

СИСТЕМЫ И ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 519.713

МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МЕГАПОЛІСА В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ

ЧУБ О.І., НОВОЖИЛОВА М.В., МЕЛЕЖЕК Р.С.

Потенційно високий рівень техногенної небезпеки мегаполіса визначає необхідність побудови управління програмами еволюції логістичної інфраструктури на принципах безпеки та екологічності рішень, що приймаються. Розглядається підхід до моделювання параметрів можливої надзвичайної ситуації на елементах інженерної інфраструктури як заявки на обслуговування логістичною підсистемою системи техногенної безпеки мегаполісу.

Ключові слова: логістична інфраструктура, управління техногенною безпекою, мегаполіс, імітаційна модель

Key words: logistic infrastructure, man-made safety management, metropolis, simulation model

1. Вступ

Удосконалення структури і параметрів складних ієрархічних організаційно-технічних та соціальних систем макрорівня на сучасному етапі науки і технологій базується на методології управління програмами розвитку систем.

Значною мірою це стосується парадигми управління розвитком міського середовища, зокрема мегаполіса, що має враховувати інноваційність, проєктивність, різноманітність міста як реальності [1].

При цьому результат кожної фази життєвого циклу програми розвитку міста як макросистеми в силу об'єктивної протяжності у часі і необхідності у застосуванні великих обсягів ресурсів не є детермінованим, оскільки залежить від турбулентного оточення і команди програми, що вносять невизначеність у процес управління.

Особливої актуальності урахування невизначеності і викликів зовнішнього та внутрішнього середовища програми набуває для масштабних і тривалих програм еволюції логістичної інфраструктури великих міст (мегаполісів), що є одним із найважливіших стратегічних інструментів у забезпеченні сталого розвитку території.

Будучи побудованою таким чином, система управління мегаполісом є своєрідним перетворювачем інформації, що здійснює адекватне урахування умов життєдіяльності міста, що змінюють-

ся, та визначення раціональних управлінських рішень. У той же час згідно з парадигмою проактивного управління [2] для здійснення випереджаючого впливу на зовнішні та внутрішні умови функціонування муніципальна система управління як цілеспрямована система повинна мати можливість компенсувати дії середовища шляхом зміни свого внутрішнього стану. Швидке наростання потоку різноманітної інформації і ступеня невизначеності середовища призводять до ускладнення внутрішніх взаємозв'язків системи управління. Особливо це стосується системи управління мегаполісом, функціонування якого ускладнюється наявністю та високим рівнем концентрації потенційно небезпечних промислових об'єктів на відносно невеликій території та пов'язано із додатковими підвищеними ризиками [3], які генеруються:

- значною щільністю міського населення;
- критичною наближеністю об'єктів із масовим перебуванням людей до потенційно небезпечних об'єктів;
- високим рівнем старіння основних фондів потенційно небезпечних об'єктів та іншими причинами.

Системоутворюючі компоненти території мегаполіса: об'єкти промисловості, житлове господарство, інженерна інфраструктура, екосистема – перебувають між собою в складних, постійно мінливих і, загалом, невизначених відносинах. Небезпеки можуть провокуватися усіма компонентами мегаполіса як складної відкритої динамічної системи, тому комплексний підхід до прогнозування динаміки надзвичайних ситуацій техногенного характеру, що включає розгляд як потенційно небезпечних промислових об'єктів, так і елементів інженерної інфраструктури міста, є актуальним.

Метою дослідження є розробка методики визначення параметрів можливої надзвичайної ситуації на елементах інженерної інфраструктури як заявки на обслуговування логістичною підсистемою системи техногенної безпеки мегаполіса.

2. Виклад основного матеріалу

Наведемо характеристику термінологічної бази дослідження.

Визначення 1. Виробнича система мегаполіса – складна багаторівнева ієрархічна система, котра перетворює вихідні напівфабрикати, сировину та матеріали у кінцевий продукт, що відповідає суспільному замовленню.

Визначення 2. Інженерна інфраструктура – упорядкована множина об'єктів, що забезпечують водопостачання, водовідведення, електро-, тепло-, газо- і холодопостачання, а також провідний зв'язок і транспортне сполучення в межах визначеної території.

Визначення 3 [4]. Логістична інфраструктура – це система засобів просторово-часового перетворення логістичних потоків (матеріальних, інформаційних, фінансових, людських), а також сукупність підприємств різних організаційно-правових форм (виробничої системи мегаполіса), які створюють організаційно-економічні умови проходження цих потоків завдяки потенціалу відповідних логістичних послуг.

Інструментальним засобом моделювання логістики як на рівні окремого підприємства, так і на макрорівні присвячено цілу низку наукових праць, серед яких виділимо роботи О.О. Лобашова [5], І.М. Комарницького [6].

В роботі [7] проведено характеристику цілей управління мегаполісом як багатовимірною категорією з точки зору управління його ресурсним потенціалом, що включає оптимізацію міської логістичної інфраструктури.

Розвиваючи цей підхід, прийmemo, що $K_{general}$ – узагальнений критерій якості управління містом, має вигляд:

$$K_{general} = \Psi(F_{life_Level}, F_{resist}), \quad (1)$$

тут F_{life_Level} – критерій підвищення рівня життя громади; F_{resist} – критерій забезпечення стійкості інфраструктури; Ψ – певний вид згортки.

Визначимо таку класифікацію ресурсів \mathcal{R} :

$$\mathcal{R} = \{\mathcal{R}^{accum}, \mathcal{R}^{instant}\},$$

де \mathcal{R}^{accum} – множина ресурсів, що мають накопичувальний характер: резервні фонди, імідж, інформація, інтелектуальний потенціал, природні ресурси; $\mathcal{R}^{instant}$ – ресурси миттєвої дії: ліквідні активи, технології, час.

Моделюючи сценарії розвитку міста (рис. 1), необхідно відмітити таку особливість: результати дії різних сценаріїв (штрихові стрільці на рис.1), що застосовують різні типи ресурсів, можуть демонструвати однакові значення $K_{general}$. Іншими словами, спостерігається певне плато значень узагальненого критерію якості (1). Крім того, впливи зовнішнього та внутрішнього середо-

вища можуть як сприяти (стимулятори), так і заважати (дестимулятори) підвищенню значення $K_{general}$.

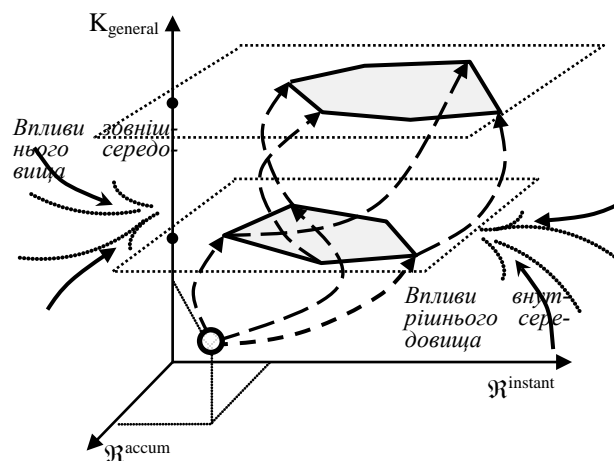


Рис. 1. Сценарії розвитку міста як складної системи

Один з таких суттєвих дестабілізуючих впливів генерується множиною потенційно небезпечних промислових об'єктів виробничої системи мегаполіса, як джерел можливої надзвичайної ситуації техногенного характеру (ТНС), а також елементами інженерної інфраструктури міста.

Зважаючи на потенційно високий рівень техногенної небезпеки мегаполіса, управління програмами еволюції логістичної інфраструктури має ґрунтуватися на принципах безпеки та екологічності рішень, що приймаються, та безпосередньо включати управління техногенною безпекою (ТБ) території.

Таким чином, імплементація етапів управління техногенною безпекою мегаполіса складається з 3 основних етапів (рис. 2):

- прогнозування;
- організація ресурсозабезпечення;
- моніторинг (контроль).



Рис. 2. Етапи управління техногенною безпекою міста

В подальшому основна увага приділятиметься саме прогнозуванню як першій функції управління, тому в роботі проведено класифікацію особливостей надзвичайних ситуацій техногенного характеру в умовах мегаполіса, що є визначальними для обрання інструментальних засобів прогнозування.

Концепція управління передбачає формулювання кінцевої мети управління. В термінах прогнозування параметрів можливої ТНС техногенного характеру мету прогнозування подано на рис. 3.



Рис. 3. Мета прогнозування

Таким чином, прогнозування здійснюється на основі побудови імітаційної моделі виникнення і розвитку надзвичайних ситуацій визначених типів в умовах мегаполіса.

В роботі розглянуті інфраструктурні об'єкти: мережі водопостачання та водовідведення; мережі електропостачання, на яких виконано просторово-часове моделювання події виникнення та рівня складності ТНС.

Проведено аналіз вихідних даних для моделювання НС за такими припущеннями:

- на виділених типах об'єктів вихідні дані для моделювання НС однакові;
- потік виникнення аварій можна сприймати як послідовність заявок на обслуговування;
- для визначення координат можливої аварії проводиться розбиття контрольованої території сіткою на осередки (на рис. 4 подано приклад розбиття території Шевченківського району Харкова).

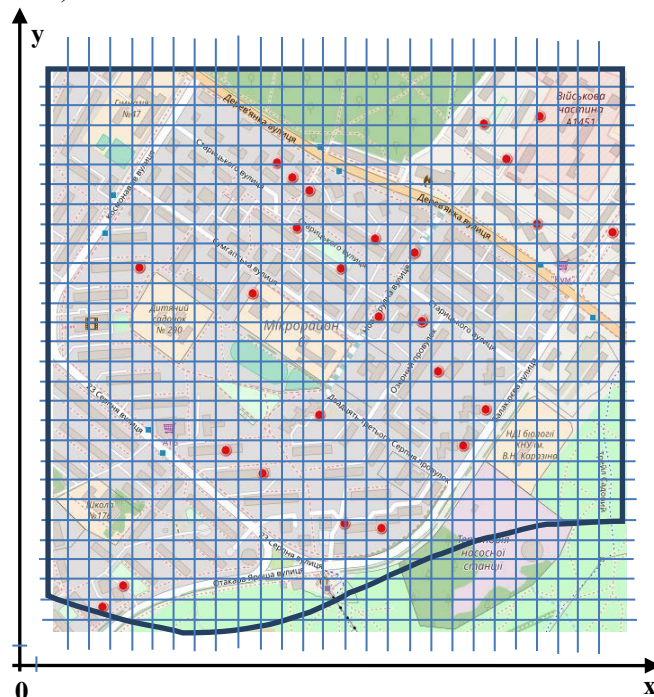


Рис. 4. Карта Шевченківського району, м. Харків, період 1-10 березня 2018 р. Червоні точки – місця аварій

За оцінку рівня складності аварії приймаються такі:

- для водопровідних мереж – прямі збитки або вартість витрат;
- для електричних мереж – непрямі збитки.

Розглянемо підхід до моделювання місця, часу і рівня тяжкості НС.

В рамках дослідження системи техногенної безпеки як обслуговуючої системи розглянуто дуальну методологію щодо визначення параметрів імітаційної моделі виникнення і розвитку НС на елементах інженерної інфраструктури.

Проекційний підхід (рис. 5). Передбачає незалежне визначення випадкових параметрів розміщення аварійних ланок інженерної інфраструктури як послідовності двох одновимірних рівномірних розподілів та визначення часового розподілу моментів τ_n виникнення аварій як нестационарного розподілу Пуассона.

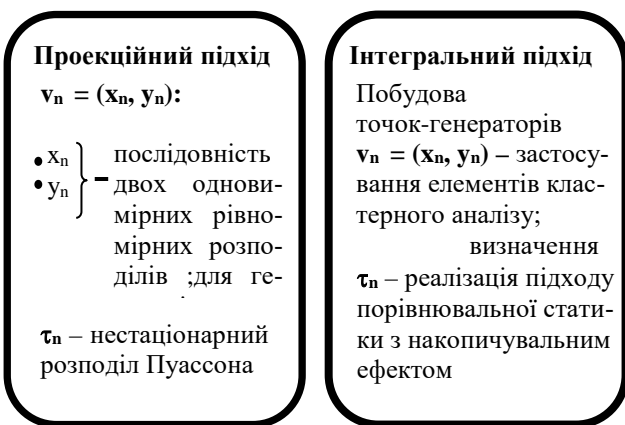


Рис. 5. Визначення параметрів імітаційної моделі

Інтегральний підхід. Містить побудову точок –

генераторів, потужність яких (характеристика складності аварії) визначається на основі реалізації підходу порівнювальної статистики з так званим накопичувальним ефектом у межах певного часу.

Визначення точок-генераторів проводиться із застосуванням кластерного аналізу із визначенням розміру кластера як 2-5% від максимального лінійного розміру контрольованого району.

Вихідний ряд значень локацій і складності аварій формувався за даними офіційного сайту комунального підприємства “Харківводоканал”. Інтервал спостережень становив рік. При цьому інтенсивність ліквідації покладалась однаковою для всіх точок-генераторів. Моделювання проводилось за районами мегаполіса, зокрема, розглядався Шевченківський район, площа якого складає 62 км², тобто 17,7% площі всього міста.

До уваги приймалися аварії на трубопроводах першого і другого класу за діаметром:

I-й клас – діаметр від 1000 до 1200 мм;

II-й клас – діаметр від 500 до 1000 мм (див. рис. 4).

Проаналізовано та упорядковано приблизно 2000 спостережень (рис. 6). Визначені максимальна та мінімальна кількість аварійних робіт на день – 11 та одна відповідно. Середня щоденна кількість аварійних робіт становила 5,2 одиниці. Контрольовану територію розбито прямокутною (регулярною) сіткою вимірів на комірки $(\Delta x_k, \Delta y_m)$ вигляду $\Delta x_k = x_{k-1} - x_k$, $\Delta y_m = y_{m-1}$ так, що комірка $(\Delta x_k, \Delta y_m)$ сітки містить не більше однієї точки-генератора v_n у кожному часовому зрізі:

$$v_n \in (\Delta x_k, \Delta y_m),$$

яка є центром відповідного кластера.

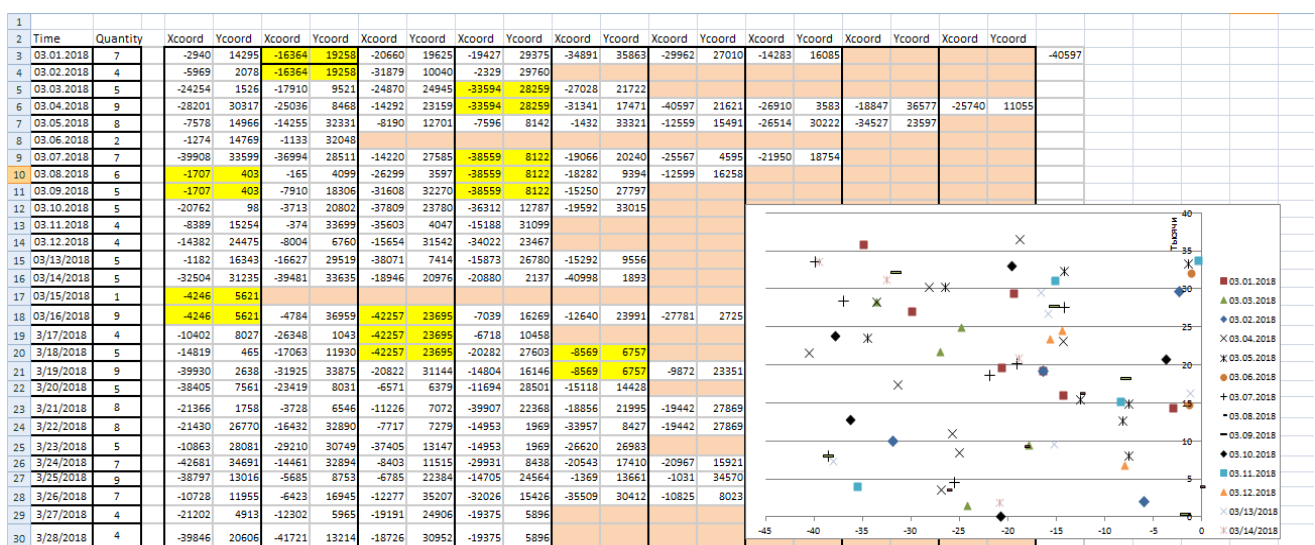


Рис. 6. Вигляд робочого поля з візуалізацією спостережень

Потужність ϑ_n точки-генератора \mathbf{v}_n визначається як інтегральна характеристика, що в часовому інтервалі (часовому вікні) $[T_0, T_F]$ обчислюється за формулою

$$\vartheta_n = \int_{T_0}^{T_F} \int_{y_{m-1}}^{y_m} \int_{x_{k-1}}^{x_k} dx dy dt, \quad (2)$$

при цьому покладаємо, що всі точки відповідної комірки сітки вимірів мають потужність ϑ_n точки-генератора \mathbf{v}_n .

Зауважимо, що потужність ϑ_n залежить від довжини часового вікна $[T_0, T_F]$.

На рис. 6 показана сітка вимірів, що є корельованою з рис. 5, значення яких розраховані за спостереженнями першої половини березня 2018 р. Фіолетовим кольором забарвлені комірки з найвищим рівнем небезпеки, блакитним кольором – з найнижчим рівнем. Побудоване скалярне поле спостережень є підґрунтям для генерації вхідного потоку замовлень на обслуговування для територіальної системи техногенної безпеки.

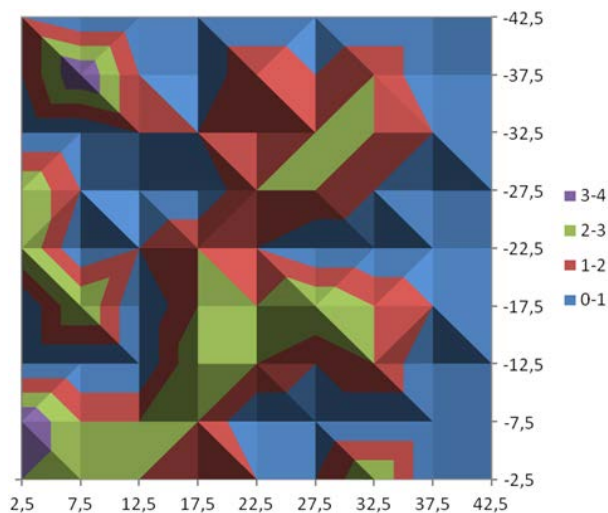


Рис. 7. За спостереженнями 1-10 березня 2018р.

3. Висновки

При управлінні програмами еволюції логістичної інфраструктури великих міст необхідно враховувати невизначеність зовнішнього та внутрішнього середовища програми, зокрема можливість виникнення надзвичайної ситуації техногенного характеру. З цією метою в роботі розглянута методика визначення параметрів можливої надзвичайної ситуації на елементах інженерної інфраструктури як заявки на обслуговування логістичною підсистемою системи техногенної безпеки мегаполіса.

Моделювання проводиться протягом деякого періоду часу та є підґрунтям оцінювання готовності територіальної системи техногенної безпеки

до обслуговування визначеного потоку замовлень.

Література: 1. *Пирогов С.В.* Концептуальные модели управления развитием города // Вестник ТГУ. 2012. №1(17). С. 114 – 128. 2. *Попов В.М., Чуб И.А., Новожилова М.В.* Концепция адаптивного управления программами развития систем техногенной безопасности региона // Управління розвитком складних систем. 2015. № 21. С. 156-162. 3. *Попов В.М., Чуб И.А., Новожилова М. В.* Модель адаптивной системы техногенной безопасности региона // Системы управління, навігації та зв'язку. 2013. Вип. 2(26). С. 120-123. 4. *Сумець О. М., Бабенкова Т. Ю.* Логістична інфраструктура: теоретичний аспект К.: Хай-Тек Прес, 2010. 46 с. 5. *Доля В.К., Давідич Ю.О., Лобашов О.О.* Міські і регіональні проблеми ергономіки і логістики. Харків: НТМТ, 2011. 201 с. 6. *Комарницький, І.М., Питуляк Н.С., Когут І.В.* Механізми формування логістичних центрів // Вісник НУ «Львівська політехніка». 2007. №174. С. 190-196. 7. *Новожилова М.В., Чуб О.І., Мележжєк Р.С.* Концепція «city-логістики» в управлінні мегаполісом // Комунальне господарство міст. 2018. № 4. С. 193-197.

Транслітерований список літератури.

1. *Pirogov S.V.* Kontseptualnyie modeli upravleniya razvitiem goroda // Vestnik TGU. 2012. №1(17). S. 114 – 128.
2. *Popov V.M., Chub I.A., Novozhylova M. V.* Kontseptsiya adaptivnogo upravleniya programmami razvitiya sistem tehnogennoy bezopasnosti regiona // Upravlinnya rozvitkom skladnih sistem. 2015. № 21. S. 156-162.
3. *Popov V.M., Chub I.A., Novozhilova M. V.* Model adaptivnoy sistemyi tehnogennoy bezopasnosti regiona // Sistemi upravlinnya, navigatsii ta zv'yazku. 2013. № 2(26). S. 120-123.
4. *Sumets O. M., Babenkova T. Yu.* Logistichna infpastpunktupa: teopetichniy aspect. K.: Hay-Tek Pres, 2010. 46 s.
5. *Dolya V.K., DavIdich Yu.O., Lobashov O.O.* Miski i regionalni problemi ergonomiki i logistiki. Harkiv: NTMT, 2011. 201 s.
6. *Komarnitskiy, I.M., Pitulyak N.S., Kogut I.V.* Mechanizmi formuvannya logistichnih tsentriv // Visnik NU «Lvivska politehnika». 2007. № 174. S. 190-196.
7. *Novozhylova M.V., Chub O.I., Melezhek R.C.* Kontseptsiya «city-logistiki» v upravlinni megapolisom // Komunalne gospodarstvo mist. 2018. № 7. S. 193-197.

Надійшла до редколегії 16.12.2018

Рецензент: д-р техн. наук., проф. Литвинов А.Л.

Чуб Ольга Ігорівна, канд. екон. наук, старший викладач кафедри економічної кібернетики ХНУРЕ. Наукові інтереси: математичне моделювання структури та функціонування складних організаційно-технічних систем. Адреса: Україна, 61166, Харків. пр. Науки, 14, тел. (067) 581-45-64.

Новожилова Марина Володимирівна, д-р фіз.-мат. наук, професор, завідувач кафедри прикладної математики і інформаційних технологій Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова. Наукові інтереси: математичне моде-

лювання та теорія та методи дослідження операцій. Адреса: Україна, 61000, Харків. вул. Маршала Бажанова, 17, тел. (097)517-22-79.

Мележек Роман Сергійович, ад'юнкт Національного університету цивільного захисту України, м. Харків. Наукові інтереси: моделювання ресурсного забезпечення ліквідації надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Адреса: Україна, 61000, Харків. вул. Чернишевська, 94, тел. (057) 707-34-13.

Chub Olga, Ph.D., senior lecturer of the Department of Economic Cybernetics, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv. Scientific interests are mathematical modeling structure and functioning complex organizational and technical systems. Address: Ukraine, 61166, Kharkov, Nauki ave., 14, phone (067) 581-45-64.

Novozhylova Maryna, Doctor of Sci., Professor, Head of the department of applied mathematics and information technologies of O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. Research interests are math modeling and the theory and methods of operations research. Address: Ukraine, 61000, Kharkov, Bazhanova str., 17, tel. (097) 517-22-79.

Melezhek Roman, adjunct of the National University of Civil Defence of Ukraine. Research interests are mathematical modeling and optimization of the structure and functioning complex technical systems. Address: Ukraine, 61000, Kharkov c., st. Chernyshevskaya, 94, tel. (057) 707-34-13.