

*Р. Ю. СУКАЧ, Ю. П. РАК*

## МОДЕЛЬ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ В ПРОЕКТАХ ЗАХИСТУ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ ПОТЕНЦІЙНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

У статті виконано процес моделювання складних організаційно-технічних систем та розглянуто можливості використання основ нечіткої логіки, підтримки прийнятих рішень в проектах захисту об'єктів потенційної небезпеки. Розглянуто, з точки зору переваг і недоліків, використання логічних операцій, а також особливостей і властивостей самого об'єкта потенційної небезпеки, щодо мінімізації числа вузлових зв'язків при побудові моделі для оптимальності управління проектом і підвищення стану безпеки життєдіяльності.

**Ключові слова:** : складний об'єкт, модель, об'єкти потенційної небезпеки, ризик, нечітка логіка, невизначеність, безпека, надзвичайні ситуації, об'єкт.

**Вступ.** Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язків із важливим науковими чи практичними завданнями. Економічна та політична кризова ситуація характеризує сьогодення і стимулює рівень підвищення безпеки виникнення надзвичайних ситуацій (НС) техногенного та природного характеру, особливо при реалізації проектів чи портфелів проектів захисту об'єктів потенційної небезпеки (ОПН). Умови значного рівня невизначеності та впливу турбулентності середовища заставляють проектних менеджерів управляти проектами в умовах ризиків та постійних змін та вирішувати кризові ситуації в проектах.

Практика реалізації проектів захисту ОПН вказує на існування таких проблем, наприклад, постійна нестача фінансових ресурсів в проектах, конфлікти в команді проекту пов'язаних з некомпетентністю деяких її членів, відсутність сучасної техніки і технології тощо, вказує на невиконання відповідних оперативно-рятувальних робіт та процесів пов'язаних з управлінням людськими ресурсами і вартістю направлених на підвищення стану безпеки в проектах захисту ОПН. Проведений аналіз впливу оцінки стану безпеки на проекти, які реалізуються на ОПН слід констатувати, що на сьогодні проектно-орієнтоване управління повинно в себе включати параметри з елементами стресово-конфліктного характеру.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор. Сучасний стан аналізу успішності реалізації тих чи інших проектів доволі часто показує, що вплив стресово-конфліктних ситуацій чи інших, призводять до невдалого завершення проекту або його повного провалу. Як правило реалізації проекту в тій чи іншій галузі народного господарства несе, в основному, фінансові збитки то не успішна реалізація проекту захисту ОПН викликає НС природного та техногенного характеру. У зв'язку з цим на сьогодні високорозвинуті країни [1,2], в тому числі Україна [3,4,5] реалізують низку проектів, програм та портфелів проектів направлених на розробку попереджувальних складних систем захисту ОПН.

Останній період часу проблемами дослідження процесу управління проектами в умовах ризиків, невизначеності, та впливу турбулентності середовища займалися такі відомі вчені як: С. Д. Бушуєв [6],

Н. С. Бушуєва [7], В. Д. Гогунського [8], К. В. Кошкіна [9], В. А. Рача [10], С. В. Руденко [11], Ю. И. Теслі [12], Е. А. Дружиніна [13], І. В. Кононенко [14] та інших. Проте в сучасних дослідженнях відсутні методи та моделі проектно-орієнтованого управління складними організаційними системами, що на причинно-наслідковому зв'язку та врахуванням стресово-конфліктних ситуацій, вирішують низку задач направлених на підвищений стан безпеки та успіх реалізації проектів захисту ОПН.

Враховуючи, вище наведене, беззаперечно актуальним є питання розробки моделі складної організаційно-технічної системи при проектно-орієнтованому управлінні проектами захисту ОПН, що в кінцевому результаті проекту отримаємо підвищений стан безпеки життєдіяльності.

**Метою статі** є розробка моделі підтримки прийняття рішення, щодо оцінки стану безпеки і ступеня функціонування складного об'єкта на основі нечіткої логіки.

**Основні результати.** Аналіз наявних математичних методів розв'язку задач, що характеризують умови невизначеності показав, що в основу сучасних систем підтримки прийняття рішень покладені методи системного аналізу, експертних систем, теорії нечітких множин та нечіткої логіки.

Теорія нечітких множин дозволяє описувати нечіткі поняття і значення, оперувати цими значеннями та робити нечіткі висновки. Нечітке управління є особливо корисним, коли технологічні процеси, що входять в проекти захисту ОПН, є занадто складними для аналізу за допомогою загальноприйнятих кількісних методів, або коли доступні джерела інформації інтерпретуються на якісному рівні, неточно або невиразно.

Нечітка логіка, на якій засноване нечітке управління, ближче до людського мислення і вживаних мов, ніж традиційні логічні системи. Нечітка логіка забезпечує ефективні засоби відродження невизначеностей і неточностей, що є характерним при реалізації проектів захисту ОПН. Таким чином запропонованій нами математичний засіб відображення нечіткості вихідної інформації дозволяє побудувати модель, адекватну реальним

© Р. Ю. Сукач, Ю. П. Рак, 2016

процесом реалізації проектами захисту ОПН направлених на підвищення стану БЖД.

При побудові моделі приймемо деякі уточнення, зокрема ОПН може бути охарактеризований складними і простими властивостями. Прості властивості ми розглядаємо як дещо елементарне, яке може бути вимірне або оцінене експертно. Складні властивості не підлягають безпосередньому обміренню чи оцінці проте можуть поділятися на менш складні тобто елементарні властивості таким чином, у процесі моделювання більш складні властивості виражаються через більш прості.

Так як мова йде про оцінку стану, то вважаємо, що стан об'єкту (складна властивість) залежить від ряду менш складних властивостей. У нашому випадку стан об'єкту потенційної небезпеки (складна властивість) залежить від ступеня значуваності устаткування, ефективності і якості технологічного процесу і т.д. або оцінка стану на дорогах (складна властивість) залежить від кількості і ваги наслідків дорожньо-транспортних пригод, тощо. У свою чергу ці властивості можуть залежати від окремих вузлів об'єктів ОПН і стан окремих вузлів будемо оцінювати, ґрунтуючись на результатах вимірів (експертних оцінок) відповідних параметрів (елементарні властивості). Підкреслимо, що параметри моделі а також зв'язку між ними описуються за допомогою апарата нечіткої логіки. Також відзначимо, що перед використанням у моделі необхідно провести фазифікацію вхідних параметрів, а після, для отримання кінцевого результату дефазифікацію.

Нехай розглянемо ОПН, як складний об'єкт (Y) у якого виділені наступні основні властивості (якості)

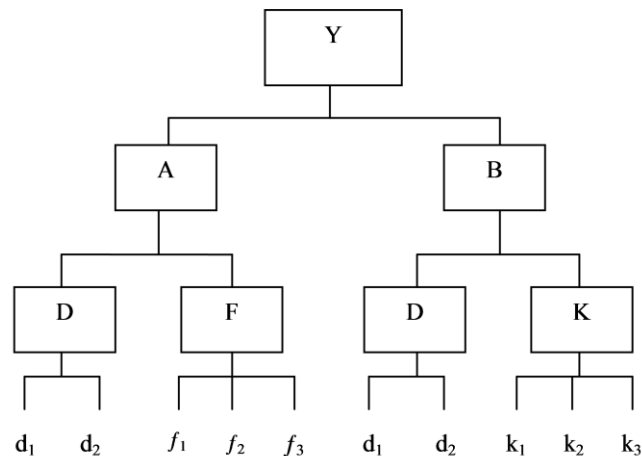


Рис. 1 – Модель досліджуваного об'єкта

На основі вище приведенного, невизначеність у розумінні структури моделі можна формалізувати шляхом багаторазового введення перемінних у структуру моделі. Розглянемо можливості нечіткості логіки при обчисленні оцінки ступеня працездатності (функціонування) об'єкта при проектно-орієнтованого управління проектами захисту ОПН, у моделі якою є присутня структурна невизначеність.

(A, B) вузли (D, F, K) і вимірювані параметри ( $d_1, d_2, f_1, f_2, f_3, k_1, k_2, k_3$ ), що враховують збитки викликаних повеннями, ураганами, землетрусами чи НС природного та техногенного характеру, або пожежі, основаних на використанні статистичних даних.

У процесі моделювання визначається структура моделі і тип зв'язків між параметрами моделі. В якості зв'язування використовуються операції кон'юнкції (тісний зв'язок) і диз'юнкції (менш тісний зв'язок). Нехай виконаємо припущення, що у результаті проведеного аналізу одержимо наступну модель (Рис 1). Наприклад, у даній моделі враховуються як стани окремих вузлів (D, F, K), так і різні якісні поняття (A, B). Таки чином в процесі аналізу досліджень можна прийти до висновку, що стан деяких вузлів ОПН впливає відразу на кілька різних властивостей (якісних понять).

У такій ситуації при виявленні причинно-наслідкових зв'язків стає можливим і правомірним не шукати відповідь на питання, з яким одною властивістю зв'язати такий вузол, а зв'язати його з усіма тими властивостями, на які він впливає. Саме таке розуміння ситуації відображається на рис. 1, де вузли D, F, K, повторюються.

Слід звернути увагу, що вимірювані параметри  $d_1, d_2, f_1, f_2, f_3, k_1, k_2, k_3$ , вузли D, F, K, властивості A, B, і ОПН Y є нечіткими множинами однакової розмірності, визначеними на одному універсумі (E). Також варто підкреслити, що в нашому розгляді функції приналежності можуть приймати значення в проміжку [0; 1].

Розглянемо можливості двох основних, що найбільше часто зустрічаються підходи. Представлених на моделі (див. рис. 1).

Обчислення диз'юнкції і кон'юнкції за допомогою операцій "min" (об'єднання і перетин нечітких множин)

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_{A \cap B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad \forall x \in E \quad (1)$$

$$\mu_{A \wedge B}(x) = \mu_{A \cap B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad \forall x \in E \quad (2)$$

Слід відзначити, що при такому визначенні диз'юнкції і кон'юнкції зберігаються всі основні еквівалентності класичної логіки, за винятком наступних:  $AV \neg A = E$ ,  $A \wedge \neg A = \emptyset$ , тут і в (3) диз'юнкція і кон'юнкції застосовані до нечітких множин розуміються як об'єднання і перетин відповідно, що дає можливість для перетворення формул. Наприклад, розглянуто в проекті модель захисту ОПН може бути мінімізована (спрощена) зокрема:

$$Y = A \wedge B = (D \wedge F) \wedge (D \wedge K) = D \vee (F \vee K) = (d_1 \wedge d_2) \vee ((f_1 \vee f_2 \vee f_3) \wedge (k_1 \wedge k_2 \wedge k_3)) \quad (3)$$

Або мовою функції приналежності:

$$\begin{aligned} \mu_Y(x) &= \max(\mu_D(x), \min(\mu_F(x), \mu_K(x))) = \\ &= \max(\min(\mu_{d_1}(x), \mu_{d_2}(x)), \\ &\min(\max(\mu_{f_1}(x), \mu_{f_2}(x), \mu_{f_3}(x)), \\ &\min(\mu_{k_1}(x), \mu_{k_2}(x), \mu_{k_3}(x)))) \quad \forall x \in E \quad (4) \end{aligned}$$

Проте необхідно врахувати те, що визначення диз'юнкції і кон'юнкції за допомогою операцій "max" і "min" (1), (2) є "Твердим", так як при цьому враховується значення тільки однієї з перемінних, що беруть участь у зв'язуванні. Дійсно з формули (4) видно, що якщо, наприклад,  $\mu(k_3) = 0,2$ , то будь-яка зміна значень інших параметрів у проміжку  $[0,2; 1]$  не будуть впливати на кінцевий результат. З іншого боку, являється очевидним, що на практиці зміна значення кожного з параметрів повинна враховуватися при оцінці ступеня функціонування ОПН при реалізації відповідного проекту.

Для подолання вище зазначених труднощів при розв'язку подібних задач у теорії нечітких множин (нечіткій ланці) доцільно використовувати "м'яке" визначення диз'юнкції і кон'юнкції. Розглянемо властивості цього визначення, яке також називається алгебраїчним добутком і сумою нечітких множин.

Алгебраїчний добуток та суму нечітких множин (змінних) формально можна представити залежностями виду:

$$\mu_{A \vee B}(x) = \mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \cdot \mu_B(x); \quad \forall x \in E \quad (5)$$

$$\mu_{A \wedge B}(x) = \mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \mu_B(x); \quad \forall x \in E \quad (6)$$

При даному визначенні диз'юнкції і кон'юнкції, безумовно, враховується вплив усіх змінних на кінцевий результат, однак у даному випадку істотний мінус полягає в тому, що не виконується вже значно більше еквівалентностей, властивих класичній логіці, а саме ідемпотентність і дистрибутивність.

Враховуючи вище приведене, можна зробити наступний висновок, що в рамках розв'язуваної задачі

для побудови моделі складного об'єкта проектно-орієнтованому управлінні проектом захисту ОПН потрібно використовувати диз'юнкцію і кон'юнкцію у виді залежностей (5), (6), тому що це не приводить до втрати вузлів, а також дозволяє враховувати вплив усіх вхідних параметрів.

**Висновки.** У статті виконано процес моделювання складаної організаційно-технічної системи в проектах захисту ОПН та розглянуто можливість використання різних визначень логічних операцій, у кожного з яких є переваги і недоліки.

Встановлено, що визначення диз'юнкції і кон'юнкції як "max" так і "min" відповідно дає великі можливості для мінімізації моделі, однак при цьому враховується значення тільки однієї змінної в зв'язуванні. Важливим є також те, що при спрощенні моделі, можливо прийти до того, що деякі вузли "скоротяться", тобто деякі вузли, які внесені в модель на стадії проектування, не мають жодного впливу на успіх реалізації проекту захисту ОПН.

Встановлено якщо ж визначити диз'юнкцію і кон'юнкції як алгебраїчну суму і добуток тоді враховується вплив усіх змінних. Проте при цьому значно знижується можливість спрощення побудованої моделі складного об'єкта, що виражається у опису процесу громіздкими формулами.

**Список літератури:** 1. Гетьман, В. В. Техногенна безпека України: від реагування до превентивної стратегії [Текст] / В. В. Гетьман, С. П. Буравльов. – К.: Логос, 2014. – 130 с. 2. Альмов, В. Т. Техногенний ризик. Аналіз і оцінка [Текст] / В. Т. Альмов, Н. П. Тарасова. – М.: Академкнига, 2014. – 75 с. 3. Кости, Дж. Большие системы. Связанность, сложность и катастрофы [Текст] / Дж. Кости. – М.: Мир, 2002. – 216 с. 4. Белов, П. Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере [Текст]: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / П. Г. Белов – М.: Издательский центр «Академия». 2003. – 512 с. 5. Наказ Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій, Міністерства економіки, Міністерства екології і природних ресурсів від 27.3.2007 року № 73/82/64/122 «Про затвердження Методики прогнозування наслідків вилуви (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті», зареєстровано в Міністерстві юстиції України за № 326/551 від 10.04.2007 року [Електронний ресурс] // Сайт Верховної Ради України, 27 березня 2007. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0326-01>. 6. Бушуев, С. Д. Модель гармонизации ценностей программы развития организаций в условиях турбулентности окружения [Текст] / С. Д. Бушуев, Н. С. Бушуева, Р. Ф. Ярошенко // Київ нац. ун-т буд. і архіт. – 2012. – № 10 – С. 9–13. 7. Бушуева, Н. С. Проактивное управление проектами организационного развития в условиях неопределённости [Текст] / С. Д. Бушуев, Н. С. Бушуева // Управління проектами та розвиток виробництва Луганськ: Вид. во Східноукраїнський нац. ун-т ім. В. Даля. – 2007. – № 22 – С. 17–27. 8. Агеев, А. Е. Организационная модель управления рисками проектов [Текст] / А. Е. Агеев, М. А. Латкин // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2006. – № 3. – С. 41–44. 9. Аль-Шукри Фатхи Мохаммед Ахмед. Анализ источников и факторов изменений в проектах строительства сложных энергетических объектов [Текст] / Аль-Шукри Фатхи Мохаммед Ахмед // Управління проектами та розвиток виробництва: зб. наук. праць. – 2003 – № 3 (8) – С. 64–69. 10. Рач, В. А. «Небезпека/ризик/криза» як триадна сутність процесів розвитку в сучасній економіці [Текст] / В. А. Рач // Управління проектами та розвиток виробництва. – Луганськ: вид-во Східноукраїнський нац. ун-т ім. В. Даля. – 2013. – № 1 (45) – С. 155–160. 11. Руденко, С. В. Многомерная модель целевой функции риска в проектах безопасности жизнедеятельности [Текст] / С. В. Руденко, В. Д. Гозунский, Ю. С. Чернега // Безпека

життєдіяльності людини – освіта, наука, практика: XII міжнар. наук. – метод. конф., 15-17 травня 2013 р. – Одеса: ОНМУ. – 2013. – С. 203–206. **12.** *Тесля, Ю. М.* Концепція побудови та функції системи у проти ризикового управління проектами у програмах інформації [Текст] / *Ю. М. Тесля, Л. Б. Кубявка* // Управління розвитком складних систем: зб. наук. праць. Київ нац. ун-т буд. і архіт. – 2014. – № 19. – С. 93–95. **13.** *Дружинін, Є. А.* Методологічні основи ризик-орієнтованого підходу до управління ресурсами проєктів і програм розвитку техніки [Текст]: автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.13.22 / *Є. А. Дружинін* – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. С. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2006. – 34 с. **14.** *Кононенко, І. В.* Оптимізація содержания проєкта по критеріям прибуль, время, стоимость, качество, риски [Текст] / *И. В. Кононенко, М. Э. Колесник* // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012 – № 1/10 (55) – С. 13–15.

**References:** **1.** Getman, V. V., & Buravlov, E. P. (2014). *Technogenic bezpeka Ukrayiny: vid reaguvannya do preventy'vnoyi strategiyi* [Technogenic security Ukraine: from response to preventive strategies]. Kyiv: Logos, 130 [in Ukrainian]. **2.** Alymov, V. T., & Tarasova, N. P. (2014). *Tehnogenyj risk. Analiz i ocnka* [Technological risks. Analysis and evaluation]. Moscow: Akademkniga [in Russian]. **3.** Casti, J. (2002). *Bol'shie sistemy. Svjazannost', slozhnost' i katastrofy* [Connectivity complexity, and catastrophe in large-scale systems] Moscow: World [in Russian]. **4.** Belov, P. G. (2003). *Sistemnyj analiz i modelirovanie opasnyh processov v tekhnosfere* [Systems analysis and Modeling hazardous processes in the technosphere] Moscow: Akademia [in Russian]. **5.** Ministry of Ukraine of Emergencies, Ministry of Economy, Ministry of Environment and Natural Resources (2007). On approval of the Methodology predict the consequences of the spout (release) of hazardous chemicals in accidents at industrial facilities and transport. zakon3.rada.gov.ua. Retrieved from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0326-01>. **6.** Bushuev, S. D., Bushueva, N. S., & Yaroshenko, R. F. (2012). *Model garmonizacii cennostej programmy razvitiya organizacij v usloviyah turbulentnosti okruzeniya* [Model of harmonize values development program organizations in the turbulent environment]. Kyiv National University of Construction and Architecture, 10, 9–13 [in Ukrainian]. **7.** Bushueva, N. S., & Bushuev, S. D. (2007). *Proaktivnoe upravlenie proektami organizacionnogo razvitiya v usloviyah neopredel'jonnosti*

[Proactive management of projects organizational development in conditions of uncertainty]. Journal of East Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl, 22, 17–27 [in Russian]. **8.** Ageev, A. E. (2006). *Organizacionnaja model' upravlennja riskami proektov* [The organizational model of risk management projects]. *Radio electronic and computer systems*, 3, 41–44 [in Russian]. **9.** Al-Shukri Ahmed Fathi Mohammed (2003). *Analiz istochnikov i faktorov izmenenij v proektah stroitel'stva slozhnyh jenergeticheskikh ob'ektov* [Analysis of the sources and drivers of change in the construction of complex energy facilities]. *Scientific works project management and production development*, 3 (8), 64–69 [in Russian]. **10.** Rach, V. A. (2013). "Nebezpeka/rizik/kriza" yak triadna sutnist procesiv rozvitku v suchasnij ekonomici ["The danger /risk/ crisis" as the essence of a process of development processes in the modern economy]. Journal of East Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl, 1 (45), 155–160 [in Ukrainian]. **11.** Rudenko, S. V., Hohunskyi V. D., Chernenko Y. S. (2013). *A multidimensional model of the target of the risk function in life safety projects* [Mnogomernaja model' celevoj funkcii riska v proektah bezopasnosti zhiznedejatel'nosti]. Safety of human life - education, science, practice: *XII international scientific - practical conference*. (pp. 203–206) [in Russian]. **12.** Tesla, Y. M., & Kubjavka, L. B. (2014). *Koncepcija pobudovi ta funkcii sistemi u proti rizikovogo upravlinnja proektami u programah informacii* [The concept of the construction and function of the system against risk in project management programs information]. Proceedings of management of complex systems. Kyiv National University of Construction and Architecture, 19, 93–95 [in Ukrainian]. **13.** Druzhinin, E. A. (2006). *Metodologichni osnovy ry'zyk-oriyentovanogo pidkhodu do upravlinnja resursamy' proektiv i program rozvytku tekhniky* [Methodological basis of a risk-based approach to resource management projects and programs of technology]. Extended abstract of Doctor's thesis. Kharkov: National Aerospace University Zhukovsky [in Ukrainian]. **14.** Kononenko, I. V. (2012). *Optimizacija sodержannja proekta po kriterijam pribyl', vrenja, stoimost', kachestvo, riski* [Optimization of the project content by kriteriyam profit, time, cost, quality, risk]. *Vostochno-evropejskyi zhurnal peredovykh tekhnolohiy – East European Journal of advanced technologies*, 1/10 (55), 13–15 [in Russian].

Надійшла (received) 05.12.2015

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

**Сукач Роман Юрійович** – ад'юнкт кафедри управління проектами, інформаційних технологій та телекомунікацій, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів; тел.: (067) 729-78-97; e-mail: sukach.r@gmail.com.

**Сукач Роман Юрьевич** – ад'юнкт кафедри управління проектами, інформаційних технологій та телекомунікацій, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, г. Львов; тел.: (067) 729-78-97; e mail: sukach.r@gmail.com.

**Sukach Roman Yuriovich** – Adjunct of the Department of project management, information technologies and telecommunications, Lviv State University of Life Safety, Lviv; tel.: (067) 729-78-97; e-mail: sukach.r@gmail.com.

**Рак Юрій Павлович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою управління проектами, інформаційних технологій та телекомунікацій, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів; тел.: (067) 981-88-74; e-mail: jurarak2012@gmail.com.

**Рак Юрий Павлович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой управления проектами, информационных технологий и телекоммуникаций, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, г. Львов; тел.: (067) 981-88-74; e mail: jurarak2012@gmail.com.

**Rak Yuriy Pavlovych** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of project management, information technologies and telecommunications, Lviv State University of Life Safety, Lviv; (067) 981-88-74; e-mail: jurarak2012@gmail.com.