

УДК 72.01+711.4

## МІСТО ЯК ВІДКРИТА ДИНАМІЧНА СИСТЕМА. МЕТОДИ АНАЛІЗУ

ДАНИЛОВ С. М., *канд. арх., доц.*

Кафедра інноваційних технологій дизайну архітектурного середовища, Державний вищий навчальний заклад «Харківський національний університет будівництва та архітектури», вул. Сумська 40, Харків 61002, Україна.

**Анотація. Постановка проблеми.** Кожне десятиліття коригуються закони, які регламентують правила проектування, експлуатації та утилізації будівель. Нові вимоги впливають практично на всі аспекти життєдіяльності міста – на фінансовий стан його жителів, виробництво, імпорту та експорту обладнання, бюджети міських і сільських громад тощо. Зростання кількості критичних системних і концептуальних помилок у проектуванні, скоєних за останні 30 років, вказують на гостру необхідність для архітекторів під час проектування враховувати не тільки нормативно-правову базу, а й відгук системи міста та району на зміни, що вносяться в їх середовище.

**Ключові слова:** *архітектура; міське середовище; кластер; система; розвиток; функціонування; динаміка*

## ГОРОД КАК ОТКРЫТАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА. МЕТОДЫ АНАЛИЗА

ДАНИЛОВ С. М., *канд. арх., доц.*

Кафедра инновационных технологий дизайна архитектурной среды, Государственное высшее учебное заведение «Харьковский национальный университет строительства и архитектуры», ул. Сумская 40, Харьков 61002, Украина

**Аннотация. Постановка проблемы.** Каждое десятилетие корректируются законы, регламентирующие правила проектирования, эксплуатации и утилизации зданий. Новые требования отражаются практически на всех аспектах жизнедеятельности города - на финансовое состояние его жителей, производстве, импорте и экспорте оборудования, бюджетах городских и сельских общин и т.д. Рост количества критических системных и концептуальных ошибок в проектировании, совершаемых за последние 30 лет, указывают на острую необходимость для архитекторов при проектировании учитывать не только нормативно-правовую базу, но и отклик системы города и района, что вносятся в их среду изменения. Здесь мы имеем случай с другими требованиями к подходу обоснования в проектировании как отдельных объектов, так и городской среды в целом.

**Ключевые слова:** *архітектура; городская среда; кластер; система; развитие; функционирование; динамика*

## THE CITY AS AN OPEN DYNAMIC SYSTEM. METHODS OF ANALYSIS

DANYLOV S. M., *Dr. Sc. (Arch.), Ass. Prof.*

Department of Innovative Technologies for Design of Architectural Environment, State Higher Educational Establishment «Kharkiv National University of Construction and Architecture», 40, Sumska str., Kharkiv 61002, Ukraine

**Abstract. Raising of problem.** Every decade is amended by laws governing the design, operation and disposal of buildings. The new requirements are reflected in almost all aspects of the city's livelihoods - the financial status of its inhabitants, the production, import and export of equipment, the budgets of urban and rural communities, etc. The growth in the number of critical systemic and conceptual design errors over the last 30 years points to the urgent need for architects to take into account not only the legal framework, but also the response of the city and district system to the changes introduced to their environment. Here we have a case with other requirements to the justification approach in the design of both individual objects and the urban environment as a whole.

**Keywords:** *architecture; urban environment; cluster; system; development; functioning; dynamics*

**Ступінь розробленості проблеми.** У дослідженні запропонованої в цій статті проблеми аналізувалися праці І. Пригожина [1], С. Хайтун [2], І. Нурієвої [3], В. Арнольда [4], К. Давід [5] та багато інших.

**Постановка проблеми.** Сформовані уявлення про те, що таке інноваційна архітектура, змушують відмовитися від концепцій

типу «будинок – машина для житла» минулого сторіччя [6]. Це скоріше архітектура, інтегрована в природне оточення на основі рівноправного неруйнівного обміну з останньою матерією і енергією. Причому основна проблема побудови нових взаємин між штучним і природним середовищем існування людини полягає в тому, що практично неможливо передбачити, на якому рівні цей

процес зупиниться. Відомо тільки одне, що за своїм технічним наповненням і естетичними вимогами вже через тридцять років архітектура може істотно відрізнятись від того, що ми бачимо сьогодні.

Стає очевидним, що зміни вимог до проєктованих споруд відбудуться раніше, ніж закінчиться термін їх експлуатації. Отже, тут на перший план виходить проблема прогнозування зміни таких вимог і врахування можливості адаптацій до них міста. В цьому контексті розгляду проблеми виникає питання створення імітаційної моделі, що дозволяє адекватно оцінювати стан життєдіяльності міста та прогнозувати його відгук на зміни, що вносяться.

Таким чином на основі наявних уявлень сформульовано мету запропонованого дослідження: розроблення методологічних основ аналізу й оцінювання процесів функціонування та розвитку міста як ефективно працюючої екологічно позитивної системи в динаміці змін зовнішніх і внутрішніх факторів

Теоретично процеси, що відбуваються в місті, можна комп'ютерно змоделювати і навіть налагодити прямий і зворотний відгуки створеної цифрової моделі міста. Тут основною проблемою постає питання правильного вибору методик моделювання і дослідження міста як відкритої динамічної системи. З точки зору архітектури – це вкрай цікаве завдання. Накопичений спеціальністю багаж знань достатній, щоб вирішити багато подібних нетривіальних завдань.

**Результати дослідження.** Велике місто – складна система, основні ознаки якої: структурованість, взаємопов'язаність елементів, що складають систему, та підпорядкованість організації системи певній меті. З безлічі чинників, що впливають на розвиток великого міста, кожен може виявитися вирішальним для глобальної зміни напрямків його розвитку. Який з них виявиться вирішальним – передбачити у довгостроковій перспективі часто неможливо. Тому прогнози, в основному, мають вигляд сукупності сценаріїв розвитку, що різняться ступенем ймовірності.

Специфічне просторове середовище міста формується у процесі розвитку суспільства і стає матеріальною оболонкою безлічі найважливіших сторін і проявів суспільного життя. У цьому сенсі місто є продуктом творчої колективної діяльності. Формування міста – це тривалий, розтягнутий у часі процес, а точніше – сукупність безлічі подібних за характером і вельми специфічних одиничних процесів, які регулюються безліччю правил, проєктів, ідей, вольових актів, нарешті, стихійних явищ і випадковостей. У місті одночасно спостерігаються високий ступінь диференціації та інтеграції складових його елементів, жорстка, консервативна ієрархія і гнучкі динамічні горизонтальні зв'язки між підсистемами в рамках єдиного функціонального цілого [7].

Управління розвитком великого міста з повною підставою можна назвати слабо формалізованою проблемою, а сам об'єкт – велике місто – надскладною системою [8; 9].

Місто – суперечлива форма територіальної організації суспільства. Протиріччя закладені в ньому із самого початку і укладені в самій його суті. Вони можуть бути послаблені продуманим регулюванням, а можуть бути і посилені помилками і прорахунками керівників і проєктувальників. Але корінь проблем і протиріч – лише частково в діях людей. Протиріччя і проблеми породжує саме місто.

Стієке функціонування і розвиток міста як системи – це результат оптимально складених компромісів між його елементами, що часто перебувають в антагоністичних відносинах між собою: житловими кварталами, що надто ущільнюються, і рекреаційними територіями; промисловістю й екологією; зайнятістю жителів і роботизацією виробництва; комфортом і ідеологією етичного споживання; особистим транспортом і загазованістю повітря тощо.

В умовах існуючих явних і прихованих взаємозв'язків між практично всіма аспектами життєдіяльності міста більшість локальних рішень щодо коригування будь-якої однієї кризи може мати непередбачені наслідки. Гарною аналогією може служити засту-

да: варто промочити ноги, починає боліти горло. Вкрай складно передбачити без комплексу вивірених уявлень про місто як єдину систему, яким чином воно відреагує на оперативне втручання. У той же час затягування вирішення конфлікту між елементами системи з певною часткою ймовірності може перевести кризу в катастрофу. Для міста катастрофою стає втрата своїх жителів.

Перше і найістотніше питання побудови інформаційної моделі міста – проблема створення ієрархічного дерева його елементів, причому всі ці елементи повинні бути взаємопов'язані. Фактично у створюваній моделі необхідно з'єднати класифікаційну систему, подібну до системи класифікації Карла Ліннея, методи табличної параметризації, методи кластерного аналізу і додати можливість упровадження в модель методів розрахунку впливу на неї ідеальних компонентів (законів, традицій, комплексів світоглядів населення і тощо). На перший погляд завдання здається нерозв'язним, але слід зазначити, що наука й архітектура в тому числі в даному напрямку просунулися досить далеко й існує низка методик, що дозволяють провести деякі узагальнення.

Першим етапом дослідження було формування уявлення про місто як результат взаємодії: його жителів (соціуму), що мають певний набір потреб, які обов'язково повинні бути задоволені; техносфери – артефактів, знань і умінь, призначених для задоволення потреб соціуму; екосфери – середовища, яке надає ресурси і переробляє відходи, що виникають у процесі задоволення потреб соціуму. У свою чергу, Екосфера, Техносфера і Соціум самі є складними системами, що мають власні розгалужені ієрархічні дерева. Будучи базовими складовими підсистемами системи міста, з причин істотних відмінностей життєво важливих потреб, вони перебувають між собою в умовах конфлікту інтересів. У таких умовах неможливо задовольнити всі вимоги, висунуті елементами системи, без шкоди для суміжних із ними елементів.

На другому етапі дослідження було вирішено розглядати місто як сукупність скла-

дових його елементів, пов'язаних між собою процесами, які в них відбуваються.

Місто являє собою екологічну, інженерну, соціально-економічну та ще цілу низку систем безпрецедентної складності. Ці системи підкоряються природним і економічним закономірностям, піддаються впливу безлічі різномірних випадкових факторів, схильні до ризику втрати рівноважного стану. Вивчення процесів, що відбуваються в місті, – це багаторівневе і неоднозначне у своєму рішенні завдання, оскільки такі процеси відбуваються в складних динамічних системах.

Традиційні методи прогнозування і моделювання, що застосовуються на макрорівні і в територіальному управлінні, не ефективні 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, погано працюють за постійно мінливих даних.

Таким чином, місто пропонується розглянути як набір упорядкованих, класифікованих за деякими ознаками об'єктів. Постановка цього завдання викликала необхідність звернення до методів кластерного аналізу.

#### **Застосування методів кластерного аналізу в дослідженні міста як відкритої динамічної системи**

Кластерний аналіз – це метод класифікаційного аналізу; його основне призначення – розбиття множини досліджуваних об'єктів і ознак на однорідні в деякому сенсі групи або кластери. Це багатовимірний статистичний метод, тому передбачається, що вихідні дані можуть мати значний обсяг, тобто істотно великими можуть бути як кількість об'єктів дослідження (спостережень), так і ознак, що характеризують ці об'єкти [10].

Значна перевага кластерного аналізу в тому, що він дає можливість розбивати об'єкти не за однією ознакою, а за низкою ознак. Крім того, кластерний аналіз, на відміну від більшості математико-статистичних методів, не накладає ніяких обмежень на

вид розглянутих об'єктів і дозволяє досліджувати безліч вихідних даних практично

довільної природи.

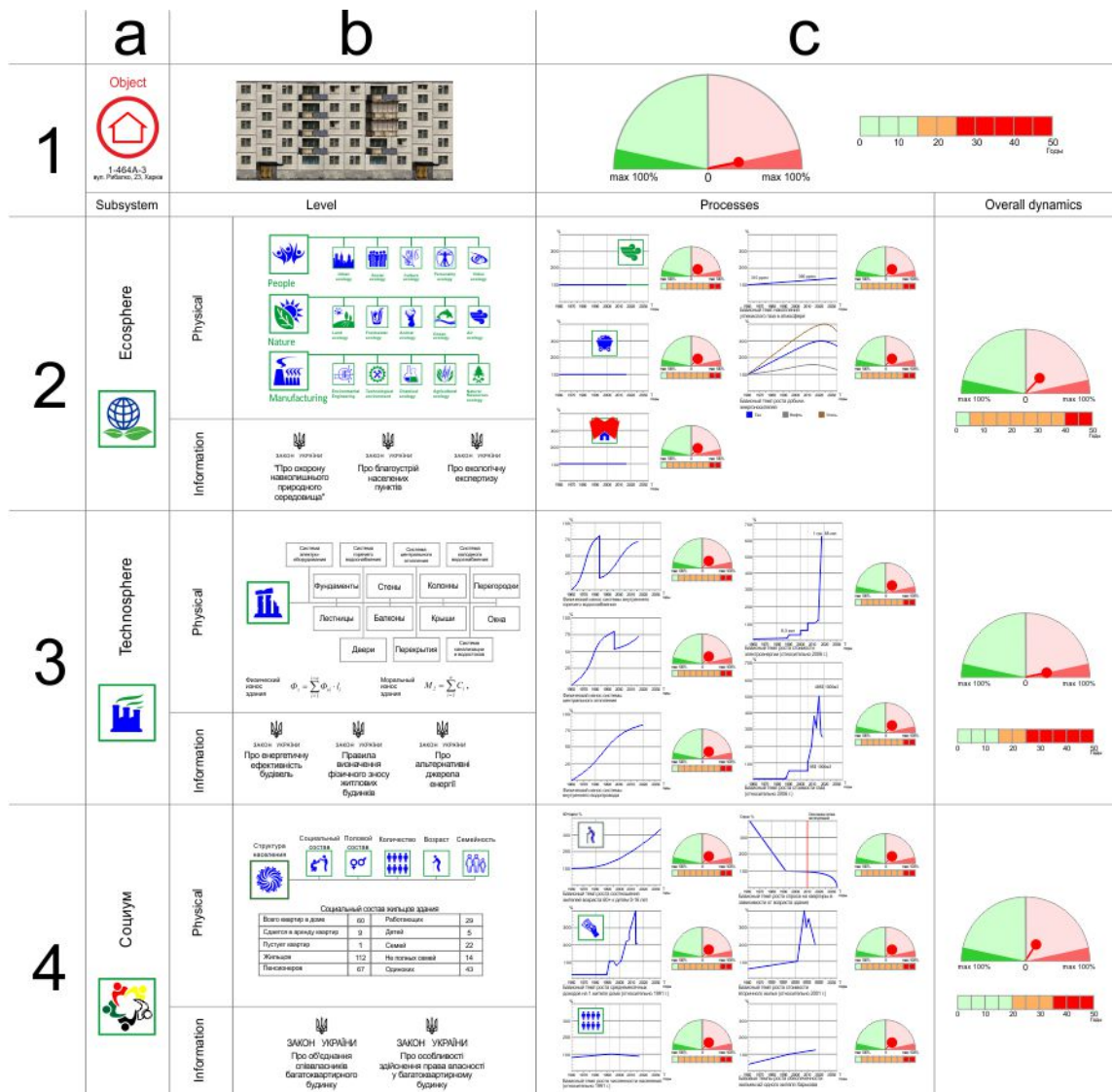


Рис. Інформаційна структура об'єктного типологічного кластера

Кластерний аналіз передбачає виділення компактних, віддалених одна від одної груп об'єктів, відшукує «природне» розбиття сукупності на області скупчення об'єктів. Він застосовується, коли вихідні дані подані у вигляді матриць близькості або відстаней між об'єктами або у вигляді точок у багатовимірному просторі.

Існує велика кількість алгоритмів кластерного аналізу, їх можна поділити за способом побудови кластерів на два типи: еталонні і нееталонні. У процедурах еталонного типу на безлічі об'єктів задається кілька вихідних зон, з яких починає роботу алгоритм. Еталони можуть являти собою почат-

кове розбиття на класи, центр ваги класу та ін. Після завдання еталонів алгоритм виробляє класифікацію, іноді певним способом змінюючи еталони.

Кластерний аналіз – є потужний засіб аналізу даних та статистичних досліджень у будь-якій предметній галузі. Він дозволяє виявити проблемні ситуації і намітити шляхи їх вирішення. Отже, цей метод статистики можна розглядати як складову частину системного аналізу [11].

Логічним для архітектурних завдань видавая підхід до кластеризації міського середовища з точки зору типології будівель і споруд. Фактично типологія – це своєрідне

ієрархічне дерево, яке самою своєю структурою задає напрямок і область кластеризації об'єктів. Таким чином ми отримали нижній ієрархічний рівень кластеризації – об'єктний типологічний кластер.

На цьому нижньому рівні кожен об'єкт міського середовища розглядається як окремий кластер і описується в максимально доступній повноті властивої йому інформації. Оскільки з будь-яким існуючим об'єктом пов'язані певні властиві йому динамічні процеси, опис кластера розбито на три основні групи ознак, що відповідають наведеним вище підсистемам міста: екосфері, техносфері і соціуму. Таким чином кожен об'єкт може бути оцінений з точки зору його впливу на навколишнє середовище, описаний як фізичний об'єкт, і визначена його соціальна складова і значимість.

На цьому етапі дослідження розроблено таку інформаційну структуру об'єктного типологічного кластера (рис.).

На рисунку a1 – осередок, у якому розміщений ідентифікатор об'єкта. Як ідентифікатор виступає його назва, тип і адреса. У разі необхідності дрібність кластеризації об'єктів міського середовища може бути доведена до вуличних сміттєвих урн, в такому випадку замість адреси з'являться їх координати по GPS. У наведеному прикладі розглядається типовий п'ятиповерховий будинок. Оскільки метою дослідження не є аналіз даного об'єкта або подібної до нього споруди, в прикладі допущено певний ступінь абстрагування;

a2 – Екосфера. Кожна з підсистем (Екосфера, Техносфера, Соціум) поділена на матеріальний та інформаційний рівень.

На матеріальному рівні в підсистемі Екосфера описується екологічний стан об'єкта: якість води, повітря, будівельних матеріалів, наявність шкідників, бактеріальний стан, виробництво відходів життєдіяльності мешканців і т. д. Кожен із виявлених в описуваній будівлі показників має певну статистично зафіксовану історію. Оскільки створена модель інтерактивна і кожен її елемент описаний у цифровому форматі, кожен елемент кластера може володіти власним

спливаючим меню з прикріпленою до нього необхідною інформацією.

На інформаційному рівні проводиться оцінювання можливого впливу ідеальної складової підсистеми Екосфера. До таких складових можуть належати: закони, нормативні акти, ідеологія, релігійні та світоглядні імперативи населення і т. д. Природно, що дати адекватну оцінку деяких ідеальних складових практично неможливо, але вимоги до об'єкта закріплені законодавчо, і їх вплив на об'єкт і систему в цілому оцінити можна.

Будучи галуззю знань, що належать не тільки до архітектури, а й до цілої низки інших парадигм, подання до кластері даних щодо підсистеми Екосфера потребує узгоджених мультидисциплінарних досліджень. Тому як приклад інформаційного рівня екосфери взято всього три закони України: «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про благоустрій населених пунктів» та «Про екологічну експертизу». Нижче (на прикладі Техносфери) будуть розглянуті варіанти того, яким чином інформаційний рівень впливає на матеріальний і систему в цілому.

2с – оцінка динаміки процесів, пов'язаних із життєдіяльністю об'єкта. Для порівняння різних за своєю структурою і характером пакетів даних обрано методику їх аналізу за базисним темпом приросту.

Темпи зростання, відносні статистичні та планові показники, що характеризують інтенсивність динаміки явища, обчислюються шляхом ділення абсолютного рівня явища в звітному або плановому періоді на абсолютний його рівень у базисному періоді (в періоді, з яким порівнюють) [12]. Маючи графік темпу приросту якогось явища, ми отримуємо можливість оцінити його стан (зростання, деградація, стагнація). Екстраполювавши отримані дані, можна побудувати прогноз розвитку проблеми до горизонту пророкувань. Таким чином можна оцінити перспективи розвитку системи з точки зору стійкості, кризи або можливого предкатастрофного стану. Цю проблему розглянемо нижче, на прикладі зміни законодавства «Про енергоефективність будівель» і його

впливу на підсистему Техносфера і весь кластер у цілому.

Фактично кожен кластер можна розглядати як своєрідний паспорт об'єкта, в якому фіксується вся доступна до аналізу інформація. Природно, що вже на рівні багатоквартирного будинку потік відомостей може створити настільки щільний інформаційний хаос, що будь-які смисли будуть втрачені. Тому наразі розробляється інтуїтивно зрозумілий інтерфейс прямого і зворотного діалогу з цифровими масивами даних. Тут ми стикаємося з необхідністю застосування методик із галузей обробки великих масивів даних «Big Data».

Індикатор стану елемента / об'єкта / системи виконано у вигляді півкола, поділеного по вертикалі на дві рівні половини. Ліва половина забарвлена в світло-зелений колір і позначає, що система перебуває в стійкому стані. Права половина світлочервона – система переживає кризу. Індикатор забезпечений рухливою стрілкою, кут нахилу якої вказує стійкий або кризовий стан, що переживає система. Відстань від наконечника стрілки до зовнішнього краю півкола індикатора вказує на значущість події (рис., комірка 1с).

Значущість події: з огляду на те, що кожен кластер є пакетом даних, що взаємодіють у моделі з іншими пакетами, необхідно було визначити силу його впливу на оточення. Для цієї мети розроблено коефіцієнт значущості, який виражає співвідношення значимості цієї динаміки для об'єкта, до якого вона належить зі співвідношенням самого об'єкта до системи, частиною якої він є. Прикладом необхідності такого коефіцієнта може бути порівняння двох подій: перша – вночі хулігани намазали медом всі дверні ручки будинку і друга – будинок потонув через Великий Потоп. І в першому, і в другому випадку подія торкнулося всіх мешканців будинку. Якщо не вводити співвідношення значимості процесу для об'єкта і для системи, події можуть виглядати рівнозначно.

У нижніх полях індикатора розміщені сегменти, пофарбовані в більш активні кольори: зелений сегмент означає стагнацію

системи, червоний – передкатастрофний стан. Під індикатором розташована шкала, що градуїрована по роках і дає прогностику існування системи на певний період за умов збереження існуючих тенденцій.

Таким чином, динаміку кластера ми можемо розглядати як сукупність динамічних процесів життєдіяльності всіх його елементів, що відображається у стовпці «С» кластера (рис.).

3а і 3б – Техносфера. Фактично вся інформація стосовна цієї підсистеми може бути зведена до Building Information Model (BIM) пакета даних. Єдине доповнення до нього – це оцінка динамічних змін усіх елементів конструкції і їх стан. Слід враховувати, що під час аналізу всього кластера в цілому підсистема Техносфера задає часові межі дослідження – від здачі в експлуатацію об'єкта до закінчення термінів його експлуатації та утилізації. У графі 3с оцінюється динаміка вікових змін конструкцій будівлі, вплив на ці процеси його реконструкцій та капітальних ремонтів, енергоефективність, терміни окупності від застосування різних заходів щодо поліпшення його експлуатаційних характеристик і т. д.

В інформаційному аспекті регулювання життєдіяльності будівель і споруд украй цікавим стає розгляд змін до закону «Про енергетичну ефективність будівель», в якому закріплені нові вимоги щодо економії енергоресурсів та заходів щодо досягнення необхідного ефекту. Також у цьому законі описано вимоги до термомодернізації існуючих будівель.

Згідно з п. 2 статті 12 Закону: 2. Енергетична ефективність будівель може забезпечуватися шляхом:

1) підвищення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будівель;

2) встановлення засобів обліку (в тому числі засобів диференційного (погодинного) обліку споживання електричної енергії) та регулювання споживання енергетичних ресурсів;

3) впровадження автоматизованих систем моніторингу та управління інженерними системами;

4) підвищення енергетичної ефективності інженерних систем будівлі;

5) використання поновлюваних і / або альтернативних джерел енергії та / або видів палива (з використанням інженерних систем будівлі);

6) застосування систем акумуляційного електронагріву в години мінімального навантаження електричної мережі;

7) здійснення інших заходів щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель.

Всі зазначені в законі заходи неминуче відібраються на екологічній та соціальній підсистемах кластера. Розшифрування цієї тези буде здійснене в другій частині статті.

**Висновки.** Сьогодні з'явилися технічні та наукові передумови для розроблення інноваційної моделі прийняття адекватних рішень щодо адаптації системи міста до стрімкої динаміки зовнішніх змін. Для цього автор розробляє методологічний апарат, який поєднує в собі багаторівневі дані в єдину, інтуїтивно зрозумілу інтерактивну модель функціонування міста як відкритої динамічної системи. У цій моделі робиться

спроба поєднати точність математичних розрахунків із філософсько-гносеологічними засобами пізнання реальності, методами психології, соціології, даними культурологічних досліджень і т. д. При цьому, поєднуючи безліч парадигм, що відображають усю різноманітність життя міста, необхідно отримати чітко оцінену й осмислену модель, що дозволяє виявити дії, здатні спровокувати всю міську систему до позитивних змін без втрати накопичених нею позитивних якостей.

Однією з основних цілей проведених досліджень стало розроблення алгоритмів інтерактивної моделі, що дозволяє в реальному часі проводити оцінювання і прогностику життєдіяльності міста як відкритої динамічної системи. В умовах, коли архітектура зобов'язана інтегруватися в навколишнє середовище, відсутність такої або подібної до неї моделі перетворює працю архітектора на набір емпіричних спроб «сліпого» вгадування прийняттого сценарію розвитку інноваційної архітектури й урбаністики, на що у нас немає ні часу, ні ресурсів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

1. Николис Г. Самоорганизация в неравновесных системах / Г. Николис, И. Пригожин ; пер. с англ. В. Ф. Пастушенко ; под. ред. Ю. А. Чизмадзе. – Москва : Мир, 1979. – 512 с.
2. Хайтун С. Д. Социум против человека. Законы социальной эволюции / С. Д. Хайтун. – Москва : КомКнига, 2006. – 336 с.
3. Нуриева И. Т. Территориальная целостность как основополагающий принцип суверенитета независимого государства / И. Т. Нуриева // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2010. – № 4. – С. 361–366.
4. Арнольд В. И. Теория катастроф / В. И. Арнольд. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Наука, 1990. – 128 с.
5. David K. Wright. Humans as Agents in the Termination of the African Humid Period / David K. Wright // *Frontiers in Earth Science*. – 2017. – Vol. 5. – Режим доступу: <https://doi.org/10.3389/feart.2017.00004>.
6. Le Corbusier Vers Une Architecture / Le Corbusier. – Paris : Les éditions G. Crès et Cie, 1923. – 243 p. – Режим доступу: [http://www.mondotheque.be/wiki/images/d/d4/Corbusier\\_vers\\_une\\_architecture.pdf](http://www.mondotheque.be/wiki/images/d/d4/Corbusier_vers_une_architecture.pdf).
7. Задачи управления в социальных и экономических системах : монография / В. Н. Бурков, И. В. Буркова, И. А. Горгидзе [и др.] ; Рос. акад. наук, Ин-т проблем упр. им. В. А. Трапезникова. – Москва : СИНТЕГ, 2005. – 246 с. – (Управление организационными системами).
8. Макагонов П. П. Управление развитием городских территорий : учеб. пос. / П. П. Макагонов. – Москва : ИПК госслужбы, 2001. – 351 с.
9. Ресин В. И. Управление развитием крупного города. Опыт системного подхода / В. И. Ресин. – Москва : Голос, 1996. – 328 с.
10. Мандель И. Д. Кластерный анализ / И. Д. Мандель. – Москва : Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
11. Классификация и кластер / ред. Дж. В. Райзин ; пер. с англ. П. П. Кольцова ; под ред. Ю. И. Журавлева. – Москва : Мир, 1980. – 389 с.
12. Рязов Н. Н. Общая теория статистики : учеб. для экон. спец. вузов / Н. Н. Рязов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Статистика, 1971. – 368 с.

## REFERENCES

1. Nikolis G. and Prigozhin I., Chizmadzhev Yu.A., ed. *Samoorganizaciya v neravnovesnyx sistemax* [Self-organization in nonequilibrium systems]. Moskva: Mir, 1979, 512 p. (in Russian).
2. Xajtun S.D. *Socium protiv cheloveka. Zakony social'noj evoljucii* [Social life versus man. Laws of social evolution]. Moskva: KomKniga, 2006, 336 p. (in Russian).
3. Nurieva I.T. *Territorial'naya celostnost' kak osnovopolagayushhij princip suvereniteta nezavisimogo gosudarstva* [Territorial integrity as a fundamental principle of the sovereignty of an independent state]. *Aktual'nye problemy gumanitarnyx i estestvennyx nauk* [Actual problems of the humanities and natural sciences]. 2010, no. 4, pp. 361–366. (in Russian).
4. Arnol'd V.I. *Teoriya katastrof* [Theory of catastrophes]. Moskva: Nauka, 1990, ed. 3, 128 p. (in Russian).
5. David K. Wright. *Humans as Agents in the Termination of the African Humid Period*. *Frontiers in Earth Science*. 2017, vol. 5. Available at: <https://doi.org/10.3389/feart.2017.00004>.
6. *Le Corbusier Vers Une Architecture*. Le Corbusier. Paris: Les éditions G. Crès et Cie, 1923, 243 p. Available at: [http://www.mondothèque.be/wiki/images/d/d4/Corbusier\\_vers\\_une\\_architecture.pdf](http://www.mondothèque.be/wiki/images/d/d4/Corbusier_vers_une_architecture.pdf). (in French).
7. Burkov V.N., Burkova I.V. and Gorgidze I.A. [etal.] *Zadachi upravleniya v social'nyx i ekonomicheskix sistemax* [Management tasks in social and economic systems]. *Upravlenie organizacionnymi sistemami* [Management of organizational systems]. Ros. akad. nauk, In-t problem upr. im. V. A. Trapeznikova [Russian Academy of Science, Institute of Management Problems named after Trapeznikov V.A.]. Moskva: SINTEG, 2005, 246 p. (in Russian).
8. Makagonov P.P. *Upravlenie razvitiem gorodskix territorij* [Management of urban development]. Moskva: IPK gossluzhby, 2001, 351 p. (in Russian).
9. Resin V.I. *Upravlenie razvitiem krupnogo goroda. Opyt sistemnogo podxoda* [Management of the development of a big city. Experience of the system approach]. Moskva: Golos, 1996, 328 p. (in Russian).
10. Mandel' I.D. *Klasternyj analiz* [Cluster analysis]. Moskva: Finansy i statistika, 1988, 176 p. (in Russian).
11. Rajzin Dzh.V. and Zhuravlev Yu.I., eds. *Klassifikaciya i klaster* [Classification and cluster]. Moskva: Mir, 1980, 389 p. (in Russian).
12. Ryauzov N.N. *Obshhaya teoriya statistiki* [General theory of statistics]. Moskva: Statistika, ed. 2, 1971, 368 p. (in Russian).

Рецензент: Тимохін В. О., д-р арх-ри, проф.

Надійшла до редколегії: 16.10.2017 р.

Прийнята до друку: 20.10.2017 р.