпечення (ПЗ). У даній роботі розглянуті питання збору та аналізу вимог до програмного модулю з екологічного моніторингу морських акваторій. Програмна система «НДС Еколог» для забезпечення безперервного спостереження за станом морських акваторій відзначається складною структурою, високою трудомісткістю обробки, зберігання і маніпулювання даних у зв'язку з їх значним обсягом. Програмне забезпечення цієї системи становить масштабний комплекс програм з автоматизації моніторингових досліджень. Однак, за попереднім аналізом функціональних можливостей ПЗ «НДС Еколог» з контролю якості середовища життєдіяльності дельфінів не є достатнім і потребує розробки додаткового модулю. Таким чином, подальший розвиток цієї моніторингової системи пов'язаний з задачею збору та аналізу вимог до програмного модулю з розрахунку якості водних ресурсів прибережних зон. Збір вимог до додаткового програмного модулю проводиться на основі аналізу нормативної документації, бізнес-процесів моніторингових досліджень у відповідності до положень програмної інженерії. Визначені вимоги потребують перевірки на цілісність і відсутність протиріч у їх змістовності для подальшого документування відповідно до міжнародного стандарту рекомендацій з розробки специфікацій вимог до програмного забезпечення IEEE Std 830-1993. Для розв'язання задач інформаційного та програмного забезпечення у комплексному моніторингу було сформовано матрицю залежності вимог та застосовано когнітивне моделювання. Матриця залежності вимог являє собою простий та ефективний метод виявлення протиріч і перекриття, у випадку розгляду нескладних систем. Когнітивне моделювання сприяє кращому розумінню проблемної ситуації, виявленню суперечностей та якісному аналізу системи. Мета моделювання полягає в формуванні та уточненні гіпотези про функціонування досліджуваного об'єкта, який складається з окремих підсистем та елементів. У такому разі система вимог повинна відображати причинно-наслідкові зв'язки елементів досліджуваного об'єкта.

**Ключові слова:** аналіз, вимоги, програмний модуль, матриця залежності, когнітивне моделювання, екологічний моніторинг.

*T. V. КОЗУЛЯ, А. С. СВІРІДОВА, М. М. КОЗУЛЯ*

## **ЗАДАЧИ СБОРА И АНАЛИЗА ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГРАММНОМУ МОДУЛЮ ПО МОНИТОРИНГУ НА ОСНОВЕ ПОЛОЖЕНИЙ КОГНИТИВНОГО АНАЛИЗА**

При разработке программного продукта для новой предметной области существуют риски получения результата, не соответствующего цели технического задания. Для устранения таких рисков необходимо обратить внимание на требования к программному обеспечению (ПО). В данной работе рассмотрены вопросы сбора и анализа требований к программному модулю для экологического мониторинга морских акваторий. Программная система «НДС Эколог» для обеспечения непрерывного наблюдения за состоянием морских акваторий отмечается сложной структурой, высокой трудоемкостью обработки, хранения и манипулирования данных в связи с их значительным объемом. Программное обеспечение этой системы составляет масштабный комплекс программ по автоматизации мониторинговых исследований. Однако, по предварительному анализу функциональных возможностей ПО «НДС Эколог» по контролю качества среды жизнедеятельности дельфинов не является достаточным и требует разработки дополнительного модуля. Таким образом, дальнейшее развитие этой мониторинговой системы связано с задачей сбора и анализа требований к программному модулю по расчету качества водных ресурсов прибрежных зон. Сбор требований к дополнительному программному модулю проводится на основе анализа нормативной документации, бизнес-процессов мониторинговых исследований в соответствии с положениями программной инженерии. Определенные требования нуждаются в проверке на целостность и отсутствие противоречий в их содержании для дальнейшего документирования соответствии с международным стандартом рекомендаций по разработке спецификаций требований к программному обеспечению IEEE Std 830-1993. Для решения задач информационного и программного обеспечения для комплексного мониторинга было сформировано матрицу зависимости требований и применено когнитивное моделирование. Матрица зависимости требований представляет собой простой и эффективный метод выявления противоречий и перекрестий, в случае рассмотрения несложных систем. Когнитивное моделирование способствует лучшему пониманию проблемной ситуации, выявлению противоречий и качественному анализу системы. Цель моделирования заключается в

формирования и уточнения гипотезы о функционировании исследуемого объекта, состоящего из отдельных подсистем и элементов. В таком случае система требований должна отражать причинно-следственные связи элементов исследуемого объекта.

**Ключевые слова:** анализ, требования, программный модуль, матрица зависимости, когнитивное моделирование, экологический мониторинг.

### Introduction.

The urgency of problem tasks regarding the choice of methods and means for developing requirements for an additional program module for monitoring marine waters is directly related to the development of information technology in software engineering.

The process of setting requirements for software, the procedure for their formulation and formation, as well as the existing methods and means of ensuring their quality, as well as the process of developing the software itself, remain unsecured by the fundamental theory and effective methodology. A significant number of studies on the software requirements development, their formulation quality has a chaotic, unsystematic nature. The poor software requirements formulation leads to the appearance from 35% to 55% of all defects and errors of the future software product [1]. The absence of a universal, completed and tested theory and methodology for developing clear and qualitative requirements for software, as well as methods and tools for constructing template requirements that could be applied to both the preparation of user and system requirements formulate the problem of developing software requirements [2].

Comprehensive monitoring of marine areas is characterized by the high systems dimensionality to be studied and quality control, the high handling complexity, storage and manipulation of a large amount of data. Software in this case is a large-scale complex of software modules for the control systems and incoming experimental data processing, observation data, data processing results, etc.

In software engineering field is suggested to obtain the input information according to the requirements developed for this software system. Thus, in the article is set the actual task of collecting and analyzing the program module requirements for monitoring water resources of coastal zones in case of existing software development for marine waters monitoring.

It is proposed to introduce elements of cognitive modeling theory for develop requirements system.

In accordance with the stated purpose of creating a requirements system in the article following tasks are solved:

1) process components description of the of requirements elicitation and analyzing for the additional program module development for the program system «НДС Эколог»;

2) requirements composition are determined for the additional program module development for calculating the coastal zones water resources quality;

3) requirements significance for the software module are established according to cognitive analysis results.

### Characteristics of elicitation bases and requirements analysis.

Software Requirements – a set of characteristics regarding the properties, quality and features of a future software product that needs to be developed or it is at

upgrading process. Software requirements are fixed in the requirements specification, use case diagrams and other artifacts of subject analysis area distinguishing 3 basic classification components of requirements (Fig. 1) [1].

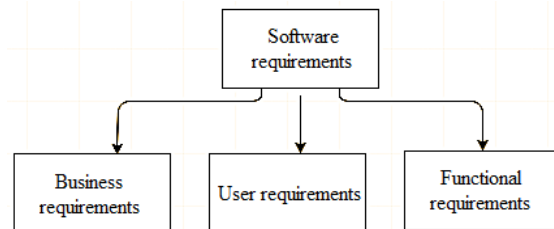


Fig. 1. Basic classification components of requirements

Business requirements determine software purpose, they are detailed in the document about project boundaries.

User requirements establish a set of user tasks that must implement a finished software product, as well as scenarios for their solution in the software hardware system. These requirements have the form of allegations, usage options, user stories, and interaction scenarios.

Functional requirements establish "what" should make a finished software product in the software and hardware system, they are detail described in the software requirements specification [3].

Functional requirements are documented in the software requirements specification, which describes the expected system behavior. Requirements types of by character are distinguished by functional and non-functional ones.

Functional requirements describe the internal system functionality, its behavior: data computation, data exchange and data management, data examination and other specific functions that system must do.

Non-functional requirements regulate the internal and external conditions or attributes of system functioning quality.

In general, functional requirements determine what the system should do, and non-functional ones - how the system should look.

Functional character – requirements for system behavior:

- business requirements;
- user requirements;
- functional requirements.

Non-functional character - requirements to the nature of the system's behavior:

- business rules;
- system requirements;
- quality attributes;
- external systems and interfaces;
- limitations.

Software requirements development is divided into four stages:

- requirements identification;
- requirement analysis;

- requirements documenting;
- requirements verification.

Requirements identification is a process of extracting information from different sources (contracts, materials, analysts, tasks and functions of the system, etc.), conducting technical interviews for formulate separate product and development process. Executor must approve requirements with customer [4].

The main source of requirements for the information system is the considerations expressed by the representatives of the Customer. The problem lies in the fact that requirements are formed for a system that is not yet created and existing, that is the initial subtask solves the problem of designing the program system but Customer representatives are not always competent in this matter. Therefore, together with the requirements witch are expressed by the Customer, it is expedient to collect requirements from other co-owners of the system: analytical executor group employees, external experts, etc.

Requirements elicitation methods:

- interviews, questionnaires;
- brainstorming seminar;
- normative documentation and legislation analysis;
- analysis of business processes.

The requirement detection stage is a divergent process that aims to gather a large amount of information. After identifying the requirements, the analyst has a large amount of various information received in the interview during the survey from questionnaires and other sources.

The obtained information should be clarified, structured, eliminated, duplicated, formulated in the form of requirements and defined their priorities. These tasks solve requirements analysis stage [3].

Requirements analysis is the process of studying users the needs and purposes, classifying and transforming them into system requirements, hardware and software requirements, establishing and resolving conflicts between requirements, defining priorities, system boundaries, and principles for interacting with functioning environment.

The purpose of requirements analysis is obtain clear and consistent requirements on the basis which it is possible to design and develop a software application. At the initial analysis stage, model requirements are created, missing information is determined, requirements are fixed and for each requirement the attributes values are set.

At the requirements analysis, a situation is likely when the requirements collected are incomplete or one requirement is contrary to the other. In this case, the analyst must re-interact with the customer, refine unclear moments, fix everything that is needed by developers and designers to implement these requirements [5].

At the stage of requirements documenting, it is provided a software requirements specification – complete software behavior description that is needed to be developed. This is the base that contains of functional and non-functional (additional) requirements set for the future software product.

Functional requirements describe all user interaction with software, and non-functional requirements impose

restrictions on the software project implementation or software functionality [1].

#### **Module requirements analysis for calculating water quality in coastal zones.**

The following functional and non-functional requirements are proposed to establish for an additional software module, which are in a certain order:

- relational type of DB (R1);
- to build of an ecological balance chart (R2);
- the ecological balance chart should be columnar (R3);
- to enter the seawater collection data (R4);
- the data are stored in the database (R5);
- processing requests to the module for no more than 10 seconds (R6);
- to predict changes in water quality for a month (R7);
- forecast accuracy is not less than 85% (R8);
- forecast chart of water quality changes for a month should be linear (R9);
- to calculate the water quality assessment by a differential method (R10).

The requirements dependence matrix (tab. 1) is formed because all requirements clearly identified and numbered.

Table 1 – Requirements dependence matrix

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
R1					X					
R2										
R3		X								
R4										
R5				X						
R6		X		X			X			X
R7										
R8							X			
R9							X			
R10										

Requirements dependence matrix is a simple but effective method for detecting contradictions and overlaps when the number of requirements is small. Ordered IDs are listed in the column and header row. The remaining cells are indicating that there overlapping or two requirements conflicting or independent of one another (empty cells).

Contradictory requirements need to be discussed with customers and if it possible reformulated to mitigate contradictions. Overlapping requirements should be reworded to exclude coincidences [6].

According to the formed matrix, the requirements for the new program module of the monitoring system do not have contradictions and overlaps (see tab. 1).

#### **Requirements significance for the program module for calculating the coastal zones water resources quality according to cognitive analysis results.**

Cognitive analysis helps to better understand the problem situation, to identify contradictions and to determine the systems qualitative state. The purpose of creating a cognitive model is formulated and refines the

hypothesis about the functioning of the object under study, which consists of relations between subsystems and elements.

In order for understand and analyze the relations between requirements for the software module proposed to build a structural scheme of causal relationships between them [7-9].

The determined interaction of requirements is given in the form of a cognitive map - an oriented graph with weighted arcs of the graph (interaction evaluation or factors influence).

The requirements system behavior analysis takes place in accordance with the structural scheme of the cause-effect system elements relationships (situation factors) [10].

The comparisons matrix was constructed for further requirements advantages analysis (tab. 2).

Table 2 – The comparisons matrix

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
R1					1					
R2										
R3		1/2								
R4										
R5				1						
R6		1/2		1/2			1/2			1/2
R7										
R8							2			
R9							1			
R10										

The matrix uses the following scale of the relative requirements importance:

- 0- variants cannot be compared;
- 1- equaled importance;
- 2- moderate advantage one over another;
- 3- strong advantage one over another.

If the significance of one requirement exceeds the significance of another requirement, then a less significant requirement is assigned a reverse estimate of 1/2 or 1/3. Empty table cells mean zero effect.

A quantitative estimate of the factors influence was obtained as a result of comparisons matrix construction. The requirements system cognitive model with factors is shown on figure. 2.

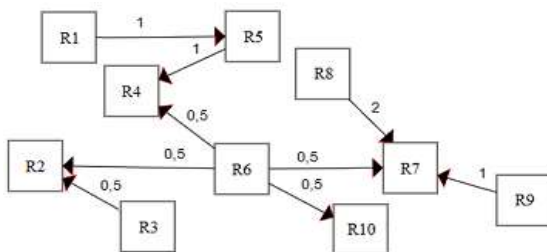


Figure 2 – Cognitive model of the requirements system

There are a number of numerical cognitive models characteristics, which are calculated on the basis of arc weights and used for the subject areas models analysis. To the number of such characteristics are included:

- the influence of one factor on another;
- influence of one factor on a system;
- impact of a system on a factor [11].

The total influence values of the factors on the map and the influence values of the map on factors is calculated for the cognitive model presented in figure. 2. The results of total calculations influences of requirements are given in table. 3.

Table 3 – Influence values

	Influence of factors on the card	Influence of cards on factors
R1	1	
R2		1
R3	1,5	
R4		1,5
R5	0,5	1
R6	2	
R7		3,5
R8	2	
R9	1	
R10		0,5

The scales value of the requirements is shows that the greatest influence on the map are have the factors R6 and R8, and the card is have most influences on the factors R4 and R7. Based on this information, it is a priori determined that at the beginning of the development it is appropriate to take into account the requirements of R6 and R8, and finally is focus attention on requirements R4 and R7.

**Conclusions.**

The article is described the fundamentals characteristics of software requirements collection and analysis, provided a requirements classification, provided an overview of the main methods for requirements elicitation, identifies functional and non-functional requirements for an additional program module for monitoring water resources of coastal zones.

According to the provided information about the requirements for the module, their analysis was conducted for the absence of contradictions and overlaps (see table 1). The problem of requirement analysis for the additional module according to results of cognitive analysis regarding their significance is describes (see figure 2). A description of the requirements influence on the map and the map influence on the requirements is proposed and the priority of attention to them during the software module development is proposed (see table 3).

**References**

1. Грицюк І. Ю., Лешкевич І. Ф. Особливості визначення вимог до програмного забезпечення та проблеми їх аналізу. *Науковий вісник НЛТУ України «Львівська політехніка»*. 2017. № 4, т. 27. С. 148–158.
2. Говорущенко Т. О. *Теоретичні та прикладні засади інформаційної технології оцінювання достатності інформації, щодо якості у специфікаціях вимог до програмного забезпечення*. Хмельницький: ХНУ, 2018. 421 с.
3. Грицюк І. Ю., Немова О. А. Особливості формулювання вимог до програмного забезпечення. *Науковий вісник НЛТУ України «Львівська політехніка»*. 2018. № 7, т. 28. С. 135–148.

4. Дюваль, Поль М. *Непрерывная интеграция. Улучшение качества программного обеспечения и снижение риска: уч. пособие* / ред. В. А. Коваленко. Москва: Вильямс, 2017. 240 с.
5. Геци К., Мандриоли Д., Джазаири М. *Основы инженерии программного обеспечения*. Петербург: БХВ, 2016. 832 с.
6. Брукс Ф. *Мифический человек-месяц или как создаются программные системы*. Петербург: Символ-Плюс, 2015. 304 с.
7. Буров С. В., Пасичник В. В. Побудова програмних систем з використанням онтологічних моделей задач. *Системний аналіз та інформаційні технології. Матеріали доп. учасн. XVI міжнар. наук.-практ. конф.* Київ: ПІСА, 2014. С. 196–198.
8. Сиговцев Г. С., Семенов И. О. Разработка электронного учебного курса с использованием когнитивной карты как модели содержания. *Теория и практика системной динамики. Материалы междунар. науч.-практ. конф. Апатиты, 12 нояб. 2011.* Апатиты, 2012. С. 97–106.
9. Семенов И. О., Сиговцев Г. С. Математическое моделирование в планировании содержания электронного учебного курса. *Современные информационные технологии и ИТ-образование. Материалы междунар. науч.-практ. конф. Петрозаводск, 26 фев. 2012.* Петрозаводск, 2012. С. 134–139.
10. Горелова Г. В. Сложные системы. Когнитивное моделирование. *Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы междунар. науч.-практ. конф. Москва, 13 дек. 2010.* Москва, 2011. С. 80–85.
11. Горелова Г.В. Когнитивный подход к имитационному моделированию сложных систем. *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2013. № 3. С. 239–250.
4. Duval Paul M. *Nepreryvnaya integratsiya. Uluchsheniye kachestva programmnogo obespecheniya i snizheniye riska* [Continuous integration. Improving software quality and reducing risk], uch. posobiye. Moscow, Vilyams Publ., 2017. 240 p.
5. Gaetzi K., Mandrioli D., Jazaieri M. *Osnovy inzhenerii programmnogo obespecheniya* [Basics of software engineering]. St. Petersburg, BHV Publ., 2016. 832 p.
6. Bruks F. *Mificheskyy cheloveko-mesyats ili kak sozdaiutsya programmyye sistemy* [Mythical man-month or how software systems are created]. St. Petersburg, Symvol Plyus Publ., 2015. 304 p.
7. Burov Y. V., Pasichnyk V. V. Pobudova prohrannykh system z vykorystanniam ontolohichnykh modeley zadach [Construction of software systems using ontological models of tasks]. *Sistemnyy analiz ta informatsiyni tekhnolohiyi. Materialy dop. uchasn. XVI mizhnyar. nauk.-prakt. conf.* [System Analysis and Information Technology. Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference]. Kyiv, IPSA Publ., 2014, pp. 196–198.
8. Sigovets G. S., Semenov I. O. Razrabotka elektronnoho uchebnogo kursa s ispol'zovaniem kognitivnoy karty kak modeli soderzhaniya [Development of an electronic training course using a cognitive map as a content mode]. *Teoriya i praktika sistemnoy dinamiki. Materiali mezhdunar. nuch.-prakt. conf. Apatity, 12 nojab. 2011* [Theory and practice of system dynamics. Materials of the international scientific-practical conference, Apatity, 12 nov. 2011]. Apatity, 2012, pp. 97–106.
9. Semenov I. O., Sygovtsev G. S. Matematicheskoye modelirovaniye v planirovaniy soderzhaniya elektronnoho uchebnogo kursa [Mathematical modeling in planning the content of the e-learning course]. *Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii i IT-obrazovaniye. Materiali mezhdunar. nuch.-prakt. conf. Petrozavodsk, 26 Feb. 2012* [Modern information technology and IT education. Proceedings of the international scientific-practical conference. Petrozavodsk, February 26, 2012]. Petrozavodsk, 2012, pp. 134–139.
10. Gorelova G. V. Slozhnyye sistemy. Kognitivnoye modelirovaniye [Complex systems. Cognitive modeling]. *Kognitivnaya nauka v Moskve, novyye issledovaniya. Materialy mezhdunar. nuch.-prakt. conf. Moskva, 13 Des. 2010* [Cognitive science in Moscow: new research. Proceedings of the international scientific-practical conference. Moscow, December 13, 2010]. Moscow, 2011, pp. 80–85.
11. Gorelova G. V. Kognitivnyy podkhod k imitatsionnomu modelirovaniyu slozhnykh system [Cognitive approach to the simulation of complex systems] *Izvestiya YUFU. Tekhnicheskkiye nauki* [News SFU. Technical science]. 2013, no. 3, pp. 239–250.

## References (transliterated)

1. Gritsyuk I. Yu., Leshkevich I. F. Osoblyvosti vizualizatsiyi vymoza do programnoho zabezpechennya problem bezpeky ta yikh analizu [Features of defining requirements for software and problems of their analysis]. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy "Lviv'ska politekhnika"* [Scientific bulletin of Ukraine NLTU "Lviv Polytechnic"]. 2017, no. 4, vol. 27, pp. 148–158.
2. Govoruschenko T. O. *Teoretychni ta prykladni zasady informatsiynoyi tekhnolohiyi otsynuyannya dostatnosti informatsiyi, shchodo yakosti u spetsyfikatsiyakh vymoza do programnoho zabezpechennya* [Theoretical and Applied Fundamentals of Information Technology for Assessing the Sufficiency of Information, on Quality in the Specifications of Software Requirements]. Khmelnytsky, KHNU Publ., 2018. 421 p.
3. Grycyuk I. Y., Nemova O. A. Osoblyvosti formulyuvannya vymoza do programnoho zabezpechennya [Features of software requirements wording]. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy "Lviv'ska politekhnika"* [Scientific bulletin of Ukraine NLTU "Lviv Polytechnic"]. 2018, no. 7, vol. 28, pp. 135–148.

Received 17.05.2019

## Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Козуля Тетяна Володимирівна (Козуля Татьяна Владимировна, Kozulia Tatyana Vladimirovna)** – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5107-9140>; e-mail: mariya.kozulya7@gmail.com

**Козуля Марія Михайлівна (Козуля Мария Михайловна, Kozulia Maria Mikhailovna)** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4090-8481>; e-mail: mariya.kozulya7@gmail.com

**Свіридова Альона Сергіївна (Свиридова Алёна Сергеевна, Sviridova Alyona Sergeevna)** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студентка кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1924-2520>; e-mail: [http.pug@gmail.com](mailto:http.pug@gmail.com)