

І. Я. Співак, С. Я. Крепич, В. І. Горішний

Тернопільський національний економічний університет, Тернопіль, Україна

## ОРГАНІЗАЦІЯ CLOUD-АРХІТЕКТУРИ ДЛЯ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ПРИДАТНОСТІ СТАТИЧНИХ СИСТЕМ

**Анотація.** У статті розглядається підхід до організації Cloud-архітектури для систем забезпечення функціональної придатності статичних систем, а саме виконання системою покладених на неї функцій протягом певного часу та за певних умов експлуатації. У порівнянні з традиційним підходом, хмарне обчислення дозволяє управляти великою інфраструктурою та обслуговувати різні групи користувачів у межах однієї хмари. Вивчаються методи моделювання функціональної придатності статичних систем з акцентом на визначенні показника функціональної придатності, який математично формулюється як оптимізаційна задача з цільовою функцією забезпечення вимог до характеристик системи. Розв'язок задачі забезпечення функціональної придатності як нелінійної оптимізаційної задачі не може бути імплементований на практиці. Тому, оскільки виникає така проблема, доцільно функцію мети задачі забезпечення функціональної придатності формувати виходячи із заданих обмежень на значення вихідних характеристик. У такій постановці задачу забезпечення функціональної придатності можна розв'язати методом аналізу інтервальних даних. Паралельно, при розв'язуванні такої задачі, необхідно обчислити параметри елементів системи у такий спосіб, щоб із врахуванням їх відхилень, які задаються допусками, забезпечити функціональну придатність системи. Зазначені задачі мають надзвичайну практичну цінність, а існуючі методи її розв'язку - високу обчислювальну складність. Звідси можна зробити висновок, що розробка багатокористувацької системи на основі клієнт-серверної хмарної архітектури, яка б дала можливість реалізації з низькою обчислювальною та часовою складністю методів моделювання та забезпечення функціональної придатності статичних систем є актуальною задачею. В статті наведено приклад багатокористувацької програмної системи для різних типів моделей статичних систем, яка дає можливість вивчати дані задач забезпечення функціональної придатності, методів її оцінювання, а також аналізувати результати попередніх обчислень, які зберігаються в хмарі. Результати розробок, подані в статті, можуть бути інтерпретовані для задач моделювання різних типів статичних систем для спрощення їх часової та обчислювальної складності при реалізації.

**Ключові слова:** хмарні технології; функціональна придатність; статичні системи; багатокористувацька система.

### Вступ

Однією з основних властивостей статичних систем є їх функціональна придатність – виконання системою покладених на неї функцій протягом певного часу та за певних умов експлуатації. Для забезпечення функціональної придатності системи необхідним є врахування не лише технічних характеристик системи, а також параметрів компонентів, з яких вона складається.

Існуючі методи для розв'язування задачі аналізу та забезпечення функціональної придатності ґрунтуються на визначенні показника функціональної придатності, який математично формулюється як оптимізаційна задача з цільовою функцією забезпечення вимог до характеристик системи. Для забезпечення функціональної придатності систем широко застосовують градієнтні методи, методи стохастичного програмування та генетичні алгоритми. Однак при проектуванні статичних систем виникає проблема врахування часових змін параметрів та характеристик системи в процесі експлуатації. Також існуючі методи мають високу обчислювальну складність. Проте знедавна широкого застосування набули інтервальні методи аналізу та забезпечення функціональної придатності систем, зокрема метод оцінювання області параметрів багатовимірними еліпсоїдами, але хоча вони і забезпечують оцінювання функціональної придатності системи із заданою точністю, однак не враховують часових змін параметрів компонентів і не дають можливості одночасного знаходження оптимальних параметрів та їх допусків [5–7]. Дослідження існуючих програмних засобів для моделювання та

забезпечення функціональної придатності показало, що вони переважно є вузькоспеціалізованими до певних типів технічних систем чи технологічних процесів, а також характеризуються високою обчислювальною складністю реалізованих у них методів [1–5].

Виходячи із вищезазначеного, **метою даної статті** є розробка багатокористувацької системи на основі клієнт-серверної хмарної архітектури, яка б дала можливість реалізації з низькою обчислювальною та часовою складністю методів моделювання та забезпечення функціональної придатності статичних систем.

### Виклад основного матеріалу

У традиційній постановці, задача забезпечення функціональної придатності - це оптимізаційна задача, в якій цільова функція містить вимоги до характеристик системи. Проте, зазвичай, розв'язок задачі забезпечення функціональної придатності як нелінійної оптимізаційної задачі не може бути імплементований на практиці. Оскільки виникає така проблема, тоді доцільно функцію мети задачі забезпечення функціональної придатності формувати виходячи із заданих обмежень на значення вихідних характеристик. У такій постановці задачу забезпечення функціональної придатності можна розв'язувати методом аналізу інтервальних даних. Паралельно, при розв'язуванні такої задачі, необхідно обчислити параметри елементів системи у такий спосіб, щоб із врахуванням їх відхилень, які задаються допусками, забезпечити функціональну придатність системи. Зазначені задачі мають надзвичайну практичну цінність.

Зважаючи на вищезазначене, в статті пропонуються системи на основі клієнт-серверної хмарної

архітектури для визначення функціональної придатності різних типів статичних систем на основі двох методів: методу забезпечення функціональної придатності статичних систем з оптимізацією їх параметрів на основі аналізу інтервальних даних та методу забезпечення функціональної придатності статичних систем на основі аналізу інтервальних даних з урахуванням одночасного знаходження оптимальних параметрів статичних систем та їх допусків.

Концепція хмарних обчислень істотно змінила традиційний підхід до постачання, управління та інтеграції застосунків. У порівнянні з традиційним підходом, хмарне обчислення дозволяє управляти великою інфраструктурою, обслуговувати різні групи користувачів у межах однієї хмари. Використання хмарних обчислень дозволяє користувачам отримувати доступ до програмного забезпечення та програм, де б вони не знаходилися, а це, в свою чергу, означає, що їм не потрібно турбуватися про такі речі, як зберігання та потужність, вони можуть просто насолоджуватися кінцевим результатом [2].

Оскільки система буде виконувати розрахунково-зберігаючі дії: отримувати дані, опрацьовувати їх за певними алгоритмами та зберігати у постійній базі знань, а потім видавати ці дані на запит користувачів, то постає питання про використання баз даних у проекті та, відповідно, вибору мови програмування, що дозволить легко та без особливих труднощів працювати з базами даних.

Технологія Node.js - це прорив у світі високих технологій, яка дає можливість будувати високонавантажені застосунки з використанням простих механізмів [4]. Node.js - інфраструктура введення/виведення для JavaScript на UNIX-подібних платформах, з відкритим вихідним кодом та необхідними інструментами для легкого створення мережових та серверних застосунків. Особливістю даної технології є наявність пакетного менеджера NPM, який дає можливість підключення до бібліотеки з дуже великою кількістю унікальних модулів, які можуть бути легко використані на початку створення застосунків, платформ та програмного забезпечення. Крім того, всі процеси обробки запитів та операцій введення/виведення побудовані на подіях, а це означає відсутність способу блокування потоку, який на даний момент опрацьовується, оскільки кожна операція в Node.js виконується асинхронно. В якості CASE-засобів було обрано середовище розробки JetBrains PhpStorm та термінал для керування

базами даних. Клієнт побудований з використанням таких технологій як VueJS, Apollo Client. Сервер побудований на основі технології GraphQL, яка дозволяє клієнтам визначати структуру необхідних даних, і аналогічна структура даних повертається з обчислювального сервера, що сильно скорочує час виконання запиту та дозволяє клієнтам вирішувати, які дані потрібні. За рахунок цього уникаються проблеми як із надмірним навантаженням, так із недоотриманням даних. Для збереження даних використовується база даних MongoDB, яка володіє гнучким JSON-форматом документів (а це зручніше, ніж додавання колонок в SQL-базах даних), також відсутність такої функціональності в системі, як створення складних запитів. Складні запити вирішуються на стороні застосунка. Тобто, якщо нам потрібно зробити щось на зразок JOIN, ми можемо зробити запит на вибірку даних, потім вибрати дані по посиланнях, а потім їх обробити на стороні застосунка, оскільки, насправді, для багатьох користувачів розробка application-серверів куди простіше. Детальніше розгляд транзакцій архітектури, зображеної на рис. 1, розглянемо на прикладі задачі “Забезпечення функціональної придатності системи підготовки гіпсоводної суміші в процесі виготовлення гіпсокартону”. Інтервальну модель функціональної придатності технологічного обладнання лінії з виробництва гіпсокартону подано у вигляді [1, 3]:

$$[\hat{t}_{v_i}^-; \hat{t}_{v_i}^+] = [2, 1; 2, 2] + [0, 029; 0, 031] \cdot d - [0, 056; 0, 064] \times \\ \times V_1 + [0, 13; 0, 15] \cdot V_2 - [0, 095; 0, 105] \cdot V_5 - [6, 62; 7, 03] \times \\ \times V_3 + [18, 7; 19, 9] \cdot V_4 - [0, 51; 0, 55] \cdot v_i + [0, 22; 0, 24] \cdot \tau,$$

де параметрами технологічного обладнання є швидкості подачі гіпсу -  $V_1$ , води з розчином крохмалем -  $V_2$ , піноутворювача -  $V_3$ , повітря -  $V_4$  та коректора часу затвердіння -  $V_5$ ; а характеристиками складників для виготовлення гіпсокартону є характеристики гіпсу, яку визначають як діаметр  $d$  плями розтікання фіксованого об'єму гіпсо-водної суміші, характеристики коректора затвердіння  $\tau$ , яка змінюється в залежності від часу зберігання.

Для кожної фіксованої швидкості лінії конвеєра відомі допустимі нижнє та верхнє значення часу затвердіння гіпсового осердя, зокрема для швидкості руху конвеєра 1м/хв., час твердіння гіпсового осердя складає [25;31] хв, для 2 м/хв. - [12,6;15,6] хв. тощо, звідси інтервальна модель (1) набуде такого вигляду:

$$25 \leq [1, 55; 1, 69] + [0, 029; 0, 031] \cdot d - [0, 056; 0, 064] \cdot V_1 + [0, 13; 0, 15] \cdot V_2 - [0, 095; 0, 105] \cdot V_5 - \\ - [6, 62; 7, 03] \cdot V_3 + [18, 7; 19, 9] \cdot V_4 + [0, 22; 0, 24] \cdot \tau \leq 31; \\ 12, 6 \leq [1, 1; 1, 18] + [0, 029; 0, 031] \cdot d - [0, 056; 0, 064] \cdot V_1 + [0, 13; 0, 15] \cdot V_2 - [0, 095; 0, 105] \cdot V_5 - \\ - [6, 62; 7, 03] \cdot V_3 + [18, 7; 19, 9] \cdot V_4 + [0, 22; 0, 24] \cdot \tau \leq 15, 6; \\ \dots \\ 3, 6 \leq [-1, 75; -1, 37] + [0, 029; 0, 031] \cdot d - [0, 056; 0, 064] \cdot V_1 + [0, 13; 0, 15] \cdot V_2 - [0, 095; 0, 105] \cdot V_5 - \\ - [6, 62; 7, 03] \cdot V_3 + [18, 7; 19, 9] \cdot V_4 + [0, 22; 0, 24] \cdot \tau \leq 4, 4; \\ 3, 15 \leq [-2, 3; -1, 88] + [0, 029; 0, 031] \cdot d - [0, 056; 0, 064] \cdot V_1 + [0, 13; 0, 15] \cdot V_2 - [0, 095; 0, 105] \cdot V_5 - \\ - [6, 62; 7, 03] \cdot V_3 + [18, 7; 19, 9] \cdot V_4 + [0, 22; 0, 24] \cdot \tau \leq 3, 85. \quad (2)$$

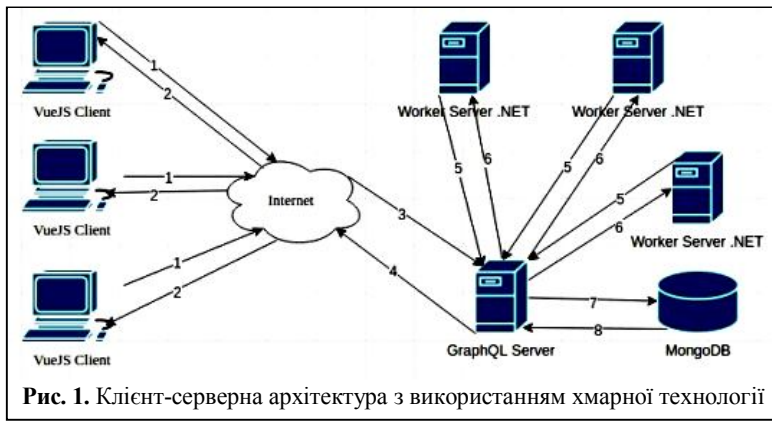


Рис. 1. Клієнт-серверна архітектура з використанням хмарної технології

Ці показники моделі виступають вхідною інформацією для обчислень від користувачів (одного або декількох одночасно) системою. На виході користувач отримує обчислені невідомі параметри та їх допуски. Також вихідною інформацією слугує стан проведення обчислень (час, кількість ітерацій, результат на певний момент часу) по різних типах задач, які описуються у вигляді статичних систем.

Запропонована нами система є унікальною і в тому плані, що дає можливість вивчати дані різних типів задач забезпечення функціональної придатності, а також аналізувати результати обчислень, які зберігаються в хмарі (рис. 2).

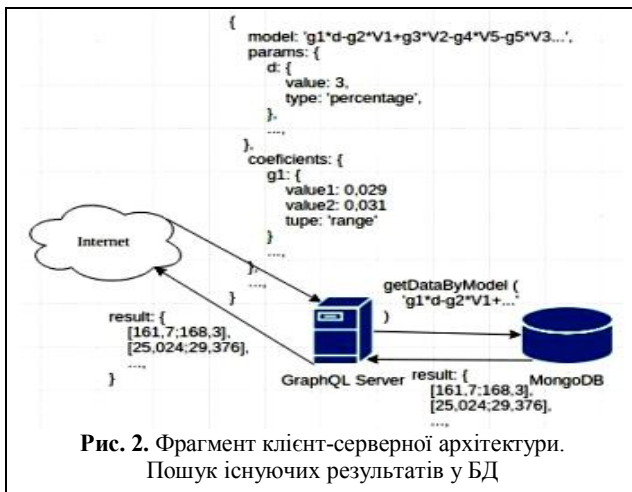


Рис. 2. Фрагмент клієнт-серверної архітектури. Пошук існуючих результатів у БД

На рис. 3 зображено фрагмент архітектури, який демонструє можливості системи, а саме – проведення обчислень методами оцінювання параметрів на основі аналізу інтервальних даних віддаленими обробними серверами на основі знову отриманих даних або використовуючи дані попередніх обчислень на певних ітераціях, які були збережені в хмарі. Особливість даної архітектури – кожний окремий обробний сервер може містити процедури різних обчислювальних методів. Це дає можливість використання такої архітектури великою кількістю різних користувачів, ціль яких – розв’язок задачі забезпечення функціональної придатності статичних систем.

На рис. 4 представлено перший крок розробленого програмного забезпечення для задач забезпечення функціональної придатності статичних систем, а саме - створення нової задачі (модель функці-

ональної придатності лінії по підготовці гіпсової суміші), а також короткий опис її призначення. Головне вікно програмної системи містить інформацію про стан обчислень по всіх задачах, які вже розв’язані або ще в процесі знаходження розв’язку. Задавши структуру моделі і початкові значення вхідних змінних інформація надсилається на обробний сервер, який містить всі процедури методів оцінювання вектора невідомих параметрів. Можливості системи дозволяють переглядати поточні результати під час обчислень, як

це показано на рис. 5.

Кінцевою метою розробки програмної системи є знаходження невідомого вектора параметрів системи із допускками на них, які забезпечують функціональну придатність зазначеної статичної системи, в даному випадку забезпечення функціональної придатності технологічного обладнання лінії по виробництву гіпсокартону, модель якої подана виразом (2) (рис. 6).

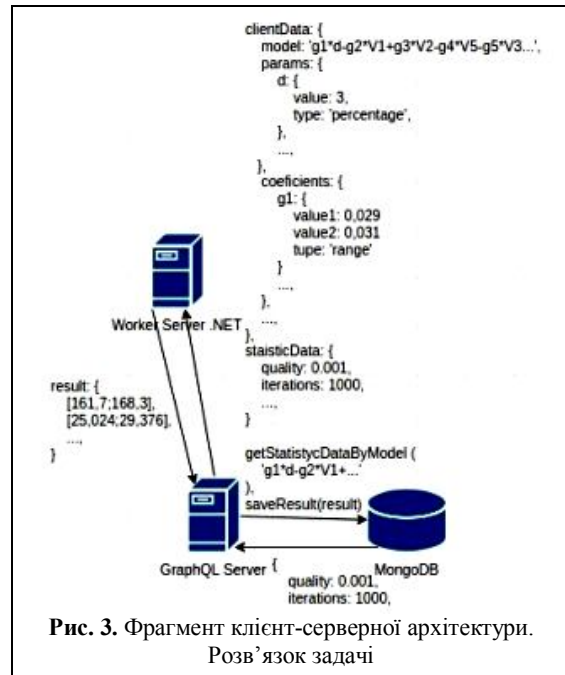


Рис. 3. Фрагмент клієнт-серверної архітектури. Розв’язок задачі

Рис. 4. Форма створення нової задачі

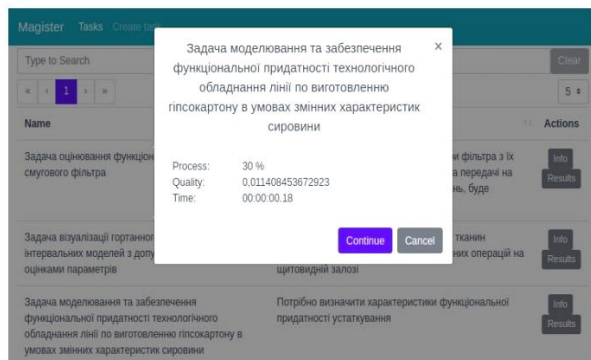


Рис. 5. Перегляд поточного результату

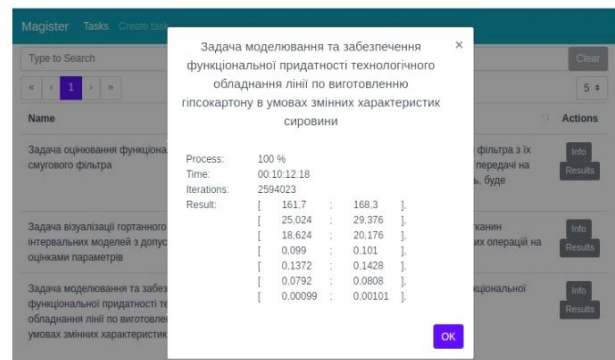


Рис. 6. Перегляд кінцевого результату

## Висновки

Програмних продуктів, які дають можливість оцінювати функціональну придатність статичних систем є багато, однак всі вони винятково спеціалізовані для проектування окремих технологічних процесів.

Іншим недоліком таких програмних комплексів є висока обчислювальна складність реалізованих у них методів та неможливість одночасного знахо-

дження оптимальних параметрів та умов забезпечення заданої функціональної придатності систем. Тому було вирішено розробити, на базі клієнт-серверної хмарної архітектури, універсальний багатокористувацький програмний комплекс для оцінювання вектору параметрів статичних систем на основі аналізу інтервальних даних, який би дав змогу зменшити часові та обчислювальні витрати при розв'язанні задач забезпечення функціональної придатності статичних систем.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Krepych S. The method of providing of functional suitability of elements of the device of formation of signal in electrophysiological way of classification tissues surgical wound / S. Krepych, I. Spivak, A. Dyvak, M. Dyvak // Proc. of XIII-th Int. Conf. on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design MEMSTECH'2017. – Lviv, 2017. – P. 183–186.
2. Горішний В.І. Програмне забезпечення для задач функціональної придатності статичних систем з використанням хмарних технологій / В. І. Горішний, І. Я. Співак, С. Я. Крепич // Актуальні наукові дослідження у сучасному світі. – Переяслав-Хмельницький, 2018. – Вип. 5(37), ч. 9. – С. 119–126.
3. Крепич С. Я. Моделювання та забезпечення функціональної придатності статичних систем методами аналізу інтервальних даних. Дисс. ... канд. техн. наук, Національний університет «Львівська політехніка», 2016.
4. Baranok A. Node.js. Basic concepts and technologies for creating web applications [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://la.by/blog/nodejsosnovnye-ponyatiya-i-tehnologii-sozdaniya-vebprilozheniy>.
5. Співак І. Я. Оцінювання часової складності застосування методу Монте-Карло та інтервального аналізу даних для встановлення функціональної придатності РЕК / С. Я. Крепич, І. Я. Співак // Сучасні комп'ютерні інформаційні технології: Матеріали АСІТ'2013. – Тернопіль: Економічна думка, 2013. – С. 36–37.
6. Крепич С. Я. Порівняльний аналіз методу Монте-Карло та методу довірчих еліпсоїдів при оцінюванні функціональної придатності РЕК / С. Я. Крепич, М. П. Дивак // Індуктивне моделювання складних систем: Зб. наук. пр. – К.: МННЦ ІТС НАН та МОН України, 2013. – Вип. 5. – С. 201–211.
7. Stakhiv P. Evaluation of the functional suitability of the device considering the technological parameters of random deviations from the nominal component aging processes / S. Krepych, P. Stakhiv, Yu. Bobalo // CPEE – AMTEE 2013: Joint conf. Comp. Problems of Electr. Eng. and Advanced Methods of the Theory of Electr. Eng., Roztoky u Křivoklátu, 2013. – P. VII-5.

## REFERENCES

1. Krepych, S., Spivak, I., Dyvak, A. and Dyvak M. (2017), “The method of providing of functional suitability of elements of the device of formation of signal in electrophysiological way of classification tissues surgical wound”, *Proc. of XIII-th Int. Conf. on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design MEMSTECH'2017*, Lviv, pp. 183–186.
2. Horishni V., Spivak, I. and Krepych, S. (2018), “Software for the tasks of functional applications of static systems using cloud technologies”, *Current scientific research in the modern world*, Pereyaslav-Khmelnytsky, Vol. 5 (37)-9, pp. 119–126.
3. Krepych, S. (2016), *Modeling and providing of functional suitability of static systems by methods of analysis of interval data*, Dissertation for technical sciences, National University "Lviv Polytechnic".
4. Baranok, A. (2018), *Node.js. Basic concepts and technologies for creating web applications*, available at: <http://la.by/blog/nodejsosnovnye-ponyatiya-i-tehnologii-sozdaniya-vebprilozheniy>.
5. Spivak, I. and Krepych, S. (2013), “Estimation of the time complexity of the Monte Carlo method and interval analysis of data to establish the functional suitability of the REC”, *Modern computer information technologies: Materials of the Third All-Ukrainian School of Young Scientists and Students' Workshop ACIT'2013*, Economic Thought, Ternopil, pp. 36–37.
6. Krepych, S. and Dyvak, M. (2013), “Comparative analysis of the Monte Carlo method and the method of trusting ellipsoids in evaluating the functional pre-data of REC”, *Inductive Simulation of Complex Systems*, ISSC ITS NAS and Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, No. 5, pp. 201–211.
7. Krepych, S., Stakhiv, P. and Bobalo Yu. (2013), “Evaluation of the functional suitability of the device considering the technological parameters of random deviations from the nominal component aging processes”, *CPEE – AMTEE 2013: Joint conf. Comp. Problems of Electrical Eng. and Advanced Methods of the Theory of Electrical Eng.*, Roztoky u Křivoklátu, pp. VII-5.

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ / ABOUT THE AUTHORS

**Співак Ірина Ярославівна** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук, Тернопільський національний економічний університет, Тернопіль, Україна;

**Iryna Spivak** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computer Science, Ternopil National Economic University, Ternopil, Ukraine;

e-mail: [spivak.iruna@gmail.com](mailto:spivak.iruna@gmail.com); ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4831-0780>

**Крепич Світлана Ярославівна** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри комп'ютерних наук, Тернопільський національний економічний університет, Тернопіль, Україна;

**Svitlana Krepych** – Candidate of Technical Sciences, Lector of the Department of Computer Science, Ternopil National Economic University, Ternopil, Ukraine;

e-mail: [s.krepych@tneu.edu.ua](mailto:s.krepych@tneu.edu.ua); ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7700-8367>

**Горишний Володимир Ігорович** – аспірант кафедри комп'ютерних наук, Тернопільський національний економічний університет, Тернопіль, Україна;

**Volodymyr Horishni** – Postgraduate Student of the Department of Computer Science, Ternopil National Economic University, Ternopil, Ukraine;

e-mail: [horishni@gmail.com](mailto:horishni@gmail.com); ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-8576-7619>

**Организация cloud-архитектуры для систем обеспечения функциональной пригодности статических систем**

И. Я. Спивак, С. Я. Крепыч, В. И. Горишний

**Аннотация.** В статье рассматривается подход к организации Cloud-архитектуры для систем обеспечения функциональной пригодности статических систем, а именно исполнение системой обозначенных для нее функций на протяжении определенного времени и при определенных условиях эксплуатации. В сравнении с традиционным подходом, облачные вычисления позволяют управлять большой инфраструктурой и обслуживать разные группы пользователей в рамках одного облака. Изучаются методы моделирования функциональной пригодности статических систем на основе определения показателя функциональной пригодности, который математически формулируется как оптимизационная задача с целевой функцией обеспечения требований к характеристикам системы. Решение такой задачи обеспечения функциональной пригодности как нелинейной оптимизационной на практике не может быть имплементировано. Поскольку возникает такая проблема, целесообразно функцию цели задачи формулировать исходя из заданных ограничений на значения исходных характеристик. В такой постановке задачи обеспечения функциональной пригодности можно решить методом анализа интервальных данных. Параллельно, при решении такой задачи, необходимо вычислить параметры элементов системы с учетом их отклонений, которые задаются допусками таким образом, чтобы обеспечить функциональную пригодность системы. Такого рода задачи имеют большую практическую ценность, а методы их решения – большую вычислительную сложность. Таким образом, можно резюмировать, что разработка многопользовательской системы на базе клиент-серверной облачной архитектуры, которая даст возможность реализации с низкой вычислительной и временной сложностью методов моделирования обеспечения функциональной пригодности статических систем есть актуальной задачей. В статье приведен пример многопользовательской программной системы для разных видов моделей статических систем с целью изучения типов данных задач обеспечения функциональной пригодности, методов ее оценивания, а также анализировать результаты предыдущих вычислений, которые сохраняются в облаке. Результаты разработок, представленные в статье, могут быть интерпретированы для задач моделирования разных типов статических систем для упрощения их временной и вычислительной сложности при реализации.

**Ключевые слова:** облачные технологии; функциональная пригодность; статические системы; многопользовательская система.

**Cloud-architecture organization for systems of provision of functional suitability of static systems**

I. Spivak, S. Krepych, V. Horishni

**Abstract.** The article deals with the approach to the organization of Cloud-architecture for the systems of providing the functional suitability of static systems, namely implementation the functions of the system during a certain time and under certain operating conditions. Compared to the traditional approach, cloud computing allows to manage a large infrastructure, to serve different groups of users within a single cloud. The methods of modeling the functional suitability of static systems based on the definition of the index of functional suitability, which is mathematically formulated as an optimization problem with the purpose function of providing requirements to the characteristics of the system, are studied. The solution of the task of ensuring the functional suitability as the nonlinear optimization problem cannot be implemented in practice. Therefore, since there is such a problem, it is expedient to form the purpose function of the task of ensuring the functional suitability, based on the given limitations on the value of the output characteristics. In such a statement, the task of ensuring the functional suitability can be solved by the method of interval data analysis. In parallel, when solving this problem, it is necessary to calculate the parameters of the elements of the system in such way, that taking into account their deviations, which are given by tolerances, ensure the functional suitability of the system. These tasks have an extraordinary practical value, and the existing methods of its solution have a high computational complexity. From this, we can conclude that the development of a multi-user system based on client-server cloud architecture, which would enable implementation with low computational and time complexity of the methods of modeling and ensuring the functional suitability of static systems is an actuality task. The article gives an example of multi-user software system for different types of models of static systems, which enables to study the data of various types of tasks of providing the functional suitability, the methods of its estimation, and also to analyze the results of previous calculations, which are stored in a cloud. The development results presented in the article can be interpreted for the tasks of modeling different types of static systems for simplify their time and computational complexity during implementation.

**Keywords:** cloud technologies; functional suitability; static systems; multi-user system.