

Оптимізаційна задача управління поточкорозподілом ресурсів кластерних організаційних структур енергоефективного будівництва

Максим Микитась¹, Світлана Теренчук²

Київський національний університет будівництва і архітектури
31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037

¹mykytas.m@gmail.com, orcid.org/0000-0002-6176-6822

²terenchuksa@ukr.net, orcid.org/0000-0002-7141-6033

Анотація. В роботі пропонується здійснювати вибір оптимальної стратегії управління поточкорозподілом ресурсів кластерних організаційних структур на основі імітаційного моделювання множини альтернативних стратегій. Описано схему формування «консультативних» моделей для адаптивного управління агрегованими структурами за різними наборами вхідних даних. Практична значимість дослідження полягає в тому, що економіко-математичні моделі для імітаційних експериментів формуються в режимі реального часу з урахуванням впливів динамічного стохастичного характеру реального середовища. Обґрунтовано вибір рівнянь для розробки «консультативних» моделей. Показано, що імітаційне моделювання на основі квазілінійних динамічних економетричних рівнянь в змозі забезпечити «консультативну» функцію підтримки прийняття оптимальних управлінських рішень на різних етапах і рівнях, оскільки надає можливість оцінювати ключові показники результатів діяльності агрегованих систем. Адекватність моделей забезпечується ієрархічною структурою ключових показників діяльності системи, що надає можливість оцінювати і прогнозувати вплив кожної підсистеми, як єдиного цілого, на ступінь досягнення цільової функції. Процес ідентифікації системи ключових показників показано на прикладі співставлення характеристик енергетичних потоків і змінних моделі. Детально описано алгоритм налаштування параметрів моделі управління. Методи, які планується використовувати в системах підтримки прийняття рішень,



Максим Микитась
докторант кафедри
архітектурних конструкцій
к.е.н.



Світлана Теренчук
докторант кафедри
архітектурних конструкцій
к.ф.-м.н., доц.

ґрунтуються на контролі і аналізі відхилень очікуваних значень ключових показників від фактичних результатів діяльності структури-аналога. Наукова новизна полягає в теоретичному обґрунтуванні перспективи застосування штучних нейронних мереж.

Ключові слова. Адаптивне управління, кластерна організаційна структура, ключові показники, оптимізація, енергоресурси.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Характерною ознакою сучасної будівельної галузі України є прискорені трансформаційні процеси у політичній, законодавчій, нормативній і фінансовій системах. Трансформація зовнішнього середовища, що пов'язана з запровадженням у вітчизня-

ну практику положень європейських документів з проектування будівельних конструкцій, та прийняття нормативних документів [1], які їх підтримують, спонукає підприємства будівельного комплексу до вертикальної та горизонтальної інтеграції шляхом злиття, поглинання чи формування кластерних організаційних структур (КОС).

Кластеризація сприяє стратегічній стійкості підприємств. Переваги, які набувають кластерні організаційні структури, полягають в реалізації синергічних можливостей і емерджентних властивостей системи. При цьому, відзначається підвищення стабільності кластерних організаційних структур за рахунок покращення умов для просування інновацій та зниження рівню невизначеності при розподілі, постачанні та реалізації ресурсів [2 – 4].

Об'єднання ресурсів надає кластерним організаційним структурам низку переваг за рахунок можливості впровадження дієвих механізмів управління об'єднаними фінансовими, енергетичними і матеріальними потоками. Але реалізація переваг кластерних організаційних структур можлива лише при умові впровадження ефективного механізму формування та реалізації управління, що ґрунтується на надійних економіко-математичних моделях для прогнозування діяльності кластерних організаційних структур. Проте, нестабільний стан зовнішнього середовища зазвичай призводить до того, що математичні моделі швидко втрачають свою адекватність, а прогнозування втрачає надійність [5, 6].

Конкурентоспроможність та виживання кластерних організаційних структур в описаних умовах залежить від їх здатності швидко адаптуватись до непрогнозованих змін середовища. Закономірно, що найуспішнішими при цьому є ті кластерні структури, які мають систему управління, що базуються на науково обґрунтованих моделях і методах формування та використанні об'єднаних ресурсів структурних одиниць. В цьому сенсі, актуальною лишається розробка моделей і засобів підтримки прийняття управлінських рішень при адаптивному управлінні.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В даній роботі при розв'язанні оптимізаційної задачі управління терміни трактуються таким чином [7 – 12].

Кластерною організаційною структурою називається сукупність взаємоузгоджених структурних одиниць, організація яких спрямована на досягнення спільної цілі (рис. 1).

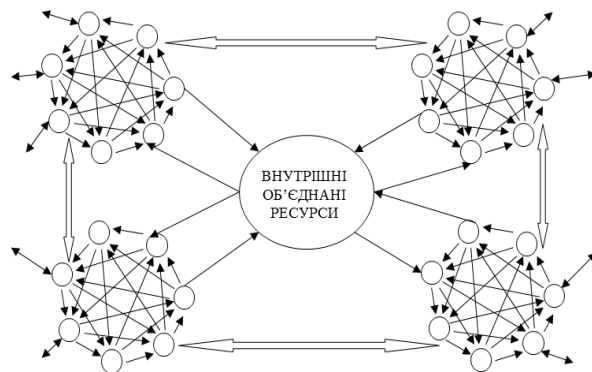


Рис.1. Концептуальна модель кластерної організаційної структури.

Fig.1. Conceptual model of the cluster-organizational structure.

Структурні одиниці кластерної організаційної структури – організації з зовнішніми відкритими зв'язками, що об'єднані в кластер. Структурні одиниці мають певний ступінь самостійності при ухваленні рішень і характеризуються великою кількістю особливостей, але становлять організаційну і економічну єдність [7].

Система ключових показників (СКП) являє собою ієрархічну структуру показників діяльності для [8, 9]:

- моделювання та розподілу ресурсів;
- контролю використання ресурсів;
- характеристики стану середовища та урахування впливу галузевої діяльності;
- забезпечення адекватності моделей, методів і засобів, які використовуються для удосконалення систем підтримки прийняття рішень на різних етапах і рівнях оптимізації кластерних організаційних структур;
- оцінки наслідків допустимих альтернатив на різних рівнях моделювання;
- оцінки ступеню досягнення стратегічних цілей.

Система управління – комплекс послідовних узгоджених заходів, впровадження яких забезпечує кластерним організаційним структурам досягнення заздалегідь визначених стратегічних цілей.

Управління – рішення, що спрямовані на досягнення керованими змінними очікуваних значень [15].

Керовані змінні – показники діяльності КОС, що забезпечують очікуване значення цільової функції.

Фактори прогнозування – показники діяльності КОС, через які виражається результативність її діяльності в моделі;

Внутрішні параметри – коефіцієнти, що відображають взаємозв'язок моделі КОС з реальним об'єктом управління [13].

Характеристики зовнішніх умов – фактори, що суттєво впливають на діяльність КОС [2, 6, 13].

Цільова функція – ступінь досягнення стратегічної цілі чи оцінка наслідків управління [10] (головний критерій оптимізації). Цільова функція являє собою інтегральний показник діяльності КОС, який характеризується чутливістю, системністю, детермінований і найкращим чином відображає суть задачі.

Формування системи ключових показників для планування та управління внутрішніми об'єднаними ресурсами КОС, з позицій оптимізації структури системи в умовах невизначеності, лишається унікальним в кожному випадку [11].

Моделі структури відображають внутрішню організацію складних систем, дають можливість прогнозувати результати їх діяльності, оцінювати ефективність управлінських рішень і формувати стратегію оптимального управління. Але, розробка надійних моделей управління суттєво ускладнюється обмеженістю доступу до внутрішньої інформації структурних одиниць. При управлінні в нестабільних умовах остання обставина є однією з основних перешкод, адже невизначеність, що пов'язана з відсутністю інформації про внутрішню структуру, суттєво ускладнює формування механізму управління.

Основна ідея розробки і використання *функціональних моделей* – пізнання і відтворення поведінки кластерних організаційних структур через прояви діяльності. Внутрішня структура системи при цьому не досліджується [12].

Варіативність цілей і процесів формування кластерних організаційних структур робить надзвичайно привабливим для розробки багатоваріантних схем прогнозування *імітаційне моделювання*. При імітаційному моделюванні вибір найкращих умов кластеризації, що здатні забезпечити максимальний синергійний ефект, ґрунтується на прогнозах, які проводяться на базі економіко-математичних моделей.

МЕТА РОБОТИ

Мета статті полягає в оптимізації управління поточкорозподілом ресурсів кластерних організаційних структур на основі імітаційного моделювання системи ключових показників енергоефективного будівництва.

ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Аналіз моделей і методів моделювання діяльності агрегованих систем [11 – 15] показав, що імітаційне моделювання на основі квазілінійних динамічних економетричних рівнянь в змозі забезпечити «консультативну» функцію підтримки прийняття оптимальних управлінських рішень на різних рівнях, оскільки надає можливість оцінювати ключові показники результатів за різними наборами вхідних даних.

В загальному вигляді квазілінійна динамічна економетрична модель управління енергетичними потоками має вигляд [2, 12]:

$$\varphi_{i+1}^{onm} = \sum_{1 \leq i \leq M} \alpha_i R_i^{onm}(t),$$

$$R_i(t) = \sum_{\substack{1 \leq i \leq N \\ 1 \leq k \leq K \\ 1 \leq l \leq L}} \beta_{ij} Y_{ij}(x_{jk,t-l}), \quad (1)$$

де: φ_{i+1}^{onm} – очікуване значення цільової функції; R_i – i -й ключовий показник діяльності; Y_{ij} – функція, що відображає вплив

j -го пояснювального фактору на i -й ключовий показник; x_{ij} – керовані змінні; l – порядок запізнення; α_i, β_{ij} – оцінки параметрів, за якими здійснюється адаптація.

Ідентифікація параметрів моделі складається з двох етапів: ототожнення керованих і некерованих змінних системи рівнянь (1) з показниками діяльності кластерної організаційної структури та налаштування параметрів моделі.

Адекватність моделі забезпечується її ієрархічністю, що надає можливість оцінювати і прогнозувати вплив кожного ключового показника, як єдиного цілого, на інтегральний показник діяльності КОС.

Організація зворотного зв'язку здійснюється через механізм контролінгу – регламентованого контролю фактичних значень результатів діяльності кластерної організаційної структури, виявлення та аналізу причин відхилень прогнозних значень показників діяльності, що отримані в результаті прогнозування за відповідною економіко-математичною моделлю, від фактичних результатів діяльності (рис. 2).

Далі розглядається один з прикладів ідентифікації системи ключових показників діяльності КОС енергоефективного будівництва, які використовуються для моделювання характеристик енергетичних потоків, зі змінними моделі (1).

1 етап. Ототожнення змінних моделі.

Витрати на енергозабезпечення ($\varphi \rightarrow \min$):

Теплова енергія (R_1)

Виробництво (y_{11})

Традиційне (x_{11})

Нетрадиційне (x_{12})

Використання сировини

Відновлювальна енергія

Рециклінг

Транспортування (y_{12})

Від виробника (x_{21})

Власне джерело (x_{22})

Споживання (y_{13})

Опалення (x_{31})

Гаряче водопостачання (x_{32})

Конвертація (x_{33})

Електрична енергія (R_2)

Виробництво (y_{21})

Традиційне (x_{21})

Нетрадиційне (x_{22})

Використання сировини

Відновлювальна енергія

Транспортування (y_{22})

Від виробника (x_{21})

Власне джерело (x_{22})

Споживання (y_{23})

Освітлення (x_{31})

Обладнання (x_{32})

Виробнича діяльність (x_{33})

Конвертація (x_{34}).

2 етап. Налаштування параметрів.

Налаштування параметрів моделі управління зі зворотним зв'язком полягає в призначенні параметрам системи рівнянь (1) адекватних поточним умовам числових значень (рис. 3).

1. Моделювання інтегрального показника діяльності КОС.

2. Обґрунтування обмежень і граничних умов задачі.

3. Призначення оптимального значення цільової функції на наступний період (φ_{i+1}^{opt}).

4. Імітаційне моделювання множини СКП діяльності КОС.

Реалізація даного кроку налаштування параметрів передбачає використання радіально базисних функцій (RFB-мереж). RFB-мережі являють собою штучні нейронні мережі, які призначені для розв'язання задач класифікації на основі відновлення сумішей розподілів і підходять для умов, при яких складно визначити ступінь впливу кожного з факторів середовища [16, 17].

5. Визначення множини прийнятних наборів вхідних даних для очікуваних зовнішніх умов. Підтримка рішення лишається за експертами.

6. Оптимізація керованих змінних для кожної альтернативи.

Призначення оптимальних значень керованих змінних ($X_{j,t}^{opt}$), які забезпечать очікуваний результат може здійснюватись за допомогою системи обмежень на основі нормативної документації, експертної підтримки, або обробки статистичних даних.

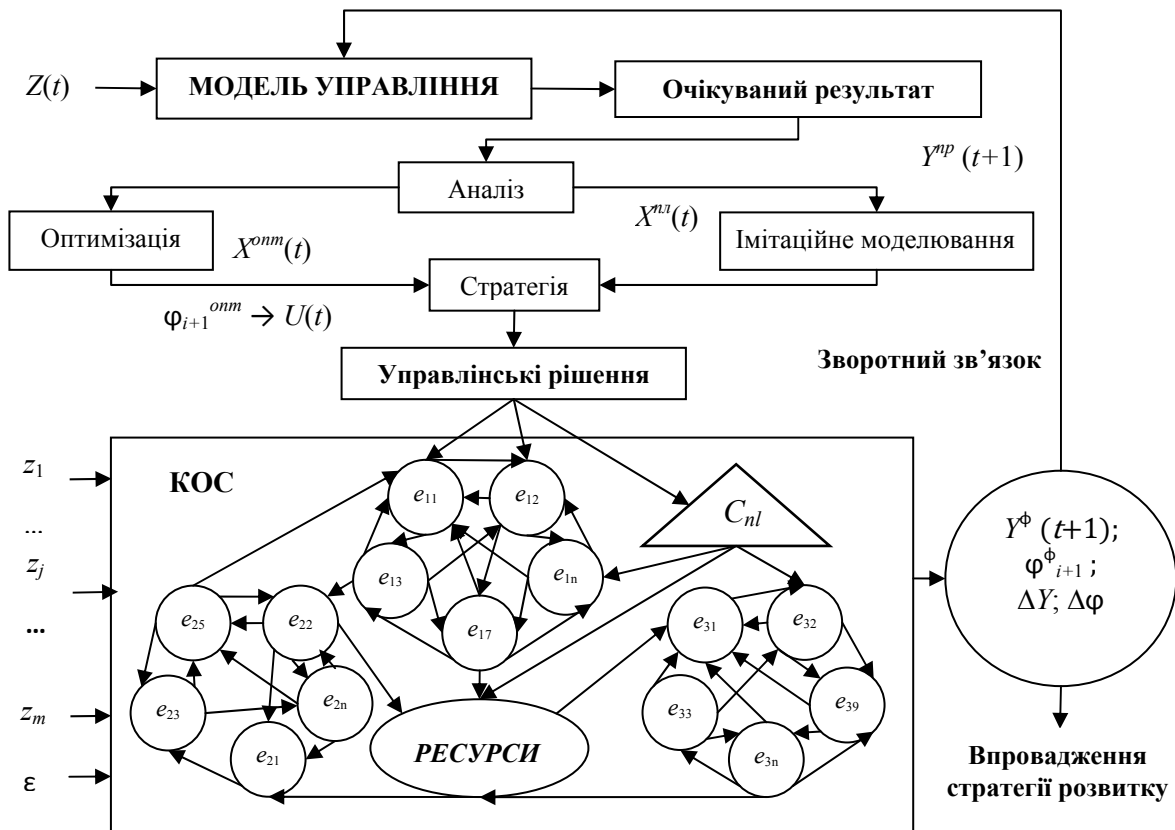


Рис.2. Структурно-параметрична динамічна модель адаптивного управління КОС:

$Z(t) = \{z_1, \dots, z_j, \dots, z_m\}$ – вектор характеристик зовнішніх умов; e_{ij} – j -й елемент i -ї підсистеми кластерної структури; $X^{pl}(t)$ і $X^{optm}(t)$ – вектори планових і оптимізованих значень керованих змінних; φ_{i+1}^{optm} – оптимальне (за призначеним критерієм) значення цільової функції; Y^ϕ та Y^{np} – вектори фактичних та прогнозованих значень показників діяльності; ΔY , $\Delta \varphi$ – відхилення фактичних значень від очікуваних; $U(t)$ – управління; C_{nl} – параметри моделі; ε – випадковий фактор.

Fig.2. Structural-parametric dynamic model of adaptive control of COS:

$Z(t) = \{z_1, \dots, z_j, \dots, z_m\}$ – vector of characteristics of external conditions; e_{ij} – j -th element of the i -th subsystem of the cluster structure; φ_{i+1}^{optm} – optimal (according to the intended criterion) value of the target function; $X^{pl}(t)$ і $X^{optm}(t)$ – vectors of planned and optimized values of controlled variables; Y^ϕ and Y^{np} – actual and predicted values of activity indicators; ΔY , $\Delta \varphi$ – deviation of the actual values from the expected; $U(t)$ – management; C_{nl} – model parameters; ε – random factor.

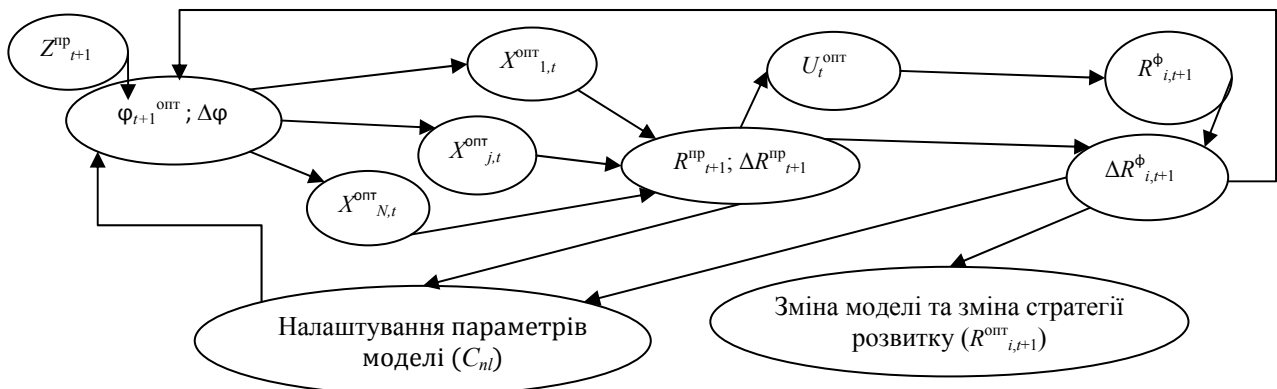


Рис.3. Схематичне зображення процесу налаштування параметрів моделі управління.

Fig.3. Schematic representation of the process of setting parameters of the management model.

7. Прогнозування ключових показників діяльності кластерних організаційних структур на наступний період (Y_{t+1}^{np}).

Імітаційний експеримент полягає в тому, що для даної моделі задаються параметри керованих змінних або управління, які вважаються зовнішніми, і здійснюється прогнозування ключових показників діяльності КОС згідно з (1). На основі результатів прогнозування розробляється стратегія управління. Реалізація даного кроку передбачає застосування нечіткої математики і гібридних нейронних мереж [18 – 20].

8. Перевірка на адекватність і адаптація або зміна моделі.

Адаптація моделі полягає в призначення числових значень параметрам моделі ($C_{nl,t}$), які використовуються при розрахунках у поточному періоді. Параметри переоцінюються на основі оновлених статистичних даних, якщо похибки прогнозування (ΔY , ΔR , $\Delta \Phi$) задовольняють особу, що приймає рішення [5, 16]. У протилежному випадку приймаються відповідні рішення щодо розробки іншої моделі управління.

9. Розробка рекомендацій, що забезпечать оптимальне управління $U_t^{omm}=F(X_t^{omm})$.

У тих випадках, коли забезпечення оптимальних значень керованих змінних неможливе, рекомендується провести імітаційні експерименти для інших наборів керованих змінних і вибрати ті з них, які забезпечать значення цільової функції, що буде близьким до очікуваного.

ВИСНОВКИ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В результаті проведених досліджень:

1) обґрунтовано застосування динамічних квазілінійних економетричних рівнянь для проведення імітаційного моделювання системи ключових показників для моделювання, планування і розподілу енергетичних потоків;

2) запропоновано алгоритм налаштування параметрів зі зворотним зв'язком, реалізація якого надасть можливість забезпечувати адаптивне управління;

3) адаптивного управління поточкорозподілом ресурсів кластерних організаційних структур на основі імітаційного моделювання системи ключових показників енергоефективного будівництва.

Подальші дослідження планується присвятити розробці і впровадженню штучних нейронних мереж (RFB-мереж) при імітаційному моделюванні множини системи ключових показників діяльності кластерних організаційних структур енергоефективного будівництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Ісаєнко Д. В.** Законодавче регулювання діяльності в будівельній галузі. Особливості світового досвіду та Європейського підходу для визначення пріоритетів при формуванні життєвого середовища. *Будівельне виробництво*, 2017. № 63/2017. С. 11–15.
2. **Цопа Н.** Особенности управления энергосбережением в инвестиционно-строительном комплексе. *Строительство и технологическая безопасность*, 2016. (2). С. 54–59.
3. **Михальчик Л. Ю., Микитин М. О.** Аналіз впливу логістичних витрат на ефективність функціонування логістичної системи. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2009. № 1'. С. 30–34.
4. **Придворова Е. С.** Сравнительный анализ методов прогнозирования социально-экономического развития региона (на примере Белгородской области). *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика*. 2013. 25(1-1 (144)). С. 5–14.
5. **Armitage D. R., Plummer R., Berkes F., Arthur, R. I., Charles, A. T., Davidson-Hunt, I. J., & McConney, P., 2009.** Adaptive comanagement for socialecological complexity. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2013. 7(2). P. 95–102.
6. **Voß J. P., & Bornemann B.** The politics of reflexive governance: challenges for designing adaptive management and transition management. *Ecology and Society*. 2011. 16(2).
7. **Martínez-León M., Martínez-García J. A.** The influence of organizational structure on organizational learning. *International Journal of Manpower*. 2011. 32(5/6), P. 537–566.
8. **Krüger A., Kolbe T.** Building analysis for

- urban energy planning using key indicators on virtual 3D city models the energy atlas of Berlin. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2012. 39(B2). P. 145–150.
9. **Che Ibrahim C. K. I., Costello S. B., & Wilkinson S.** Key indicators influencing the management of team integration in construction projects. *International Journal of Managing Projects in Business*. 2015. 8(2). P. 300–323.
 10. **Choi YJ, Kim YG.** A Target Model Construction Algorithm for Robust Real-Time Mean-Shift Tracking. *Sensors (Basel)*. 2014 Nov; 14(11). P. 20736–20752.
 11. **Левин В. И.** Оптимизация в условиях неопределенности методом детерминизации. *Радиоелектроніка, інформатика, управління*. 2013. (4 (35)). С. 52–59.
 12. **Орлов А. И.** Новая парадигма математических методов экономики. *Экономический анализ: теория и практика*. 2013. (36 (339)). С. 25–30.
 13. **Nasirzadeh F., Khanzadi M., Rezaie M.** Dynamic modeling of the quantitative risk allocation in construction projects. *International Journal of Project Management*. 2014. 32(3). P. 442–451.
 14. **Murzin A., Anopchenko T.** Economic-Mathematical Modeling of Social and Environmental Risks Management of Projects of Urbanized Territories Development. *Asian Social Science*. 2014. Vol. 10, No. 15. Published by Canadian Center of Science and Education. P. 249–254.
 15. **Shinkareva L., Plahov A.** Not formalized methods of the analysis of risk of the investment project. *Economic and humanitarian sciences*. 2010. 4(219). P. 8–11.
 16. **Rout M., Majhi B.** Long-range prediction of retail sales using recurrent radial basis function neural network. *International Journal of Foresight and Innovation Policy*. 2015. 10(1). P. 29–47.
 17. **Vachkov G., Christova N., Valova M.** Multi-dimensional Fuzzy Modeling with Incomplete Fuzzy Rule Base and Radial Basis Activation Functions. In *Intelligent Systems'*. 2014. P. 715–725.
 18. **Springer Cham., Stoyanov V., Vachkov G.** Fuzzy Modeling of Photovoltaic Systems by Use of Incomplete Fuzzy Rule Base with RBF Activation Functions. In *Proc. of the Int. Conf. Automatics and Informatics*. 2015. Vol. 15. P. 4–7.
 19. **Blum C., Puchinger J., Raid, J.R., Roli A.** Hybrid metaheuristics in combinatorial optimization. *Applied Soft Computing*. 2011. P. 4135–4151.
 20. **Tomaz Berlec, Alojz Sluga, Edvard Govekar, et al.** Hybrid self-organization based facility layout planning, *Strojnis ki vestnik*, Vol. 60, no. 12. 2014. P. 789–796.

REFERENCES

1. **Isayenko D. V. (2017).** Zakonodavche rehulyuvannya diyalnosti v budivelnii haluzi. Osoblyvosti svitovoho dosvidu ta Yevropeyskoho pidkходу dlya vyznachennya priorytetiv pry formuvanni zhytlyevoho seredovyscha. *Budivelnne vyrobnytstvo*. 63/2017, 11–15 (in Ukrainian).
2. **Tsopa N. (2016).** Osobennosti upravleniyya énerhosberezhenyem v ynyvestytsyonno-stroytelnom komplekse. *Stroytelstvo y tekhnennaya bezopasnost*, (2), 54–59 (in Ukrainian).
3. **Mykhalchuk L.Y., Mykhtyn M.O. (2009).** Analiz vplyvu lohistrychnykh vytrat na efektyvnist funktsionuvannya lohistrychnoyi systemy. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*, 1/2009, 30–34 (in Ukrainian).
4. **Pridvorova E. S. (2013).** Sravnitelnyi analiz metodov v prognozirovaniya sozialno-ekonomicheskogo razvitiya regiona (na primere Belgorodskoi oblasti). *Nauchnie vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Ekonomika, Informatika*, 25(1-1 (144)), 5–14 (in Ukrainian).
5. **Armitage D. R., Plummer R., Berkes F., Arthur, R. I., Charles, A. T., Davidson-Hunt, I. J., & McConney, P. (2009).** Adaptive comanagement for socialecological complexity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(2), 95–102.
6. **Voß J. P., & Bornemann B. (2011).** The politics of reflexive governance: challenges for designing adaptive management and transition management. *Ecology and Society*, 16(2).
7. **Martínez-León M., Martínez-García J. A., (2011).** The influence of organizational structure on organizational learning. *International Journal of Manpower*, 32(5/6), 537–566.
8. **Krüger A., Kolbe T. (2012).** Building analysis for urban energy planning using key indicators on virtual 3D city models the energy atlas of Berlin. *International Archives of the*

- Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 39(B2), 145–150.
9. **Che Ibrahim C. K. I., Costello S. B., & Wilkinson S. (2015).** Key indicators influencing the management of team integration in construction projects. *International Journal of Managing Projects in Business*, 8(2), 300–323.
 10. **Choi YJ, Kim YG. (2014).** A Target Model Construction Algorithm for Robust Real-Time Mean-Shift Tracking. *Sensors (Basel)*, 14(11), 20736–20752.
 11. **Levyn V. Y. (2013).** Optymyzatsyya v uslovyakh neopredelennosti metodom detyernyzyatsyy. *Radioelektronika, informatyka, upravlinnya*, 4(35), 52–59 (in Ukrainian).
 12. **Orlov A. I. (2013).** Novaya paradigma matematicheskikh metodov ekonomiki. *Ekonomicheskyy analiz: teoriya i praktika*, 36 (339), 25–30 (in Ukrainian).
 13. **Nasirzadeh F., Khanzadi M., Rezaie M., (2014).** Dynamic modeling of the quantitative risk allocation in construction projects. *International Journal of Project Management*, 32(3), 442–451.
 14. **Murzin A., Anopchenko T. (2014).** Economic-Mathematical Modeling of Social and Environmental Risks Management of Projects of Urbanized Territories Development. *Asian Social Science; Published by Canadian Center of Science and Education*, 10(15), 249–254.
 15. **Shinkareva L., Plahov A. (2010).** Not formalized methods of the analysis of risk of the investment project. *Economic and humanitarian sciences*, 4(219), 8–11.
 16. **Rout M., Majhi B. (2015).** Long-range prediction of retail sales using recurrent radial basis function neural network. *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, 10(1), 29–47.
 17. **Vachkov G., Christova N., Valova M. (2015).** Multi-dimensional Fuzzy Modeling with Incomplete Fuzzy Rule Base and Radial Basis Activation Functions. *In Intelligent Systems' 2014*. 715–725.
 18. **Springer Cham., Stoyanov V., Vachkov G. (2015).** Fuzzy Modeling of Photovoltaic Systems by Use of Incomplete Fuzzy Rule Base with RBF Activation Functions. *In Proc. of the Int. Conf. Automatics and Informatics*. 15, 4–7.
 19. **Blum C., Puchinger J., Raid, J.R., Roli A. (2011).** Hybrid metaheuristics in combinatorial optimization. *Applied Soft Computing*, 4135–4151.
 20. **Tomaz Berlec, Alojzij Sluga, Edvard Govekar, et al (2014).** Hybrid self-organization based facility layout planning, *Strojništvo ki vestnik*, 60(12), 789–796.

Problem of optimization of management of resources distribution of cluster organizational structures for energy-efficient construction

Maksym Mykytas, Svitlana Terenchuk

Summary. The choice of the optimal strategy for managing the distribution of resources is proposed on the basis of simulation modeling of the plurals of alternative strategies for managing the activities of cluster-organizational structures. The scheme of forming "advisory" models for adaptive management of aggregate structures for different sets of input data is described. The practical significance of the research lies in the fact that the economic and mathematical models for imitation experiments are formed in real time, taking into account the effects of the dynamic stochastic nature of the real environment. The choice of equations for the development of "advisory" models is substantiated. It is shown that imitative simulation based on quasi-linear dynamic econometric equations is able to provide an "advisory" function of supporting the adoption of optimal managerial decisions at different stages and levels, since it provides an opportunity to evaluate key performance indicators of aggregated systems. The adequacy of the models is ensured by the hierarchical structure of the key indicators of the system's operation, which makes it possible to evaluate and forecast the impact of each subsystem as a whole on the degree to which the target function is achieved. The process of identifying a system of key indicators is shown by comparing the characteristics of energy flows and variables of a model. The algorithm for setup parameters of the management model is described in detail. The methods that are planned to be used in decision-support systems are based on the control and analysis of the deviations of the expected values of the key indicators from the actual activity's results of the structure-analogue. The scientific novelty lies in the theoretical substantiation of the prospect of the use of artificial neural networks.

Key words: Adaptive management, cluster organizational structure, key indicators, optimization, energy resources.