

A. Yu. Nikitchenko, N. D. Yakovenko, I. M. Sribna, N. Yu. Kondratenko

### IMPACT OF INFORMATION TECHNOLOGY ON THE LIVES OF PEOPLE WITH DISABILITIES

*This article discusses the impact of information technology on the lives of people with disabilities.*

*The latest technologies open wide opportunities for use by people with special needs. In particular, digital technologies are much more important for people with disabilities than for others, because they not only help to make their lives more comfortable, but also provide an opportunity to live as full a life as possible.*

*The aim of the article is to study and analyze the impact of information technology on the lives of people with special needs in the modern world.*

*Mobile applications are one of the most affordable IT products specialized for people with disabilities. The latest IT technologies, such as: speech recognition, the use of various sensors, machine and deep learning of neural networks simplify the lives of people with special needs.*

*People with disabilities face a variety of challenges in today's information space. But modern technology helps them solve many problems. Such technologies are called Assistive Technologies. High-tech assistive technologies open up a large number of opportunities for interaction with the outside world, regardless of the type of disability. For example, by using computer technology for tasks such as reading and writing documents, communicating with other people, and searching for information on the Internet, students and employees with disabilities are able to work independently with a wider range of data.*

*Considering all the facts discussed in this article we can make the following conclusion. The article reviewed and analyzed the impact of IT technologies on the lives of people with special needs in the modern informational environment.*

*We can state for sure that modern society is more than ever integrated into IT technologies. This way, the people with disabilities use IT in their daily lives. Such technologies are created not only to simplify their lives, but also to provide opportunities for comprehensive and full interaction with the outside world. Numerous researches confirmed that the implementation of a simple interface specialized for the specific requirements of people with disabilities makes the use of such applications one of the key stages in attracting people with special needs to the active social life of society.*

**Keywords:** mobile application; people with disabilities; IT technology; Assistive Technologies.

УДК 004.051

DOI: 10.31673/2412-9070.2021.016268

В. Р. МИКОЛАЙЧУК, ст. викладач,

Державний університет телекомунікацій, Київ

## ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ МІСЦЕВОСТІ

*Нині для моніторингу місцевості все частіше використовуються системи, оснащені сканувальним обладнанням та різноманітними давачами. Побудова роботизованої системи моніторингу потребує відповідного наукового обґрунтування. Структура системи передбачає залежність ефективності кожного елемента системи від її просторово-часового розміщення та відповідного розташування цілей моніторингу, тому постає потреба у розробленні математичних моделей структури роботизованої системи моніторингу території та її функціонування, що, зі свого боку, вдосконалив наявну методологію оцінювання ефективності на основі відповідної системи показників та критеріїв. Запропоновано функціональну модель на основі функціонального поля системи з динамічною структурою, яка дасть можливість вирішити проблеми побудови структури системи та оцінити її ефективність, забезпечивши достатню точність результатів та простоту обчислювальних процедур.*

**Ключові слова:** роботизовані системи; моніторинг; ефективність системи; модель системи.

### Вступ

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Роботизовані системи — це складна комбінація апаратних та програмних компонентів, які взаємодіють із реальним світом, імітуючи розумову та фізичну діяльність людини чи тварини. Такі системи зазвичай використовують у ситуаціях, де ускладнене чи неможливе перебування людини, а отже, небезпечних для її здоров'я і життя. У роботі [1] розглянуто визначення оптимальних умов для моніторингу прибережних зон як одне з найважливіших завдань прогнозування морських

стихійних лих. Проект включає в себе розроблення технології моніторингу та прогнозування стану навколишнього середовища прибережної зони за допомогою автономної мобільної роботизованої системи. Досліджено структурний склад роботизованого комплексу для моніторингу прибережних зон, а також надано інформацію про систему моніторингу, систему позиціонування, метеорологічну систему, систему керування транспортними засобами та систему виявлення завад.

Розвиток інтелектуальних систем спостереження є активною сферою досліджень. У цьому кон-

© В. Р. Миколайчук, 2021

тексті мобільні та багатофункціональні роботи зазвичай беруться для зменшення структуризації середовища та кількості пристроїв, потрібних для покриття даної ділянки. Проте кількість різних давачів, установлених на роботі, і кількість складних завдань, пов'язаних із розвідкою, моніторингом та спостереженням, роблять дизайн загальної системи надзвичайно складним. У роботі [2] репрезентовано автономний мобільний робот для спостереження за приміщеннями. Запропоновано систему, здатну одночасно вирішувати завдання загального призначення та складні проблеми спостереження. Показано, що запропонована схема роботизованого спостереження розв'язує низку завдань, пов'язаних із картографуванням середовища, локалізацією та автономною навігацією, а також завданнями спостереження, зокрема обробленням сцени для виявлення покинутих або вилучених об'єктів та виявлення людей.

**Постановка проблеми.** Нині системи, оснащені сканувальним обладнанням та різноманітними сенсорами, все частіше використовують для моніторингу місцевості. Водночас зростаюча потреба в автоматизації спостереження за закритими та відкритими територіями стимулювала розвиток роботизованих систем та мобільних давачів. Побудова роботизованої системи моніторингу потребує відповідного наукового обґрунтування, а отже, зумовлює необхідність розроблення відповідних теоретичних положень, передусім стосовно оцінювання ефективності системи. Оскільки роботизована система моніторингу місцевості має динамічний характер через використання мобільних елементів, це ускладнює оцінювання її ефективності. Структура системи передбачає залежність ефективності кожного елемента системи від його просторово-часового розміщення та відповідного розташування цілей моніторингу. З наведеного випливає потреба розроблення математичних моделей структури роботизованої системи моніторингу місцевості та її функціонування, що дасть можливість забезпечити вдосконалення наявної методики оцінювання ефективності на основі відповідної системи показників та критеріїв.

**Метою статті** є використання функціонального поля системи для оцінювання ефективності роботизованої системи моніторингу місцевості.

#### Основна частина

Визначені підходи щодо формалізації структури системи моніторингу місцевості створюють передумови для отримання очікуваних результатів функціонування системи. Водночас формалізація структури системи не забезпечує можливості визначення ступеня відповідності системи поставленим перед нею цілям. Тому постає потреба у створенні моделі функціонування, яка має забез-

печити вирішення завдання синтезу оптимальної структури системи в прийнятний час на основі методів дискретної оптимізації.

Під функціонуванням системи будемо розуміти процес виконання системою своїх функцій. При цьому функції системи є зовнішніми проявами її властивостей у системі відношень між власне системою, об'єктами впливу та зовнішніми факторами. Зважаючи на той факт, що функціонування системи відбувається на множині об'єктів впливу, функції системи проявляються на елементах зазначеної множини.

Структура системи змінюється в часі та просторі відповідно до зміни просторово-часового розподілу об'єктів впливу. Це призводить до ускладнення формалізації функціонування системи за допомогою наявних методів. З огляду на це далі запропоновано підхід до формалізації функціонування складних технічних систем із динамічною структурою.

Функціонування системи відбувається в середовищі, що може бути формалізоване у вигляді деякого тривимірного евклідового простору  $J$ , який надалі називатимемо простором функціонування системи. Точки простору з відповідними координатами позначимо як  $j(x,y,z)$ . У зазначеному просторі створюється структура системи, внаслідок чого остання набуває потенційної можливості виконувати свої функції за умови потрапляння до простору функціонування об'єктів впливу.

Можливості системи щодо взаємодії з об'єктами впливу будуть залежати від взаємного розташування елементів структури  $\alpha$  системи та елементів  $r$  множини об'єктів  $R$  впливу в просторі  $J$  функціонування. Тому потенціал системи щодо виконання своїх функцій у кожній точці простору  $J$  може бути різним. Уведемо скалярний показник  $u_{0_i}$  потенціалу системи в деякій точці  $j(x,y,z)$  простору  $J$  як здатність системи зі структурою  $\alpha$  виконати свою  $i$ -ту функцію за встановлений проміжок часу  $t_u (i \in N)$ . Фізичним змістом величини  $u_{0_i}$  буде середня кількість подій виконання системою  $i$ -ї функції за умови перебування об'єкта впливу в даній точці  $j(x,y,z)$  протягом часу  $t_u$ . Тоді потенціал системи щодо виконання  $i$ -ї функції за умови знаходження об'єкта впливу в точці  $j(x,y,z)$  протягом часу  $t$  визначатиметься за виразом

$$u_i(t) = u_{0_i} \cdot \frac{t}{t_u}. \quad (1)$$

Будемо вважати, що в разі неможливості виконання системою  $i$ -ї функції  $u_i = 0$ , зі збільшенням здатності системи до виконання даної функції —  $u_i \rightarrow \infty$ . Крім того, визначимо від'ємні значення показника  $u_i$  у разі, коли внаслідок функціонування системи дістаємо ефект, зворотний очікуваному, та вважатимемо, що зі зростанням такої можливості  $u_i \rightarrow -\infty$ . Також можна встановити

поодинокий потенціал, якщо і система здатна одноразово виконати дану функцію в певній точці функціонального простору протягом  $t_u$ . Залежно від умов виконання функцій системи логічно впливають операції додавання та множення потенціалів із властивостями асоціативності та комутативності, а також поняття зворотного потенціалу. Отже, множина потенціалів системи є алгебраїчним полем. Тоді потенціал системи в деякій точці простору можна подати в узагальненому вигляді

$$u(x, y, z) = \sum u_0 + \sum u^+ - \sum u^-, \quad (2)$$

де  $u_0$  — базовий потенціал системи в точці  $j(x, y, z)$ ;  $u^+$  — потенціал у точці  $j(x, y, z)$ , здобутий завдяки динамічним змінам структури системи;  $u^-$  — потенціал у точці  $j(x, y, z)$ , здобутий через вплив негативних факторів, зокрема можливу протидію з боку об'єкта впливу.

Зрозуміло, що значення потенціалу передусім залежатиме від характеристик елементів структури, а також відстані між ними та об'єктом впливу. Отже, з огляду на наведене маємо змогу обчислити вектор відбиття  $h_u$  множини можливих варіантів структур системи  $\{\alpha\}$  на множину значень потенціалів системи в певній точці простору  $J$  (за кожною з функцій системи). Тоді вектор потенціалів системи щодо виконання нею своїх функцій у зазначеній точці на кожний момент часу визначатиметься за системою рівнянь

$$\dot{u} = h_u(\alpha). \quad (3)$$

Тобто можливе визначення векторного поля  $u(x, y, z)$ , що характеризуватиме здатність системи виконувати свої функції в просторі її функціонування. Таке поле пропонується назвати функціональним полем системи.

Потенціальний характер функціонального поля можна подати залежністю

$$u_v = \underset{v}{\text{grad}} u, \quad (4)$$

де  $v$  — вектор швидкості об'єкта впливу в просторі функціонування системи.

Тоді як вектор інтенсивностей потоків подій виконання системою своїх функцій у кожній точці простору функціонування можна дістати з виразу

$$\lambda = \dot{u}. \quad (5)$$

Задані виразами (1) – (5) характеристики функціонального поля системи дають змогу обчислити її потенціал  $U_f$  щодо виконання своїх функцій відповідно до траєкторії  $L$  руху об'єкта впливу в просторі функціонування:

$$U_f = \int_L \lambda \left( \frac{l}{v} \right) d \frac{l}{v} = \int_{\tau_0}^{\tau} \lambda(t) dt, \quad (6)$$

де  $\tau_0, \tau$  — моменти часу, що відповідають перебуванню об'єкта впливу відповідно на початку та в кінці траєкторії  $L$ .

Тоді ймовірність  $P$  виконання системою своїх функцій стосовно кожного з елементів множини об'єктів впливу обчислюватиметься за формулою [3]

$$P = 1 - \exp(-U_f). \quad (7)$$

На основі функціонального поля системи з динамічною структурою можна побудувати функціональну модель системи у вигляді відповідного вектора  $F_g(|F_g| = |R/H|)$  циклічних марковських процесів, структура яких відповідатиме послідовності виконання системою своїх функцій [4]. При цьому інтенсивності потоків переходів однозначно розраховуватимуться за параметрами функціонального поля системи (рис. 1).

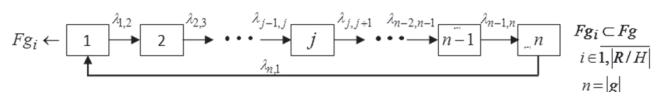


Рис. 1. Граф станів процесу функціонування системи моніторингу місцевості

Проте згідно з виразом (3) функціональне поле системи визначається як відбиття її структури до простору функціонування. Це дає змогу застосовувати доволі прості процедури для опису функціонального поля з огляду на динамічний характер структури системи. Так, потенціал елементів (групи елементів) структури системи може бути обчислено залежністю [4]:

$$u(v) = \iint_{J \cap R} h_u(v) dx dy dz, \quad (8)$$

де  $J \cap R$  — обсяг простору функціонування, в якому перебувають об'єкти впливу; а загальний потенціал системи можна дістати з виразу

$$U(\alpha) = \iint_{J \cap R} h_u(\alpha) dx dy dz. \quad (9)$$

Отже, згідно з наведеним існує можливість установити ізоморфний зв'язок між структурою системи, її функціональним полем та ефективністю системи з динамічною структурою. Тоді, на основі виразів (1) – (9), дістанемо ізоморфний зв'язок між задачами максимізації показника ефективності системи та її загального потенціалу щодо виконання своїх функцій [3]:

$$\max_R W(\alpha) \equiv \max_R U(\alpha). \quad (10)$$

Водночас процедура визначення параметрів функціонального поля системи з динамічною структурою є значно простішою, ніж визначення числових значень показників ефективності системи. Крім того, на основі визначення потенціалів окремих елементів структури системи можливо дійти висновку щодо загальних характеристик її функціонального поля, що дає змогу здійснити процедуру часткового впорядкування [3] множини можливих структур системи.

Також слід зазначити, що максимізацію мінімального потенціалу на множині траєкторій руху об'єктів впливу припустимо використовувати як цільову функцію побудови системи з динамічною структурою.

**Висновки**

У результаті побудови та застосування системи з динамічною структурою в просторі функціонування системи утворюється її функціональне поле. Запропонована функціональна модель (1) – (10) на основі функціонального поля системи з динамічною структурою дасть можливість розв'язувати задачі побудови структури системи та оцінювати її ефективність. При цьому забезпечуватиметься достатня точність здобутих результатів та простота обчислювальних процедур.

**Список використаної літератури**

1. *Autonomous Robotic System for Coastal Monitoring* / A. Kurkin, E. Pelinovsky, D. Tyugin [et al.]

// *Proceedings of the 12th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MED-COAST 2015*. 2015. Vol. 2. P. 933–944.

2. *An Autonomous Mobile Robotic System for Surveillance of Indoor Environments* / D. Di Paola, A. Milella, G. Cicirelli, A. Distanto // *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 2010. №1. С. 19–26.

3. **Кравченко Ю. В., Миколайчук Р. А.** Принципи побудови та застосування системи динамічного мінування // *Труди університету: зб. наук. праць НУОУ*. 2012. №1 (107). С. 146–152.

4. **Павленко В., Тимошенко А., Бескровний О.** Дослідження операцій і методи прийняття технічних рішень. Київ: Ун-т «Україна», 2019. 420 с.

В. Р. Миколайчук

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА МЕСТНОСТИ**

В настоящее время для мониторинга местности все чаще используются системы, оснащенные сканирующим оборудованием и разнообразными датчиками. Построение роботизированной системы мониторинга требует соответствующего научного обоснования. Структура системы предполагает зависимость эффективности каждого элемента системы от ее пространственно-временного размещения и соответствующего расположения целей мониторинга, поэтому необходимо разработать математические модели структуры роботизированной системы мониторинга территории и ее функционирования, что, в свою очередь, усовершенствует существующую методологию оценки эффективности на основе соответствующей системы показателей и критериев. Предложена функциональная модель на основе функционального поля системы с динамической структурой, которая позволит решить проблемы построения структуры системы и оценить ее эффективность. Это обеспечит достаточную точность результатов и простоту вычислительных процедур.

**Ключевые слова:** роботизированные системы; мониторинг; эффективность системы; модель системы.

V. R. Mykolaichuk

**USING A FUNCTIONAL FIELD TO ASSESS THE EFFECTIVENESS  
OF A ROBOTIC TERRAIN MONITORING SYSTEM**

Currently, systems equipped with scanning equipment and a variety of sensors are increasingly used to monitor the area. At the same time, the growing need to automate the monitoring of closed and open areas stimulated the development of robotic systems and mobile sensors. Mobile and multifunctional robots are usually accepted as a means to reduce the structuring of the environment and the number of devices required to perform the tasks. However, the number of different sensors installed on the robotic system and the number of complex tasks related to intelligence, monitoring and surveillance make the design of the overall system extremely complex. Construction of a robotic monitoring system requires appropriate scientific justification. This raises the need to develop appropriate theoretical provisions, especially in relation to assessing the effectiveness of the system. As the robotic terrain monitoring system is dynamic due to the use of mobile elements, it makes it difficult to assess its effectiveness. The structure of the system assumes the dependence of the efficiency of each element of the system on its spatio-temporal location and the corresponding location of the monitoring objectives. The aim of the article is to use the functional field of the system to evaluate the effectiveness of the robotic area monitoring system. From the above it follows the need to develop mathematical models of the structure of the robotic system for monitoring the area and its functioning. Thus, as a result of construction and application of a system with a dynamic structure in the space of functioning of the system, its functional field is formed. A functional model based on the functional field of the system with a dynamic structure is proposed, which will allow solving the problems of building the structure of the system and evaluating its efficiency. The procedure for determining the parameters of the functional field of a system with a dynamic structure is much simpler than determining the numerical values of system performance indicators. This will ensure sufficient accuracy of the results and simplicity of computational procedures.

**Keywords:** robotic systems; monitoring; system efficiency; system model.