

УДК 72.01

О. О. Фоменко^{1,2}, С.М. Данилов¹¹Харківський національний університет будівництва і архітектури, Україна²Опольська Політехніка, Польща

КОМПЛЕКС МОДЕЛЮВАННЯ І АНАЛІЗУ МІСТА ЯК ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ

У статті викладаються актуальність і постановка завдань для розробки модельного комплексу, що складається з набору імітаційних моделей. Це дозволяє проводити аналіз і давати прогнози системних ризиків і потенційних загроз розвитку і функціонуванню міста як системи.

Ключові слова: модельний комплекс, місто, динамічна система, архітектура, прогностика.

Постановка проблеми

Відомо, що місто являє собою екологічну, інженерну, соціально-економічну та ще цілий ряд підсистем безпрецедентної складності. Розвиток цих підсистем безпосередньо пов'язано з наявністю умов, що забезпечують комфортний рівень його існування. Обмеження на розвиток цих підсистем накладають природоємність навколишнього середовища, ресурсозабезпеченість і життєві інтереси інших підсистем міста, які тиснуть один на одного в процесі розвитку. В таких умовах моделювання міста як системи є багаторівневим і неоднозначним у своєму рішенні завданням, оскільки дані процеси відбуваються в складних системах що динамічно розвиваються.

Місто - динамічна система, що володіє великим числом елементів, складним характером зв'язків між окремими елементами, складністю функцій, які виконуються системою. При цьому, для забезпечення її стійкості необхідна певна система управління. Необхідно вивчати динаміку розвитку системи, проводити аналіз процесів росту, з урахуванням загального життєвого циклу міста і його частин.

Регулювання таких складних систем передбачає вибір оптимального варіанту управлінського рішення з безлічі можливих варіантів. Отже, велике місто - це відкрита система, яка має постійні і регульовані взаємозв'язку з зовнішнім середовищем, характер яких передбачає мінливість як зовнішнього, так і внутрішнього середовища. [10]

Цілепокладання системи міста полягає, в першу чергу, у збереженні нею динамічної стійкості. Найважливішим при цьому є наявність гомеостазу як стану внутрішньої динамічної рівноваги системи, що підтримується регулярним поновленням її структур. Тут виникає проблема дослідження розвитку міста як системи в контексті її мутацій і пристосування до впливу системних криз. Архітектура при цьому розглядається як

одна з основних підсистем міста, на базі якої вибудовується імітаційна модель його динамічних процесів

При дослідженні міста в динаміці його функціонування і вирішуються завдання досягнення балансу між компонентами його як системи, що забезпечує сталий розвиток в короткостроковій і довгостроковій перспективі.

Найважливішим при цьому є актуалізація ролі архітектури, як середовища, в якій відбувається більшість зазначених процесів. При цьому серед сучасних тенденцій розвитку архітектури важливе місце займає інтеграція процесів її життєдіяльності в загальноміські процеси. Оптимізація процесів життєдіяльності і коєволюція з навколишнім середовищем - частина загального напрямку розвитку сучасних міст.

Традиційні методи моделювання, що застосовуються на макрорівні і в територіальному управлінні не завжди є ефективними для адекватного опису складних систем, таких, яким є місто в сучасних нестаціонарних умовах, з великою кількістю взаємодій і факторів впливу, що характеризуються мінливістю зовнішнього середовища, структурними перебудовами, вони погано працюють при постійно мінливих даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Методи системної динаміки, запропоновані Медоуз Д. [11] та Форестером Дж. [3], використовуються в дослідженні як середовище для вивчення комплексних систем, які схильні до змін з плином часу. Як прототип для розробки інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу прямого і зворотного діалогу з великими масивами даних «Big Data» в дослідженні використовуються програма Any Logic. Принципи роботи з програмами інтелектуального аналізу даних Data Mining використовуються для виявлення прихованих закономірностей і закономірностей в масивах неоднорідних багатовимірних даних. Як прототип для аналізу "просторової" складової моделювання процесів на території використовується

імітаційна модель GIS, що містить атрибутивну інформацію про територіальні об'єкти і є логіко-математичним описом процесів управління територіальним розвитком. [3], [4], [5] [6], [7], [8], [9].

Мета статті

Розробка методологічних основ моделювання міста як динамічної системи, що орієнтовані на створення програмного продукту, здатного виконувати широкий спектр завдань, характер яких, відноситься до питань стратегічного планування заходів по оптимізації життєдіяльності міста як динамічної системи.

Виклад основного матеріалу

Оптимізація динамічних процесів функціонування та розвитку міста є важливою стратегічною складовою муніципального управління. На практиці цей процес пов'язаний зі складанням довгострокового і короткострокового плану розвитку міста. Особливу значущість така політика розвитку набуває для України в сучасних соціально-економічних і геополітичних умовах, так, як тільки на її основі місцеві органи управління і громадськість зможуть не просто виробити антикризові заходи, а й визначити долю своєї території в довгостроковій перспективі.

Таким чином, модельний комплекс орієнтований на виконання наступних завдань:

- виявлення ролі архітектурного середовища як елемента динамічної системи міста;
- через моніторинг динамічних процесів життєдіяльності міських підсистем проводити аналіз їх впливу на стан підсистеми «архітектурне середовище»;
- імітувати і прогнозувати відгук системи міста на коригування параметрів підсистеми «архітектурне середовище»;
- визначати терміновість і важливість прийняття необхідних рішень щодо коригування проблемних секторів підсистеми «архітектурне середовище», оптимізувати зусилля, спрямовані на ці коригування;
- виявляти індикатори стійкості, криз і можливих катастроф міста і прогнозувати системні ризики, потенційно здатні критично вплинути на процеси розвитку і функціонування міста;
- генерувати вектор і структуру нових напрямків досліджень міста як динамічної системи.
- виявляти послідовність і актуальність дій, здатних спровокувати міську систему до позитивних змін без втрати стійкості.

Розробка зазначеного комплексу націлена на вирішення таких питань:

1. Виявлення меж зростання системи міста та окремих його елементів. Під цим терміном розуміється аналіз обмежень у розвитку системи, що накладаються, наприклад, ємністю біосфери, доступністю ресурсів, розвитком інноваційних технологій, соціальними змі-

нами і поруч інших факторів. Поняття «Межа зростання» безпосередньо пов'язане з прогностикою розвитку системи, визначаючи при цьому ті кордоні за які вона не здатна вийти. Стосовно до системи міста це виявлення нових вимог і обмежень в межах, яких вона повинна розвиватися. [11]

2. Виявлення меж потреб системи міста та окремих його елементів. Під цим терміном розуміється виявлення мінімального набору екологічних, техногенних та людських ресурсів, необхідних для успішного задоволення потреб міста в архітектурних об'єктах. Потреби формують характер відносин міста як системи з навколишнім середовищем. Наявність дефіцитів визначає характер пережитих архітектурою міст криз. Стабільність забезпечує її стійкість.

3. Виявлення меж можливостей системи міста та окремих його елементів. Важливий фактор, що виражається в співвідношенні потреб архітектури міста до меж її зростання. Демонструє можливості задоволення наявних потреб за рахунок внутрішніх резервів регіону. У разі, коли потреби нижче меж зростання вони можуть бути задоволені без залучення зовнішніх джерел ресурсів. Даний фактор визначає обмеження по позитивній коригування динаміки життєдіяльності міста, що накладаються наявністю дефіцитів, внутрішніх конфліктів і розвитком суспільної свідомості і технологій.

4. Виявлення індикаторів стійкості, криз і можливих катастроф в процесі функціонування міста як системи. Індикатори - групи агентів тісно взаємопов'язаних процесами спільної життєдіяльності і мають високий вплив на поведінку міської системи в цілому. Виділяють два підходи до побудови індикаторів:

- Побудова системи індикаторів, за допомогою яких можна судити про окремі аспекти розвитку міста: екологічних, соціальних, економічних і ін.
- Побудова інтегральних, агрегованих індексів, за допомогою яких можна комплексно судити про розвиток країни. Основні труднощі при агрегуванні інформації в індекси полягає у визначенні ваг вихідних показників без втрати значущості і без зайвої суб'єктивності. Зазвичай агреговані показники поділяються на такі групи: соціально-економічні; еколого-економічні; соціально-екологічні; еколого-соціо-економічні.

Залежно від характеру реагування системи індикатори характеризуються як:

Індикатори стійкості - групи показників ступеня інертності системи міста. Дозволяють зберігати важливі характеристики функціонування міста в умовах змін зовнішніх і внутрішніх факторів його життєдіяльності.

Під стійкою розуміється система, яка знаходиться в стані динамічної рівноваги. Це відбувається тоді, коли всі вузлові елементи системи одночасно знаходяться в робочому стані, а вхідні і вихідні потоки відповідають один одному. Основною проблемою для успішної побудови динамічної моделі, в якій конкретний місто

може перебувати або в стані стійкого розвитку, або в стані деградації, є завдання адекватного визначення сутності системоутворюючих груп елементів системи, найважливіших характеристик і параметрів їх динаміки, а також встановлення між ними зв'язків, що впливають на динаміку процесу розвитку міста. [12, 13,14]

Індикатори кризи - групи показників, що демонструють ступінь динамічних коливань систем міста, що несуть загрозу його стійкого стану.

Індикатори катастроф - групи показників, що демонструють вихід динамічних коливань систем міста за межі безпечних значень.

5. Виявлення вузлів проблем і суперечностей, які існують в місті.

У процесі росту підсистеми міста трансформуються і вступають у взаємодію. Дане явище супроводжується тиском на суміжні підсистеми. В результаті взаємодії виникають конфлікти життєвих інтересів підсистем міста, створюють якість безліч взаємопов'язаних проблем, в подальшому дослідженні зване «Вузол проблем». Вузли проблем за характером поширення та впливу на місто як систему передбачається відносити до одного з виявлених типів: локальний, комплексний, системний.

6. Виявлення «агентів змін».

Під терміном «агенти змін» мається на увазі наявність елементів або груп елементів, зміна параметрів життєдіяльності яких призводить до трансформації міської системи або зміни окремих її підсистем. Виявлено два типи агентів змін: Явні - елементи, або групи елементів, значимість яких є очевидною і визначається шляхом простого логічного слідування. До них можуть належати різні інфраструктурні об'єкти, заходи.

Приховані - найбільш важливі для дослідження так, як маючи високу потенційний вплив на систему причинно-наслідкові зв'язки цих впливів можуть бути виявлені виключно при глибокому мультидисциплінарному дослідженні. [14]

7. Вироблення стратегії коригування системи міста на основі зазначених «агентів змін».

Властивості комплексу імітувати реакції міської системи на зміни поведінки її елементів дозволяє генерувати стратегії оптимізації архітектурного середовища міста її мінімальними коригуваннями. Такий підхід є частиною загальноєвропейських поглядів на дану проблему.

Висновки

Викладені в статті мета і завдання розробки модельного комплексу підкреслюють його актуальність при виробленні архітектурно-містобудівної політики при розробці стратегічних програм розвитку міста. Комплексний характер дослідження дозволяє врахувати цілі як окремих підсистем міста, так і системи в цілому, і

знайти узгоджене, компромісне рішення для його оптимального функціонування і розвитку.

Ефективність такого прогнозування може обчислюватися багатомільйонними сумами, виходячи з тих помилок в стратегіях. Комплекс повинен скласти ядро інформаційно-аналітичної системи підтримки процесів підготовки і прийняття управлінських рішень на рівні регіональних та місцевих органів влади, що забезпечує виконання. Результатом застосування даного комплексу аналізу міста як динамічної системи має в першу чергу ставати про механізми збереження містом стійкого стану.

Література

1. Берталанфі, Л. *Общая теория систем: Обзор проблем и результатов [Текст] / Л. Берталанфи // Системные исследования: Ежегодник. – М.: Наука, 1969. – С. 30–54.*
2. Акофф, Р. *О целеустремленных системах [Текст] / Р. Акофф, Ф. Эмери — М.: Сов. радио, 1974— 272 с.*
3. Forrester, J.W. (1995) *System Dynamics and the Lessons of 35 years. A Systems — based approach to Policymaking, 199-239.*
4. Кельтон, В. *Имитационное моделирование. Классика CS. [Текст] 3-е изд. / В. Кельтон, А. Лоу – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004. - 847 с.*
5. Sterman, J. (2000) *Business Dynamics: systems thinking and modeling for a complex world. The McGraw-Hill Companies, Inc.*
6. Геловани, В.А. *Решение одной задачи управления для глобальной динамической модели Форрестера. – препринт ИПМ АН СССР [Текст] / В.А. Геловани, В.А. Егоров, В.Б. Митрофанов, А.А. Пионтковский. – 1974. - №56.*
7. Егоров, В.А. *Математические модели глобального развития. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980], Левашов В.К. Устойчивое развитие общества: парадигма, модели, стратегия. [Текст] / В.А. Егоров, Ю.Н. Калитова, В.Б. Митрофанов, А.А. Пионтковский – М.: Academia, 2001.*
8. Матросов, И.В. *Глобальное моделирование с учетом динамики биомассы и сценарии устойчивого развития. [Текст] / И.В. Матросов // Новая парадигма развития России (Комплексные исследования проблем устойчивого развития). – М.: Academia, МГУК, 1999. - с. 18-24.*
9. Матросова, К.В. *Устойчивое развитие в модифицированной математической модели "Мировая динамика". [Текст] / К.В. Матросова // Новая парадигма развития России (Комплексные исследования проблем устойчивого развития). – М.: Academia, МГУК, 1999. - с. 344-353.*
10. Гуцина, Е.Г. *Стратегическое планирование устойчивого территориального развития [Текст] / Е.Г. Гуцина // Научное обозрение. Реферативный журнал. – 2016. – № 4. – С. 130-154.*
11. Медоуз, Д. *Пределы роста [Текст] / Д. Медоуз и др. / Пер. с англ.; Предисл. Г. А. Ягодина. — М.: Изд-во МГУ, 1991. — 208 с.*
12. Danylov, S. & Fomenko, O. (2017) *Kompromisy i sprzeczności jako podstawa do zrównoważonego rozwoju obszarów miejskich. Nonlinearity and instability of the architecture lan-guage. Przestrzeń i forma. NR 31/2017. SPACE & FORM NO 31/2017. czasopismo naukowe Polskiej Akademii Nauk DOI: 10.21005/pif.31_2017. B-02. P. 191-206.*
13. Danylov, S. (2018) *Information model of city analysis as a complex dynamic system. Przestrzeń i forma. NR 33/2018. SPACE & FORM NO 33/2018. czasopismo naukowe Polskiej Akademii Nauk DOI: 10.21005/pif.33_2018. B-02. P. 95-106.*

14. Danylov, S. & Fomenko, O. (2017) *CONCEPTUAL MISTAKES IN ARCHITECTURE BECAUSE OF COGNITIVE CONTORTIONS. BŁĘDY KONCEPTUALNE W ARCHITEKTURZE JAKO SKUTEK ZNIEKSZTAŁCENŹ POZNAWCZYCH. PRZESTRZEŃ I FORMA*. NR 29/2017. SPACE & FORM NO 29/2017. czasopismo naukowe Polskiej Akademii Nauk DOI: 10.21005/pif. 29_2017. B-02. P/ 51-66

References

- Bertalanfi, L. (1969) *Obshchaya teoriya sistem: Obzor problem i rezul'tatov. Sistemye issledovaniya: Yezhegodnik*. – M.: Nauka, 30–54.
- Akoff, R. & Emeri, F. O (1974) *Tselestremennyykh sistemakh*. M.: Sov. radio, 272.
- Forrester, J.W. (1995) *System Dynamics and the Lessons of 35 years. A Systems — based approach to Policymaking*, 199-239.
- Kel'ton V., Lou A. *Imitatsionnoye modelirovaniye*. Klassika CS. 3-ye izd. – SPb.: Piter; Kiyev: Izdatel'skaya gruppa BHV, 2004. – 847 c.
- Sterman, J. (2000) *Business Dynamics: systems thinking and modeling for a complex world. The McGraw-Hill Companies, Inc.*
- Gelovani, V.A., Yegorov, V.A., Mitrofanov, V.B., Piontkovskiy, A.A. (1974) *Resheniye odnoy zadachi upravleniya dlya global'noy dinamicheskoy modeli Forrestera*. – preprint IPM AN SSSR, 56.
- Yegorov, V.A., Kallistov, YU.N., Mitrofanov, V.B., Piontkovskiy, A.A. (2001) *Matematicheskiye modeli global'nogo razvitiya*. – L.: Gidrometeoizdat, 1980], Levashov V.K. *Ustoychivoye razvitiye obshchestva: paradigma, modeli, strate-giya*. – M.: Academia.
- Matrosov, I.V. (1999) *Global'noye modelirovaniye s uchetom dinamiki biomassy i stsenarii ustoychivogo razvitiya. Novaya paradigma razvitiya Rossii (Kompleksnyye issledovaniya problem ustoychivogo razvitiya)*. – M.: Academia, MGUK, 18-24.
- Matrosova, K.V. (1999) *Ustoychivoye razvitiye v modifitsirovannoy matematicheskoy modeli "Mirovaya dinamika"*. *Novaya paradigma razvitiya Rossii (Kompleksnyye issledovaniya problem ustoychivogo razvitiya)*. – M.: Academia, MGUK, 344-353.

10. Gushchina, Ye.G. (2016) *Strategicheskoye planirovaniye ustoy-chivogo territorial'nogo razvitiya. Nauchnoye obozreniye. Referativnyy zhurnal*, 4, 130-154.

11. Medouz, D. i dr. (1991) *Predely rosta*. Per. s angl.; Predisl. G. A. Yagodina. — M.: Izd-vo MGU, 208.

12. Danylov, S. & Fomenko, O. (2017) *Kompromisy i sprzeczności jako podstawa do zrównoważonego rozwoju obszarów miejskich. Nonlinearity and instability of the architecture lan-guage. Przestrzeń i forma*. NR 31/2017. SPACE & FORM NO 31/2017. czasopismo naukowe Polskiej Akademii Nauk DOI: 10.21005/pif. 31_2017. B-02. P. 191-206.

13. Danylov, S. (2018) *Information model of city analysis as a complex dynamic system. Przestrzeń i forma*. NR 33/2018. SPACE & FORM NO 33/2018. czasopismo naukowe Polskiej Akademii Nauk DOI: 10.21005/pif. 33_2018. B-02. P. 95-106.

14. Danylov, S. & Fomenko, O. (2017) *CONCEPTUAL MISTAKES IN ARCHITECTURE BECAUSE OF COGNITIVE CONTORTIONS. BŁĘDY KONCEPTUALNE W ARCHITEKTURZE JAKO SKUTEK ZNIEKSZTAŁCENŹ POZNAWCZYCH. PRZESTRZEŃ I FORMA*. NR 29/2017. SPACE & FORM NO 29/2017. czasopismo naukowe Polskiej Akademii Nauk DOI: 10.21005/pif. 29_2017. B-02. P/ 51-66

Рецензент: д-р архіт., проф., зав.каф. Образотворчого мистецтва В.І. Кравець, Харківський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Автор: ФОМЕНКО Оксана Олексіївна

д-р. арх., проф., Харківський національний університет будівництва і архітектури

Опольська Політехніка

E-mail – oaf70@i.ua

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0588-4186>

Автор: ДАНИЛОВ Сергій Михайлович

канд.архіт., доцент, Харківський національний університет будівництва і архітектури

E-mail – smd66@i.ua

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7647-4665>

COMPLEX OF MODELING AND ANALYSIS OF CITY AS A DYNAMIC SYSTEM

O. Fomenko^{1,2}, S. Danylov¹

¹Kharkiv National University of Construction and Architecture, Ukraine

²Politechnika Polska, Poland

The article outlines the relevance and formulation of tasks for the development of a model complex consisting of a set of simulation models. It allows to analyze and give forecasts of systemic risks and potential threats to the sustainable development and functioning of the city as a system. By monitoring the dynamic processes taking place in the city, the given complex will allow to evaluate it as an open, complicated system, all elements of which are interconnected and mutually influential and reveal their hierarchical system. The ability to detect the hierarchy of the influence of these processes on the city allows us to determine the urgency and importance of the decisions made, avoids and predicts a number of systemic errors that are capable of critically affecting the development of the city. The traditional simulation methods applied at the macro level and in the territorial management are not always effective for adequately describing complex systems such as the city in modern non-stationary conditions, with a large number of interactions and factors of influence, characterized by the variability of the environment, structural transformations, they working poorly with ever-changing data. Optimization of the dynamic processes of functioning and development of the city is an important strategic component of the municipal government. In practice, this process involves drawing up a long-term and short-term city development plan. This policy of development becomes especially significant for Ukraine in today's socio-economic and geopolitical conditions, as it is based on local governments and the public not only to develop anti-crisis measures, but also to determine the fate of their territory in the long-term perspective. The complex nature of the research allows to consider goals as separate subsystems of the city, and the system as a whole, and to find a coherent, compromise solution for its optimal functioning and development. The complex nature of the research allows to consider goals as separate subsystems of the city, and the system as a whole, and to find a coherent, compromise solution for its optimal functioning and development. The effectiveness of such forecasting can be calculated by multi-million sums, based on those mistakes in strategies. The complex should form the core of the information and analytical system for supporting the processes of preparation and adoption of managerial decisions at the level of regional and local government that ensures implementation. The result of the application of this complex to the analysis of the city as a dynamic system has in the first statement about the mechanisms of preserving the city of a stable state.

Keywords: model complex, city, dynamical system, architecture, prognostics.