

Методи організації просторово-часового множинного доступу в системі мобільної зв'язи/ Н. В. Москалец// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 4(1176). – С.49–58. – Бібліогр.: 15 назв. – ISSN 2079-5459.

The methods of spatial-time multiple access in mobile communication system/ M. V. Moskalets// Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – No 4 (1176). – P.49–58. – Bibliogr.: 15. – ISSN 2079-5459.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Москалец Микола Вадимович – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний університет радіоелектроніки, доцент кафедри телекомунікаційних систем, пр. Науки, 14, м Харків, Україна, 61166; е-пошта: mykola.moskalets@nure.ua.

Москалец Николай Вадимович – кандидат технических наук, доцент, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, доцент кафедры телекоммуникационных систем, пр. Науки, 14, г. Харьков, Украина, 61166; e-mail: mykola.moskalets@nure.ua.

Moskalets Mykola Vadymovych – candidate of technical sciences, associate professor, Kharkov National University of Radioelectronics, associate professor of the department of telecommunication systems, avenue of Science, 14, Kharkov, Ukraine, 61166; e-mail: mykola.moskalets@nure.ua.

УДК 005.8:902.034

А. В. НАДТОЧИЙ

МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В ПРОЕКТАХ ГЛИБОКОВОДНИХ АРХЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ МОРСЬКОЇ РОБОТОТЕХНІКИ

Виконано аналіз існуючих моделей управління ризиками при проведенні глибоководних досліджень з використанням ненаселених підводних апаратів. На підставі виконаних досліджень розроблені моделі управління ризиками в проектах глибоководних археологічних досліджень, які пов'язані з погодними та гідрологічними умовами в районі досліджень, а також технологічним забезпеченням. Зниження вірогідних збитків в запропонованих моделях досягається шляхом мінімізації вартостей носія підводного апарату, підводного апарату та додаткового обладнання і послуг у відповідності до району та вибраної технології досліджень.

Ключові слова: управління ризиком проекту, моделювання, підводна археологія, телекерований ненаселений підводний апарат.

Выполнен анализ существующих моделей управления рисками при проведении глубоководных исследований с использованием необитаемых подводных аппаратов. На основании выполненных исследований разработаны модели управления рисками в проектах глубоководных археологических исследований, связанных с погодными и гидрологическими условиями в районе исследований, а также технологическим обеспечением. Снижение возможных убытков в предложенных моделях достигается путем минимизации стоимости носителя подводного аппарата, подводного аппарата и дополнительного оборудования и услуг в соответствии с района и выбранной технологии исследований.

Ключевые слова: управление риском проекта, моделирование, подводная археология, телеуправляемый необитаемый подводный аппарат.

The analysis of existing risk management models at underwater works using marine robotics is conducted. Leading role of underwater remotely operated vehicle in underwater archaeological research is shown. The structure of risk management model in underwater archeology projects related to weather and hydrological conditions in the investigated area is developed. The basis of the model is selection process of timing of deep archaeological researches, which are favorable for meteorological and hydrological conditions and satisfy the conditions to ensure the minimum cost of the project by defining rational terms of attracting, underwater remotely operated vehicles, vessels and their crews. The structure of risk management model is developed for risks associated with technological support of underwater archaeological research. The initial data for the model is the task to conduct archaeological research, geographic coordinates and its timing. The key parameters of the model are information about characteristics of investigated artifacts, their value for classification features. The model assumes a sequence of iterative processes in pre-development of technology for underwater archaeological research, as well as determining required characteristics of robotics, support vessels and additional equipment on its basis.

Keywords: project risk management, modeling, underwater archeology, underwater remotely operated vehicle.

Вступ. Результати виконання проектів суттєво залежать від ефективності розробленої і прийнятої системи проектного менеджменту, яка впливає на організаційне та техніко-технологічне забезпечення проектів, їх вартість, якість та терміни виконання [1, 2].

Досвід управління проектами показує, що в більшості випадків фактор предметного поля проекту потребує вдосконалення або розробки нових методів та моделей управління ризиками, які враховують особливості цільової спрямованості проектів [3, 4].

Підводна археологія, яка базується на використанні телекерованих ненаселених підводних апаратів (НПА), інтенсивно розвивається у провідних морських країнах світу, а також за останні роки почала за

стосовуватись в Україні [5–9]. Її застосування забезпечує наукові дослідження підводної культурної спадщини та, разом з тим, як і всі глибоководні проекти, супроводжується значною кількістю ризиків [10–13]. Ці обставини актуалізують потребу вирішення низки питань теоретичного і прикладного характеру їх ідентифікації, якісного та кількісного аналізу, створення моделей та механізмів управління ними.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На теперішній час існує велика кількість методологій управління проектами, в рамках яких питанням управління ризиками приділяється значна увага. При цьому, визначені в них моделі носять інтеграційний характер і потребують їх диференціації та удосконалення. При

© А. В. Надточий. 2016

проектуванні та виконанні проектів глибоководних археологічних досліджень (ГД) відомі моделі та механізми управління ризиками потребують критичного аналізу з метою визначення їх прийнятності до проектів глибоководних археологічних досліджень.

В роботі [10] визначені ризики, пов'язані з програмним забезпеченням, навігаційною системою, командою проекту. До основних ризиків відносять ризики, пов'язані з погодними та гідрологічними умовами досліджень, із працездатністю енергетичного обладнання, ризики зіткнення НПА при спусках з судна-носія, ризики втрати НПА та послідовних його пошуків тощо. Зменшення технічних ризиків пропонується виконувати за «спіральною моделлю», яка полягає в ітераційному підході до проектування НПА та може бути застосована при управлінні ризиками глибоководних археологічних досліджень. В якості заходів щодо зменшення операційних ризиків пропонується виконувати планування бюджету проекту в розрізі більш ретельної підготовки операторів, що також прийнятно для ГД. В роботі [11] запропоновано заходи щодо процесів управління ризиками, які базуються на співробітництві замовника та технічної команди проекту. Модель враховує досвід технічної команди та замовника, що є одним з основних підходів до проектного менеджменту. У роботах [12, 13] визначено ризик зіткнення НПА з елементами трубопроводів, наводяться наслідки зіткнення та деякі заходи щодо їх зменшення, які слід врахувати при розробці моделей управління ризиками при виконанні глибоководних археологічних досліджень.

Виконаний аналіз результатів досліджень доводить, що на теперішній час практично не існує комплексного вирішення завдання управління ризиками в проектах глибоководних археологічних досліджень.

Мета роботи – розробка та вдосконалення моделей управління ризиками, що виникають в проектах глибоководних археологічних досліджень з використанням телекерованих ненаселених підводних апаратів.

Дослідження ризиків при застосуванні засобів морської робототехніки. Одними з основних ризиків, які виникають під час проведення глибоководних досліджень, слід вважати ризики, пов'язані з погодними та гідрологічними умовами. Визначені ризики обумовлюються відсутністю необхідних інформаційних ресурсів, помилками планування робіт, відсутністю досвіду роботи команди проекту та призводять до відмови від проекту, збільшення бюджету, термінів проекту та втрати артефакту. Проведений аналіз підходів та рішень управління ризиками в проектах глибоководних досліджень дозволив розробити модель управління вищезначеними ризиками (рис. 1), яка дозволяє мінімізувати їх вплив на проект.

В основу моделі управління ризиками, пов'язаними з погодними та гідрологічними умовами, покладені процеси вибору таких термінів проведення глибоководних археологічних досліджень, які сприятливі за метеорологічними і гідрологічними умовами та задовольняють умовам забезпечення мінімальної вартості проекту ($C \rightarrow \min$) за рахунок визначення раціональних термінів залучення до ГД носія НПА, НПА та команди, що його обслуговує, а також додаткових послуг, пов'язаних з виконанням проекту.

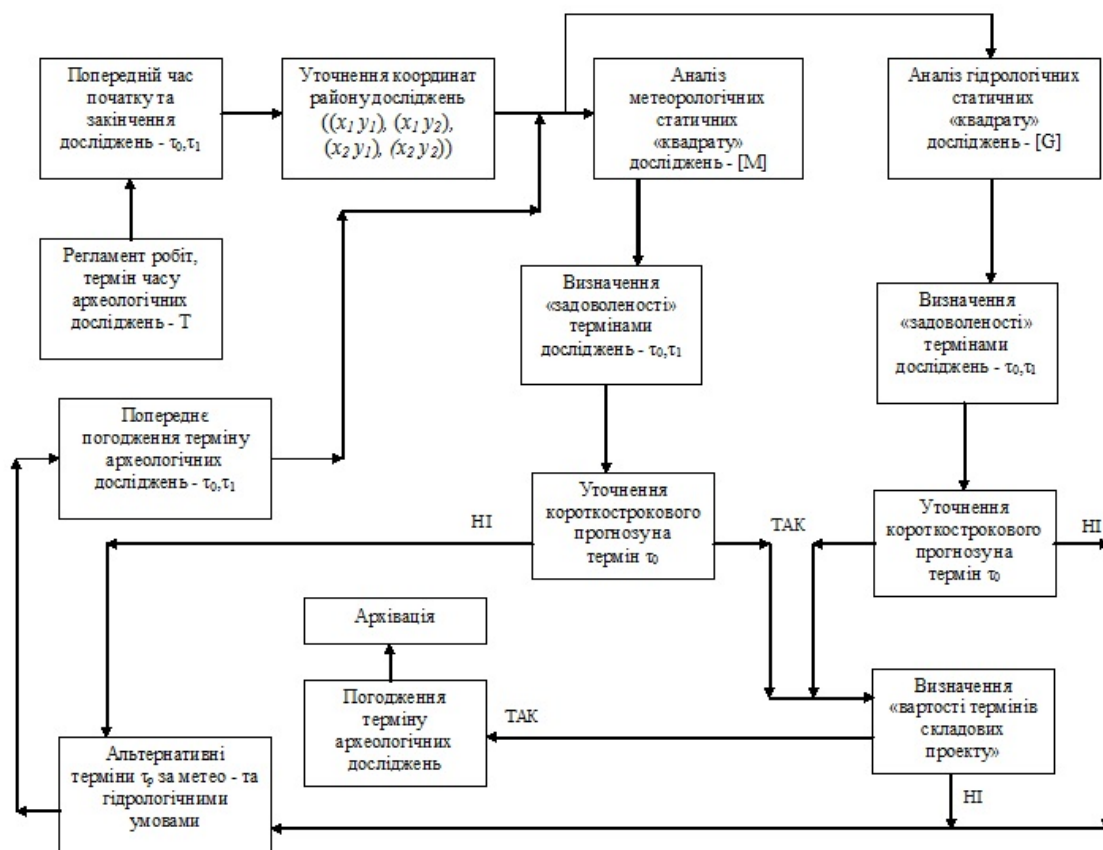


Рис. 1 – Структура моделі управління ризиками, пов'язаними з погодними та гідрологічними умовами

У відповідності до моделі за розробленим регламентом робіт визначається необхідний термін часу для проведення глибоководних археологічних досліджень – T_i , де i – порядковий номер можливого варіанту проведення ГД.

При статистичному дослідженні метеорологічні та гідрологічні умови в загальному випадку є функцією координат проведення глибоководних археологічних досліджень та їх попередньо визначеного терміну:

$$[M],[G] = f(((x_1 y_1), (x_1 y_2), (x_2 y_1), (x_2 y_2))), \quad (1)$$

де $[M],[G]$ – множина метеорологічних та гідрологічних умов; $((x_1 y_1), (x_1 y_2), (x_2 y_1), (x_2 y_2))$ – координати району досліджень; τ_0, τ_1 – попередній час початку та закінчення виконання досліджень, відповідно.

При попередньо визначеному часу початку τ_0 та закінчення виконання досліджень τ_1 за допомогою різного роду інформаційних систем [14–16] та наявних карт гідрологічних умов в районі досліджень проводиться аналіз статистичних даних прогнозованих показників множин $[M],[G]$ на їх відповідність до умов, визначених у розробленому регламенті робіт. При цьому, їх відповідність визначається на перспективу та на короткостроковий термін з врахуванням тенденцій змін метеорологічних та гідрологічних умов в районі досліджень:

$$M_{\tau_0, \tau_1} = \begin{bmatrix} I^H(\tau_0, \tau_1) \\ \dots \\ I^S(\tau_0, \tau_1) \end{bmatrix}, \quad progn M_{\tau_0, \tau_1} = \begin{bmatrix} I^H(\tau_0), I^H(\tau_1), \dots, I^H(\tau_1) \\ \dots \\ I^S(\tau_0), I^S(\tau_1), \dots, I^S(\tau_1) \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$G_{\tau_0, \tau_1} = \begin{bmatrix} Y^H(\tau_0, \tau_1) \\ \dots \\ Y^S(\tau_0, \tau_1) \end{bmatrix}, \quad progn G_{\tau_0, \tau_1} = \begin{bmatrix} Y^H(\tau_0), Y^H(\tau_1), \dots, Y^H(\tau_1) \\ \dots \\ Y^S(\tau_0), Y^S(\tau_1), \dots, Y^S(\tau_1) \end{bmatrix}, \quad (3)$$

де $M_{\tau_0, \tau_1}, G_{\tau_0, \tau_1}, progn M_{\tau_0, \tau_1}, progn G_{\tau_0, \tau_1}$ – множини метеорологічних та гідрологічних умов, які визначені в регламенті проведення ГД, та прогнозовані множини метеорологічних та гідрологічних умов, відповідно; $I^H(\tau_0, \tau_1), \dots, I^S(\tau_0, \tau_1), Y^H(\tau_0, \tau_1), \dots, Y^S(\tau_0, \tau_1)$ – показники метеорологічних та гідрологічних умов, які визначені в регламенті проведення ГД, $I^H(\tau_0), I^H(\tau_1), \dots, I^S(\tau_0), I^S(\tau_1), \dots, Y^H(\tau_0), Y^H(\tau_1), \dots, Y^S(\tau_0), Y^S(\tau_1), \dots, Y^S(\tau_1)$ – про-

гнозовані показники метеорологічних та гідрологічних умов за термін T ($\tau_0 \dots \tau_1$) проведення ГД.

В разі незадоволення термінами робіт генеруються альтернативні терміни початку та закінчення робіт, які виступають вихідними даними для нового циклу роботи моделі. Якщо терміни проведення ГД за метеорологічними та гідрологічними показниками задовольняють прийнятим в регламенті робіт, моделлю управління ризиками передбачається визначення «вартості термінів складових проекту», тобто визначення вартості основних технічних ресурсів, необхідних для проведення досліджень, та їх відповідність умовам:

$$C_n = f(T_i) \leq \max C_n, \quad C_{нна} = f(T_i) \leq \max C_{нна}, \quad (4)$$

$$C_d = f(T_i) \leq \max C_d,$$

де $C_n, C_{нна}, C_d$ – вартість носія, вартість НПА та команди, що його обслуговує, а також вартість додаткового обладнання та послуг, що пов'язані з виконанням проекту ГД у визначений термін початку τ_0 та закінчення робіт τ_1 ; $\max C_n, \max C_{нна}, \max C_d$ – максимально припустимі вартості складових бюджету проекту: носія, вартості НПА та команди, що його обслуговує, а також вартості додаткових послуг, пов'язаних з виконанням проекту ГД.

В разі виконання умов, терміни погоджуються, включаються до моделей визначення бюджету часу проведення ГД та архівуються. В разі незадовільних результатів порівняльного аналізу пропонується новий цикл моделювання з альтернативними варіантами можливих носіїв, НПА та членів команди, додаткового обладнання та послуг, термінів робіт.

Задача вибору термінів проведення ГД може налічувати процеси оптимізації вибору мінімальних значень вартостей:

$C_n(T_i) \rightarrow \min, C_{нна}(T_i) \rightarrow \min, C_{до}(T_i) \rightarrow \min$ при наявності відносно значної кількості носіїв, НПА та додаткового обладнання.

Слід відмітити, що показники метеорологічних та гідрологічних умов носять вірогідний характер, що потребує максимально можливого отримання кількості їх значень в районі досліджень на вірогідний період проведення глибоководних археологічних досліджень.

Серед визначених ризиків, які виникають при глибоководних археологічних дослідженнях, слід відмітити ризики, пов'язані з їх технологічним забезпеченням. Збитки від настання цих ризиків є наслідком помилок планування робіт та призводять до збільшення бюджету і термінів проекту, втрати артефакту, тощо. Виконаний аналіз існуючих моделей управління ризиками дозволив розробити модель управління ризиками, пов'язаними з технологічним забезпеченням ГД (рис. 2).

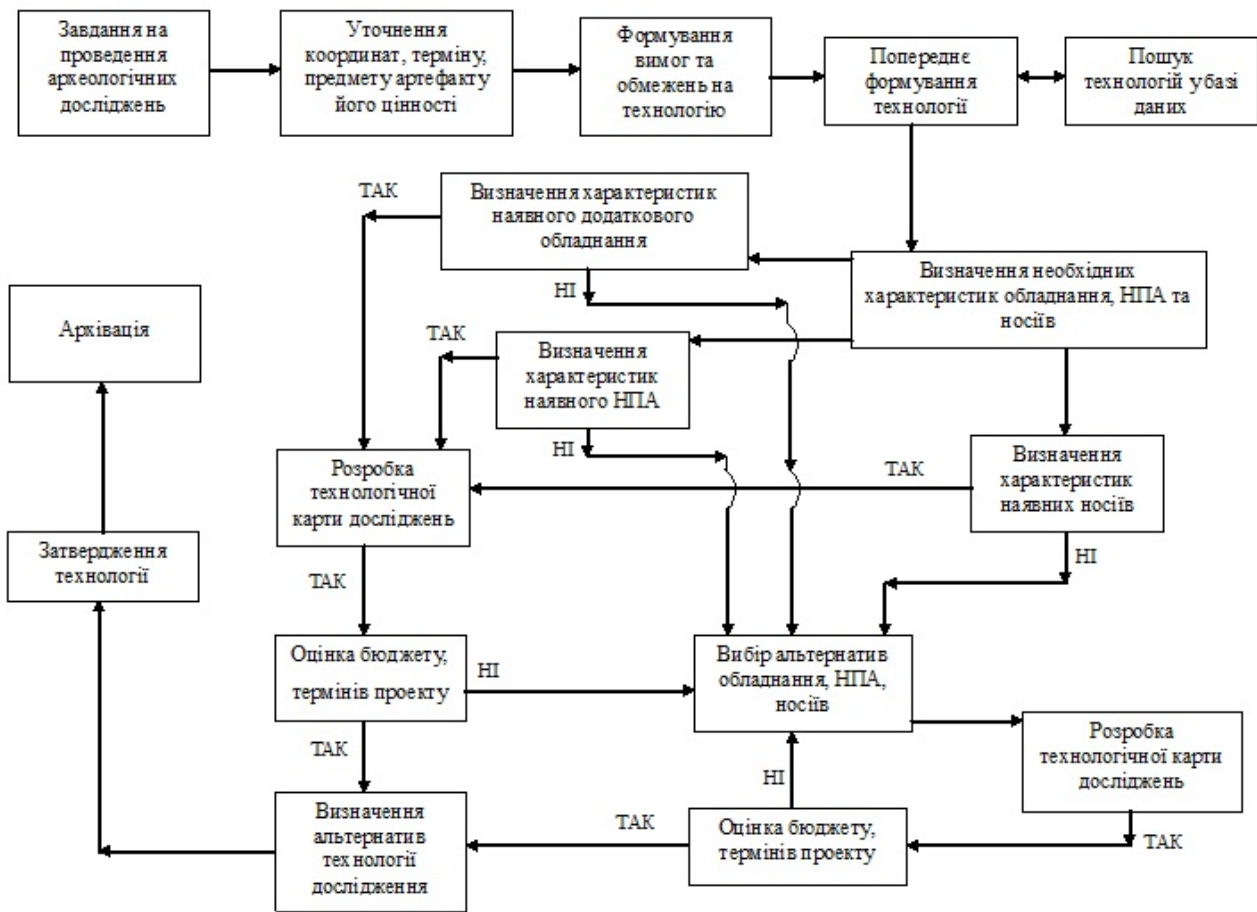


Рис. 2 – Структура моделі управління ризиками, пов’язаними з технологічним забезпеченням

Вихідними даними для користування моделлю слід вважати завдання на проведення ГД, координати проведення досліджень $((x_1, y_1), (x_1, y_2), (x_2, y_1), (x_2, y_2))$ термін їх виконання (τ_0, τ_1) . Ключовим фактором, який впливає на визначення технології проведення ГД слід вважати інформаційну складову про предмет артефакту, його основні характеристики $[A]$ та рівень його цінності за класифікаційними ознака-

$$N_H = \begin{bmatrix} S_i^H, S_{i+1}^H, \dots, S_{i+n}^H \\ \dots \\ P_i^H, P_{i+1}^H, \dots, P_{i+n}^H \end{bmatrix}, N_{НПА} = \begin{bmatrix} S_i^{НПА}, S_{i+1}^{НПА}, \dots, S_{i+n}^{НПА} \\ \dots \\ P_i^{НПА}, P_{i+1}^{НПА}, \dots, P_{i+n}^{НПА} \end{bmatrix}, N_{ДО} = \begin{bmatrix} S_i^{ДО}, S_{i+1}^{ДО}, \dots, S_{i+n}^{ДО} \\ \dots \\ P_i^{ДО}, P_{i+1}^{ДО}, \dots, P_{i+n}^{ДО} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

де $N_H, N_{НПА}, N_{ДО}$ – множини структурно-параметричних показників носія, НПА та додаткового обладнання за визначеною технологією ГД, відповідно; $S_i^H, S_{i+1}^H, \dots, S_{i+n}^H$ – структурні показники носія, $P_i^H, P_{i+1}^H, \dots, P_{i+n}^H$ – параметричні показники носія, за визначеною технологією ГД; $S_i^{НПА}, S_{i+1}^{НПА}, \dots, S_{i+n}^{НПА}$ – структурні показники НПА, $P_i^{НПА}, P_{i+1}^{НПА}, \dots, P_{i+n}^{НПА}$ – параметричні показники НПА, визначені за технологією ГД;

ми $Q_i = f[A]$. Тобто $Z = f(Q_i)$, де Z – варіант технології проведення ГД. Моделлю передбачена послідовність ітераційних процесів попередньої розробки технології проведення глибоководних археологічних досліджень, а також визначення на її підставі необхідних структурно-параметричних показників НПА, носіїв НПА та додаткового обладнання:

$S_i^{ДО}, S_{i+1}^{ДО}, \dots, S_{i+n}^{ДО}$ – структурні показники додаткового обладнання, $P_i^{ДО}, P_{i+1}^{ДО}, \dots, P_{i+n}^{ДО}$ – параметричні показники додаткового обладнання, визначені за технологією ГД.

Визначені показники є базою для перевірки структурно-параметричних показників носіїв, НПА та додаткового обладнання, встановлених за моделлю управління ризиками, пов’язаними з погодними та гідрологічними умовами. В разі, якщо вони задовольняють вимогам та обмеженням на технологію проекту вони виступають основою для розробки технологічної карти досліджень, в протилежному випадку –

формується альтернативні варіанти носіїв, НПА та додаткового обладнання, цикл процесів повторюється до моменту можливого прийняття їх структурно-параметричних характеристик.

Після процесу розробки технологічної карти досліджень, аналогічно до моделі управління ризиками, пов'язаними з погодними та гідрологічними умовами, виконується перевірка відповідності вартості основних ресурсів, необхідних для проведення досліджень, за прийнятною технологічною картою:

$$\begin{aligned} C_H &= f(Z_i) \leq \max C_H, \\ C_{НПА} &= f(Z_i) \leq \max C_{НПА}, \\ C_{ДО} &= f(Z_i) \leq \max C_{ДО}, \end{aligned} \quad (6)$$

де – варіант технологічної карти проведення ГД.

При наявності відносно значної кількості носіїв, НПА та додаткового обладнання вирішується задача мінімізації їх вартостей:

$$\begin{aligned} C_H(Z_i) &\rightarrow \min, \\ C_{НПА}(Z_i) &\rightarrow \min, \\ C_{ДО}(Z_i) &\rightarrow \min, \end{aligned} \quad (7)$$

Розроблені моделі пройшли апробацію та підтвердили свою ефективність при виконанні низки проектів глибоководних археологічних проектів.

Висновки

1. Розроблена модель управління ризиками, пов'язаними з погодними та гідрологічними умовами в районі глибоководних археологічних досліджень, знижує вірогідність та абсолютні значення збитків проекту шляхом гармонізації вибору термінів досліджень та вартості основних ресурсів у визначений термін початку та закінчення робіт.

2. Розроблена модель управління ризиками, пов'язаними з технологічним забезпеченням глибоководних археологічних досліджень, знижує вірогідність та абсолютні значення збитків проекту шляхом мінімізації вартості носіїв НПА, НПА та додаткового обладнання, необхідних для проведення досліджень за прийнятною технологічною картою, яка враховує основні характеристики та рівень цінності артефакту.

Список літератури:

1. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК) [Электронный ресурс]. – 5-е изд. – Project Management Institute, 2013. – 176 с. – Режим доступа: http://www/URL: http://static2.ozone.ru/multimedia/book_file/1012041519.pdf
2. ISO 31000:2009. Менеджмент риска. Принципы и руководство [Текст]. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 24 с.
3. Арчибальд, Р. Д. Управление высокотехнологичными программами и проектами [Текст] / Р. Д. Арчибальд. – Москва: ДМК Пресс, 2002. – 464 с.
4. Харитонов, Ю. Н. Идентификация рисков при управлении проектами реконструкции систем теплоснабжения [Текст] / Ю. Н. Харитонов // Вестник инженерной академии Украины. – 2009. – № 2. – С. 299–301.
5. Green, J. N. Maritime Archaeology, Second Edition [Text]: A Technical Handbook / J. N. Green. – Academic Press, 2004. – 470 p.
6. Бліщов, В. С. Базові технології застосування підводних апаратів-роботів для задач морської археології [Текст]: матеріали міжнародної науково-технічної конференції / В. С. Бліщов, С. О. Воронов // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці. – Миколаїв: НУК, 2010. – С. 389–391.
7. Green, J. Underwater Archaeology: the NAS Guide to Principles and Practice [Text] / J. Green // International Journal of Nautical

- Archaeology. – 2009. – Vol. 38, № 1. – P. 191–193. doi:10.1111/j.1095-9270.2008.220.13.x
8. Зеленко, С. М. Подводная археология Крыма [Текст] / С. М. Зеленко. – Киев: Стило, 2008. – 272 с.
9. Воронов, С. О. Дослідження підводно-археологічної експедиції біля південного узбережжя Криму [Текст] / С. О. Воронов // Археологічні дослідження в Україні 2010. – 2011. – С. 58–60.
10. Manley, J. E. The Role of Risk in AUV Development and Deployment [Text] / J. E. Manley. – OCEANS 2007 – Europe. – 2007. doi:10.1109/oceanse.2007.4302219
11. Griffiths, G. Towards a Risk Management Process for Autonomous Underwater Vehicles [Electronic resource] / G. Griffiths, A. Trembanis. – Available at: <http://www/URL: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.330.4576&rep=rep1&type=pdf>
12. Grove, W. Risk implications in site characterization and analysis for offshore engineering and design [Electronic resource]: Research report 286 / W. Grove, A. Road. – WS Atkins Consultants Ltd., 2004. – 116 p. – Available at: <http://www/URL: http://docplayer.net/16111516-Research-report-286-risk-implications-in-site-characterisation-and-analysis-for-offshore-engineering-and-design-hse.html>
13. Hirvonen, J. Inspection of risers with submarine robotics; technology, risks and regulations [Electronic resource] / J. Hirvonen, T. Riuttamaki, K. Mollestad. – Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2014. – 24 p. – Available at: <http://www/URL: http://in3.dem.ist.utl.pt/docs/rnt2014finalprojects/p7.pdf>
14. Климатические тренды [Электронный ресурс] / Гидрометцентр России. – Режим доступа: <http://www/URL: http://meteoinfo.ru/climate/2015-05-25-13-36-16>
15. Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане [Электронный ресурс] / ЕСИМ. – Режим доступа: <http://www/URL: http://hmc.meteor.ru/sea/storm/index.php>
16. Бліщов, О. В. Узгальнена методика оцінки ефективності підводної техніки у проектах глибоководної археології [Текст] / О. В. Бліщов, А. В. Надточій // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 1/3 (67). – С. 25–29. doi:10.15587/1729-4061.2014.21045

Bibliography (transliterated):

1. Project Management Institute. (2013). Rukovodstvo k Svodu znanyi po upravleniyu proektamy (Rukovodstvo PMBOK). Piatoe izdanie. Project Management Institute, 176. Available at: http://static2.ozone.ru/multimedia/book_file/1012041519.pdf
2. ISO 31000:2009. Risk management. Principles and guidelines. (2012). Moscow: Standartinform, 24.
3. Archibal'd, R. D. (2002). Upravlenie vysokotekhnologichnymi programmami i proektami. Moscow: DМК Press, 464.
4. Haritonov, Ju. N. (2009). Identifikacija riskov pri upravlenii proektami rekonstrukcii sistem teplosnabzhenija. Vestnik inzhenernoi akademii Ukrainy, 2, 299–301.
5. Green, J. N. (2004). Maritime Archaeology, Second Edition. Academic Press, 470.
6. Blintsov, V. S., Voronov, S. O. (2010). Bazovi tekhnologii zastosuvannya pidvodnykh aparativ-robotiv dlia zadach morskoij arkeologii. Materialy mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii. Innovatsii v sudnobuduvanni ta okeanotekhnitsi. Mykolaiv: NUK, 389–391.
7. Green, J. (2009). Underwater Archaeology: the NAS Guide to Principles and Practice. International Journal of Nautical Archaeology, 38 (1), 191–193. doi:10.1111/j.1095-9270.2008.220.13.x
8. Zelemko, S. M. (2008). Podvodnaja arheologija Kryma. Kiev: Stilos, 272.
9. Voronov, S. O. (2011). Doslidzhennja pidvodno-arkeologichnoji ekspedycji bilja pidvonnogho uzberezhzhja Krymu. Arkeologichni doslidzhennja v Ukraini 2010. 58–60.
10. Manley, J. E. (2007). The Role of Risk in AUV Development and Deployment. OCEANS 2007 – Europe. doi:10.1109/oceanse.2007.4302219
11. Griffiths, G., Trembanis, A. Towards a Risk Management Process for Autonomous Underwater Vehicles. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.330.4576&rep=rep1&type=pdf>
12. Grove, W., Road, A. (2004). Risk implications in site characterization and analysis for offshore engineering and design. Research report 286. WS Atkins Consultants Ltd., 116. Available at: <http://docplayer.net/16111516-Research-report-286-risk-implications-in-site-characterisation-and-analysis-for-offshore-engineering-and-design-hse.html>

13. Hirvonen, J., Riuttamaki, T., Mollestad, K. (2014). Inspection of risers with submarine robotics; technology, risks and regulations. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 24. Available at: <http://in3.dem.ist.utl.pt/docs/rnt2014finalprojects/p7.pdf>
14. Klimaticheskie trendy. (25.05.2015). Gidrometsentr Rossii. Available at: <http://meteoinfo.ru/climate/2015-05-25-13-36-16>
15. Edinaja gosudarstvennaja sistema informacii ob obstanovke v Mirovom okeane. ECIM. Available at: <http://hmc.meteorf.ru/sea/storm/index.php>
16. Blintsov, O. V., Nadochii, A. V. (2014). The generalized underwater technics efficiency estimation methodology of deep sea archaeological projects. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(3(67)), 25–29. doi:[10.15587/1729-4061.2014.21045](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.21045)

Надійшла (received) 08. 01. 2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Моделювання управління ризиками в проєктах глибоководних археологічних досліджень з використанням засобів морської робототехніки/ А. В. Надточий// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 4(1176). – С.63–67. – Бібліогр.: 16 назв. – ISSN 2079-5459.

Моделирование управления рисками в проектах глубоководных археологических исследований с использованием средств морской робототехники/ А. В. Надточий// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 4(1176). – С.63–67. – Бібліогр.: 16 назв. – ISSN 2079-5459.

Modelling of risk management in projects of deep archaeological research using marine robotics funds/ Anatoly Nadochyy// Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – No 4 (1176). – P. 63–67. – Bibliogr.: 16. – ISSN 2079-5459.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Надточий Анатолій Вікторович – Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, старший викладач **кафедри «Автоматики та електроустаткування»**; пр. Ушакова, 44, м. Херсон, Україна, 73022; e-mail: tasman.85@mail.ru.

Надточий Анатолій Вікторович – Херсонский филиал Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, старший преподаватель кафедры «Автоматики и электрооборудования»; пр. Ушакова, 44 м. Херсон, Украина, 73022; e-mail: tasman.85@mail.ru.

Nadochyy Anatoliy – Kherson branch of the Admiral Makarov National University of Shipbuilding, senior lecturer in "Automation and electrical equipment"; Ukraine, Kherson, Ushakova Avenue, 44, 73022

УДК 621. 519.816

И. Ш. НЕВЛЮДОВ, А. В. ПОНОМАРЕВА, В. О. БОРТНИКОВА

МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЭМС АКСЕЛЕРОМЕТРОВ

В статье предложена модель принятия решения о технологическом процессе (ТП) изготовления микроэлектромеханических (МЭМС) акселерометров на базе типизации ТП по результатам кластерного анализа объекта производства. Кластеризация акселерометров позволяет сгруппировать в рамках отдельных кластеров объекты по конструктивно-эксплуатационным признакам и предложить варианты ТП изготовления акселерометров, присущих конкретному кластеру. Результаты разработанного метода позволяют автоматизировать процесс проектирования ТП изготовления МЭМС акселерометров.

Ключевые слова: микроэлектромеханический акселерометр, микроэлектромеханические системы, типовой технологический процесс, кластерный анализ, компьютерное моделирование, дендрограмма, метод Варда, матрица расстояний, корреляция.

У статті запропонована модель прийняття рішення про технологічний процес (ТП) виготовлення мікроелектромеханічних (МЕМС) акселерометрів на базі типізації ТП за результатами кластерного аналізу об'єкта виробництва. Кластеризація акселерометрів дозволяє згрупувати в рамках окремих кластерів об'єкти по конструктивно-експлуатаційним ознаками і запропонувати варіанти ТП виготовлення акселерометрів, властивих конкретному кластеру. Результати розробленого методу дозволяють автоматизувати процес проектування ТП виготовлення МЕМС акселерометрів.

Ключеві слова: мікроелектромеханічний акселерометр, мікроелектромеханічні системи, типовий технологічний процес, кластерний аналіз, комп'ютерне моделювання, дендрограма, метод Варда, матриця відстаней, кореляція.

The paper is devoted to tasks of decision making automation at the stage of MEMS accelerometer production technological process design. For the task solving we propose approach based on technical process typing by cluster analysis results for production object – MEMS accelerometers. Accelerometers clustering allows to group in separate clusters objects by constructive and operational features and to propose accelerometer production technological processes inherent in a particular cluster.

The method is realized on the basis of hierarchical clustering. It allows to represent results in dendrogram form, that clearly shows the dependence of the obtained clusters and their decomposition. On the basis of performed researches it's clear for task solving for MEMS accelerometers production typical technological process design automation the best method is Ward's method.

Proposed method results allow to automate MEMS accelerometers production technological process design.

Keywords: accelerometer, microelectromechanical systems, typical technological process, cluster analysis, computer modeling, dendrogram, Ward's methods, the matrix distances correlation.

© И. Ш. Невлюдов, А. В. Пономарева, В. О. Бортникова. 2016